



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Juliane de Freitas Battisti

**Impacto da servitização digital nas estratégias empresariais:**  
Um modelo de negócio para empresas fotovoltaicas

Florianópolis  
2025

Juliane de Freitas Battisti

**Impacto da servitização digital nas estratégias empresariais:**  
Um modelo de negócio para empresas fotovoltaicas

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Grau de Doutora em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.

Florianópolis

2025

Battisti, Juliane de Freitas

Impacto da servitização digital nas estratégias empresariais: :Um modelo de negócio para empresas fotovoltaicas / Juliane de Freitas Battisti ; orientador, Edson Pacheco Paladini, 2025.

307 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção. 2. Servitização Digital. 3. Sustentabilidade. 4. Fotovoltaica. 5. Tecnologia. I. Paladini, Edson Pacheco. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

Juliane de Freitas Battisti

**Impacto da servitização digital nas estratégias empresariais: Um modelo de negócio para empresas fotovoltaicas**

O presente trabalho em nível de Doutorado foi avaliado e aprovado, em 08 de julho de 2025, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.

Instituição UFSC

Prof. Glauco Henrique de Sousa Mendes, Dr.

Instituição UFSCar

Prof. Flávio Issao Kubota, Dr.

Instituição UFPR

Prof.(a) Gisele de Lorena Diniz Chaves, Dr.(a)

Instituição UFSC

Certificamos que esta é a **versão original e final do trabalho de conclusão** que foi julgado adequado para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção.



Documento assinado digitalmente  
**Enzo Morosini Frazzon**  
Data: 03/10/2025 08:35:56-0300  
CPF: \*\*\*.696.429-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção



Documento assinado digitalmente  
**Edson Pacheco Paladini**  
Data: 30/09/2025 15:53:50-0300  
CPF: \*\*\*.731.839-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.

Orientador

Florianópolis,

2025



Dedico este trabalho à minha mãe, por seu amor, força e inspiração, e ao meu esposo, pelo apoio incondicional e companheirismo em cada etapa desta jornada.

## AGRADECIMENTOS

Concluir esta tese representa mais do que o encerramento de uma etapa acadêmica, simboliza o fim de um ciclo intenso, desafiador e profundamente transformador, tanto no âmbito pessoal quanto profissional. Foram anos marcados por dedicação, renúncias e exigências constantes de esforço intelectual, equilíbrio emocional e resiliência, incluindo a superação de três procedimentos cirúrgicos realizados por motivos de saúde ao longo dessa jornada.

O doutorado, além de um título, foi um constante exercício de escuta, humildade e construção. Significou sustentar um propósito mesmo diante das dúvidas, entender que nem sempre há respostas imediatas e aceitar que a ciência também ocorre nos momentos de silêncio e incertezas.

Essa trajetória não foi solitária. Ao longo do caminho, encontrei pessoas que, de diferentes formas, contribuíram para a concretização deste trabalho.

Inicialmente, agradeço a Deus, pelas forças nos momentos mais difíceis.

À minha mãe, Maria Aparecida de Freitas, mulher forte e guerreira, que assumiu o papel de pai e mãe, sendo exemplo de coragem, resiliência e amor incondicional. Tudo o que sou devo a você.

Ao meu esposo, Fábio Luiz Lucca, companheiro constante, pelo apoio, paciência e incentivo, especialmente nos dias mais difíceis. Obrigada por acreditar em mim mesmo quando eu duvidei.

À minha família, pelo suporte silencioso, pelos gestos de carinho e palavras de incentivo que sempre me impulsionaram a continuar.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, cujo afeto e escuta tornaram esta jornada mais leve e possível.

Ao professor Dr. Edson Pacheco Paladini, minha sincera gratidão pela dedicação, sensibilidade e generosidade ao orientar este trabalho. Seu apoio foi fundamental.

À empresa parceira no estudo de caso, pela confiança e disponibilidade em compartilhar informações essenciais para o desenvolvimento da pesquisa aplicada.

Aos pesquisadores do tema que participaram da avaliação do modelo, pela colaboração generosa e pelas contribuições fundamentais à consolidação da proposta.

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP), pela oportunidade e pela qualidade acadêmica oferecida ao longo do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro que possibilitou dedicação integral ao doutorado.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte desta caminhada, meu sincero obrigada.

Esta tese não é resultado apenas de um esforço individual, mas de uma jornada coletiva de aprendizado, troca e escuta, comprometida com a ética de provocar reflexões, contribuir e transformar. Se puder inspirar novos questionamentos, orientar decisões ou gerar *insights*, então terá cumprido seu propósito.

Com profunda gratidão, encerro esta fase com a certeza de que todo o percurso, ainda que longo e desafiador, valeu muito a pena.

Persistir é atravessar incertezas com coragem e transformar cada desafio em um passo silencioso rumo à conquista. (Autoria própria, 2025).

## RESUMO

A crescente complexidade dos mercados, aliada às pressões por inovação e sustentabilidade, tem impulsionado transformações profundas nos modelos de negócio. No setor fotovoltaico, a integração entre bens tangíveis e serviços digitais sustentáveis configura-se como caminho estratégico promissor, porém desafiador. Este estudo investiga os impactos culturais, organizacionais, tecnológicos, ambientais e estratégicos da servitização digital nas estratégias empresariais e propõe um modelo de negócio adaptado às especificidades do contexto brasileiro. A pesquisa combina revisão sistemática da literatura (conceitos, desafios, paradoxos e lacunas) com duas frentes empíricas: (i) avaliação prática por estudiosos do tema, com foco na coerência e aplicabilidade do modelo e (ii) estudo de caso em empresa de médio porte do setor, para compreender a aplicação e os desafios operacionais. O modelo desenvolvido abrange quatro fases: (i) análise inicial do processo de servitização; (ii) preparação organizacional e tecnológica; (iii) estruturação de um modelo de negócio baseado em serviços digitais; e (iv) melhoria contínua. As fases integram elementos como mudança cultural e de mentalidade, alinhamento estratégico digital, capacitação profissional, adoção de tecnologias emergentes (IoT, análise de dados e monitoramento inteligente) e indicadores de desempenho específicos ao setor. Os resultados apontam que a adoção da servitização digital pode gerar diversificação de receitas, manutenção preditiva, maior capacidade de monitoramento remoto, fidelização de clientes e otimização do uso energético, desde que apoiada por preparo organizacional e alinhamento estratégico. A contribuição teórica reside na sistematização de um modelo geral e de um modelo específico ao setor fotovoltaico, integrando práticas digitais e sustentáveis em uma abordagem servitizada. Já a contribuição gerencial oferece diretrizes estratégicas para que empresas superem barreiras de digitalização, mitiguem riscos da transição e implementem soluções inovadoras que conciliem eficiência econômica, transformação cultural e responsabilidade socioambiental. O estudo avança o debate sobre servitização digital ao apresentar um modelo de negócio adaptável, prático e alinhado às exigências de servitização e sustentabilidade do setor energético brasileiro.

**Palavras-chave:** Servitização Digital. Modelo de Negócio. Energia Solar. Sustentabilidade. Inovação. *IoT*.

## ABSTRACT

The growing complexity of markets, combined with pressures for innovation and sustainability, has driven profound transformations in business models. In the photovoltaic sector, the integration of tangible goods with sustainable digital services emerges as a promising yet challenging strategic path. This study investigates the cultural, organizational, technological, environmental, and strategic impacts of digital servitization on business strategies and proposes a business model adapted to the specificities of the Brazilian context. The research combines a systematic literature review (concepts, challenges, paradoxes, and gaps) with two empirical fronts: (i) practical evaluation by domain experts, focusing on the coherence and applicability of the model, and (ii) a case study in a medium-sized company in the sector, aimed at understanding its application and operational challenges. The developed model comprises four phases: (i) initial analysis of the servitization process; (ii) organizational and technological preparation; (iii) structuring of a business model based on digital services; and (iv) continuous improvement. These phases integrate elements such as cultural and mindset change, digital strategic alignment, professional training, adoption of emerging technologies (IoT, data analytics, and smart monitoring), and performance indicators specific to the sector. The results indicate that the adoption of digital servitization can foster revenue diversification, predictive maintenance, enhanced remote monitoring capabilities, customer loyalty, and energy use optimization, provided it is supported by organizational readiness and strategic alignment. The theoretical contribution lies in the systematization of both a general model and a sector-specific model for photovoltaics, integrating digital and sustainable practices within a servitized approach. The managerial contribution, in turn, offers strategic guidelines for companies to overcome digitalization barriers, mitigate transition risks, and implement innovative solutions that reconcile economic efficiency, cultural transformation, and socio-environmental responsibility. The study advances the debate on digital servitization by presenting a business model that is adaptable, practical, and aligned with the servitization and sustainability demands of the Brazilian energy sector.

**Keywords:** Digital Servitization. Business Model. Solar Energy. Sustainability. Innovation. IoT.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1 – Panorama da pesquisa sobre servitização digital .....                             | 23  |
| Figura 2 – Transição de bem tangível para serviços .....                                     | 35  |
| Figura 3 – Transição de produto para serviço .....                                           | 36  |
| Figura 4 – Tipos de serviços com níveis crescentes de complexidade.....                      | 38  |
| Figura 5 – Inter-relações complexas entre os itens.....                                      | 40  |
| Figura 6 – Processo de mudança organizacional.....                                           | 64  |
| Figura 7 – Estágios da servitização combinada com as tensões paradoxais .....                | 67  |
| Figura 8 – Integração dos serviços digitais .....                                            | 74  |
| Figura 9 – Canvas modelo de negócio.....                                                     | 82  |
| Figura 10 – Etapas da pesquisa.....                                                          | 114 |
| Figura 11 – Distribuição das publicações ao longo dos anos .....                             | 118 |
| Figura 12 – Etapas para a servitização digital .....                                         | 137 |
| Figura 13 – Nível de maturidade digital geral.....                                           | 142 |
| Figura 14 – Nível de maturidade digital para empresas fotovoltaicas .....                    | 144 |
| Figura 15 – Nível de escolaridade concluído dos pesquisadores .....                          | 166 |
| Figura 16 – Área de atuação dos pesquisadores .....                                          | 168 |
| Figura 17 – Nível de experiência: trabalho/estudo com servitização digital.....              | 169 |
| Figura 18 – Nível de experiência com servitização e modelos de negócios digital .....        | 170 |
| Figura 19 – Estrutura e clareza do modelo proposto .....                                     | 171 |
| Figura 20 – Avaliação dos pesquisadores sobre a coerência do processo de transição.....      | 172 |
| Figura 21 – Avaliação dos fatores críticos na servitização digital .....                     | 173 |
| Figura 22 – Avaliação do alinhamento do fluxograma com a literatura .....                    | 175 |
| Figura 23 – Avaliação dos pesquisadores sobre os desafios da digitalização .....             | 176 |
| Figura 24 – Adequação do detalhamento por portes organizacional.....                         | 177 |
| Figura 25 – Implementação dos serviços digitais em diferentes segmentos/setores .....        | 179 |
| Figura 26 – Desafios da digitalização no setor fotovoltaico: percepção dos pesquisadores ..  | 180 |
| Figura 27 – Percepção de pesquisadores sobre barreiras à digitalização no setor em estudo    | 180 |
| Figura 28 – Impacto do fluxograma na eficiência operacional .....                            | 182 |
| Figura 29 – Impacto do fluxograma na experiência do cliente .....                            | 183 |
| Figura 30 – Otimização dos processos internos para a tomada de decisão .....                 | 184 |
| Figura 31 – Abrangência do modelo frente as barreiras críticas de servitização digital ..... | 186 |
| Figura 32 – Uso do modelo na servitização digital: <i>feedback</i> dos pesquisadores.....    | 188 |

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 33 – Equipamento e aplicativo usuário (Fronius) .....                  | 210 |
| Figura 34 – Geração de energia (Fronius) acompanhamento – 2022 a 2025.....    | 211 |
| Figura 35 – Equipamento e aplicativo do usuário (Bedin).....                  | 213 |
| Figura 36 – Geração de energia acompanhamento (Bedin) – 2022 a 2024.....      | 214 |
| Figura 37 – Integração do modelo de servitização digital geral.....           | 224 |
| Figura 38 – Modelo de servitização digital aprimorado.....                    | 226 |
| Figura 39 – Matriz SWOT para servitização digital geral.....                  | 232 |
| Figura 40 – Matriz SWOT para servitização digital no setor fotovoltaico ..... | 235 |



## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 1 – Visão geral dos conceitos apresentados no capítulo 2.....                                  | 32  |
| Quadro 2 – Definição de servitização.....                                                             | 33  |
| Quadro 3 – Tipos de serviços observado na literatura.....                                             | 41  |
| Quadro 4 – Identificação dos desafios observados na literatura .....                                  | 47  |
| Quadro 5 – Fatores internos e externos no processo de mudança organizacional .....                    | 53  |
| Quadro 6 – Panorama das pesquisas sobre o processo de transição para serviços.....                    | 58  |
| Quadro 7 – Pesquisas que abordam a servitização digital .....                                         | 69  |
| Quadro 8 – Desafios na servitização digital .....                                                     | 76  |
| Quadro 9 – Paradoxo na servitização digital .....                                                     | 79  |
| Quadro 10 – Modelo de negócio nos serviços digitais .....                                             | 84  |
| Quadro 11 – Lacunas observadas que norteiam o estudo.....                                             | 93  |
| Quadro 12 – Serviços ofertados na servitização digital no setor de energia solar .....                | 105 |
| Quadro 13 – Conceitos dos ambientes: <i>on-line</i> , <i>off-line</i> e <i>in-line</i> .....          | 108 |
| Quadro 14 – Enquadramento da pesquisa .....                                                           | 111 |
| Quadro 15 – Pesquisas nas bases de dados.....                                                         | 116 |
| Quadro 16 – Processo de seleção dos estudos .....                                                     | 117 |
| Quadro 17 – Periódicos com maior número de publicações em 2017 .....                                  | 119 |
| Quadro 18 – Periódicos que mais publicam sobre o tema.....                                            | 122 |
| Quadro 19 – Descrição do foco dos estudos que compõe a pesquisa.....                                  | 124 |
| Quadro 20 – Pesquisadores selecionados para a pesquisa.....                                           | 128 |
| Quadro 21 – Comparativo entre: PSS <i>versus</i> servitização <i>versus</i> servitização digital..... | 129 |
| Quadro 22 - Integração entre objetivos, etapas do método e técnicas utilizadas .....                  | 134 |
| Quadro 23 – Melhorias propostas para o setor fotovoltaicos .....                                      | 148 |
| Quadro 24 – Estrutura dos indicadores de desempenho .....                                             | 154 |
| Quadro 25 – Perguntas realizadas no questionário.....                                                 | 162 |
| Quadro 26 – Perfil e respostas dos pesquisadores .....                                                | 164 |
| Quadro 27 – Sugestões para aprimorar o fluxograma .....                                               | 189 |
| Quadro 28 – Ajustes sugeridos para adequação do modelo proposto .....                                 | 191 |
| Quadro 29 – O modelo gera contribuição efetiva para a área acadêmica?.....                            | 194 |
| Quadro 30 – O modelo gera contribuição efetiva para as empresas do setor fotovoltaicos? ..            | 196 |
| Quadro 31 – Contribuição adicionais e finais dos respondentes .....                                   | 197 |
| Quadro 32 – Síntese das entrevistas semiestruturada.....                                              | 199 |

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 33 – Inviabilidade da venda exclusiva de equipamentos fotovoltaicos.....              | 202 |
| Quadro 34 – Resumo da aplicação da consultoria utilizada.....                                | 205 |
| Quadro 35 – Servitização digital frente aos desafios e oportunidades da empresa analisada    | 221 |
| Quadro 36 – Vínculo das fraquezas e ameaças às etapas do modelo de servitização digital.     | 238 |
| Quadro 37 – Critérios para avaliar os indicadores de desempenho.....                         | 243 |
| Quadro 38 – Síntese das críticas dos pesquisadores.....                                      | 250 |
| Quadro 39 – Resposta incorporadas e melhorias realizadas.....                                | 252 |
| Quadro 40 – Objetivos <i>versus</i> avanço da literatura.....                                | 256 |
| Quadro 41 – Articulação entre o que os modelos existentes <i>versus</i> modelo proposto..... | 257 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|        |                                                     |
|--------|-----------------------------------------------------|
| BI     | <i>Business Intelligence</i>                        |
| B2B    | <i>Business to Business</i>                         |
| B2C    | <i>Business to Consumer</i>                         |
| COPEL  | Companhia Paranaense de Energia                     |
| ESG    | <i>Environmental, Social and Governance</i>         |
| IA     | Inteligência Artificial                             |
| IBM    | <i>International Business Machines Corporation</i>  |
| IoT    | <i>Internet of Things</i>                           |
| LGPD   | Lei de Geral de Proteção de Dados                   |
| MN     | Modelo de Negócio                                   |
| PMES   | Pequenas e Médias Empresas                          |
| PPGEP  | Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção |
| PSS    | <i>Product Service Systems</i>                      |
| P&D    | Pesquisa e Desenvolvimento                          |
| SD     | Servitização Digital                                |
| TI     | Tecnologia da Informação                            |
| TIC    | Tecnologias de Informação e Comunicação             |
| UEPA   | Universidade do Estado do Pará                      |
| UFPR   | Universidade Federal do Paraná                      |
| UFRGS  | Universidade Federal do Rio Grande do Sul           |
| UFRJ   | Universidade Federal do Rio de Janeiro              |
| UFSC   | Universidade Federal de Santa Catarina              |
| UFSCar | Universidade Federal de São Carlos                  |

## SUMÁRIO

|                |                                                                                 |            |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1</b>       | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                         | <b>19</b>  |
| 1.1            | PROBLEMA E QUESTÃO DE PESQUISA .....                                            | 21         |
| 1.2            | CONTEXTUALIZAÇÃO .....                                                          | 22         |
| 1.3            | OBJETIVOS .....                                                                 | 24         |
| 1.4            | JUSTIFICATIVA .....                                                             | 24         |
| <b>1.4.1</b>   | <b>Justificativas teóricas .....</b>                                            | <b>25</b>  |
| <b>1.4.2</b>   | <b>Justificativas gerenciais.....</b>                                           | <b>26</b>  |
| 1.5            | DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....                                                    | 27         |
| 1.6            | ADERÊNCIA DO ESTUDO AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO.....                           | 28         |
| 1.7            | ESTRUTURA DA TESE .....                                                         | 30         |
| <b>2</b>       | <b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                                | <b>32</b>  |
| 2.1            | SERVIÇOS E SERVITIZAÇÃO .....                                                   | 33         |
| <b>2.1.1</b>   | <b>Tipologia dos serviços.....</b>                                              | <b>35</b>  |
| <b>2.1.2</b>   | <b>Desafios na servitização.....</b>                                            | <b>46</b>  |
| 2.2            | FATORES QUE INTERFEREM NA TRANSIÇÃO DA SERVITIZAÇÃO.....                        | 52         |
| <b>2.2.1</b>   | <b>Estágios para servitização.....</b>                                          | <b>57</b>  |
| 2.3            | PARADOXO NA SERVITIZAÇÃO .....                                                  | 66         |
| 2.4            | SERVITIZAÇÃO DIGITAL .....                                                      | 68         |
| <b>2.4.1</b>   | <b>Desafios na servitização digital.....</b>                                    | <b>75</b>  |
| <b>2.4.2</b>   | <b>Paradoxo na servitização digital .....</b>                                   | <b>79</b>  |
| 2.5            | MODELO DE NEGÓCIO E SERVITIZAÇÃO DIGITAL .....                                  | 81         |
| 2.6            | LACUNAS QUE NORTEIAM O ESTUDO .....                                             | 91         |
| 2.7            | SETOR DE ENERGIA SOLAR.....                                                     | 102        |
| 2.8            | INDICADORES DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE.....                                   | 107        |
| <b>2.8.1</b>   | <b>Indicadores da qualidade e produtividade para o setor fotovoltaico .....</b> | <b>108</b> |
| <b>3</b>       | <b>MÉTODO E TÉCNICAS DE PESQUISA .....</b>                                      | <b>111</b> |
| 3.1            | CONDUÇÃO DO ESTUDO .....                                                        | 114        |
| 3.2            | ETAPA TEÓRICA .....                                                             | 115        |
| 3.3            | ETAPA EMPÍRICA .....                                                            | 126        |
| <b>3.3.1</b>   | <b>Elaboração do questionário e seleção dos pesquisadores.....</b>              | <b>126</b> |
| <b>3.3.2</b>   | <b>Processo de escolha da empresa .....</b>                                     | <b>129</b> |
| <i>3.3.2.1</i> | <i>Desenvolvimento e aplicação do roteiro (entrevista).....</i>                 | <i>132</i> |
| <b>3.3.3</b>   | <b>Análise dos dados.....</b>                                                   | <b>133</b> |

|         |                                                                                      |            |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.3.4   | Tratamento dos dados .....                                                           | 133        |
| 3.3.5   | Síntese da metodologia aplicada.....                                                 | 134        |
| 4       | <b>MODELO DE NEGÓCIO PARA EMPRESAS FOTOVOLTAICAS .....</b>                           | <b>136</b> |
| 4.1     | ANÁLISE INICIAL DO PROCESSO DE SERVITIZAÇÃO .....                                    | 138        |
| 4.2     | PREPARAÇÃO PARA SERVITIZAÇÃO DIGITAL .....                                           | 139        |
| 4.3     | ESTRUTURA DO MODELO DE NEGÓCIO.....                                                  | 141        |
| 4.4     | MELHORIAS PROPOSTA PELO MODELO .....                                                 | 147        |
| 4.4.1   | <b>Categorias de melhorias e propostas de otimização .....</b>                       | <b>147</b> |
| 4.4.1.1 | <i>Melhorias na gestão estratégica.....</i>                                          | <i>150</i> |
| 4.4.1.2 | <i>Melhorias na gestão tática .....</i>                                              | <i>151</i> |
| 4.4.1.3 | <i>Melhorias na gestão operacional .....</i>                                         | <i>152</i> |
| 4.4.2   | <b>Indicadores de desempenho para servitização digital no setor fotovoltaico ...</b> | <b>153</b> |
| 4.4.2.1 | <i>Indicadores estratégicos: sustentabilidade e alinhamento digital .....</i>        | <i>157</i> |
| 4.4.2.2 | <i>Indicadores táticos: capacitação e inovação .....</i>                             | <i>158</i> |
| 4.4.2.3 | <i>Indicadores operacionais: eficiência e segurança digital .....</i>                | <i>160</i> |
| 5       | <b>AVALIAÇÃO DO MODELO .....</b>                                                     | <b>161</b> |
| 5.1     | ANÁLISE DESCRITIVA DO QUESTIONÁRIO.....                                              | 161        |
| 5.1.1   | Percepção dos pesquisadores da área .....                                            | 162        |
| 5.1.2   | Formação e experiência acadêmica.....                                                | 166        |
| 5.1.3   | Instituições e áreas de atuação .....                                                | 167        |
| 5.1.4   | Percepção sobre a estrutura e clareza do fluxograma .....                            | 171        |
| 5.1.5   | Coerência em relação a transição para servitização digital.....                      | 171        |
| 5.1.6   | Estrutura detalhada do modelo (Fase 3) .....                                         | 175        |
| 5.1.6.1 | <i>Integração dos serviços digitais geral.....</i>                                   | <i>176</i> |
| 5.1.6.2 | <i>Integração dos serviços digitais fotovoltaicos .....</i>                          | <i>179</i> |
| 5.1.7   | Impacto do modelo proposto .....                                                     | 181        |
| 5.1.8   | Sugestões e melhorias para o modelo.....                                             | 185        |
| 5.1.8.1 | <i>Feedback dos pesquisadores: refinamentos necessários .....</i>                    | <i>189</i> |
| 5.2     | ESTUDO DE CASO: EM UMA EMPRESA FOTOVOLTAICA.....                                     | 198        |
| 5.2.1   | Evolução da oferta: da venda de bens tangíveis às soluções integradas .....          | 201        |
| 5.2.2   | Proposta de valor .....                                                              | 201        |
| 5.2.3   | Segmentos dos clientes e canais de entrega .....                                     | 203        |
| 5.2.4   | Relacionamento com os clientes.....                                                  | 205        |
| 5.2.5   | Fonte de receita.....                                                                | 207        |

|         |                                                                            |     |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.2.6   | Parcerias principais e análise <i>in loco</i> .....                        | 208 |
| 5.2.7   | Atividades-chave .....                                                     | 217 |
| 5.2.8   | Estrutura de custos .....                                                  | 218 |
| 5.2.9   | Aplicação prática do modelo frente aos desafios da empresa analisada. .... | 219 |
| 5.2.10  | Síntese dos desafios e percepções .....                                    | 222 |
| 5.3     | APERFEIÇOAMENTO DO MODELO DE NEGÓCIO .....                                 | 223 |
| 5.3.1   | Fluxograma aprimorado .....                                                | 225 |
| 5.3.2   | Diagnóstico estratégico para a transformação digital.....                  | 229 |
| 5.3.2.1 | <i>Proposta para minimizar as fraquezas e ameaças</i> .....                | 237 |
| 5.3.3   | Implementação do modelo digital .....                                      | 239 |
| 5.3.3.1 | <i>Da estrutura linear à integração estratégica</i> .....                  | 239 |
| 5.3.4   | Monitoramento e melhoria contínua .....                                    | 241 |
| 5.3.5   | Ajustes com base nas críticas dos pesquisadores .....                      | 249 |
| 5.4     | ANÁLISE DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO.....                         | 255 |
| 5.4.1   | EVIDÊNCIA EMPÍRICA NO SETOR FOTOVOLTAICO .....                             | 258 |
| 6       | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....                       | 259 |
| 6.1     | LIMITAÇÃO DO ESTUDO E AGENDA DE PESQUISAS FUTURAS .....                    | 259 |
| 6.2     | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                 | 261 |
|         | REFERÊNCIAS.....                                                           | 263 |
|         | APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PESQUISADORES..                     | 280 |
|         | APÊNDICE B – ROTEIRO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA .....                   | 292 |
|         | APÊNDICE C – CONVITE PARA RESPONDER O QUESTIONÁRIO .....                   | 295 |
|         | APÊNDICE D – REFORÇO DO CONVITE À PESQUISA .....                           | 296 |
|         | APÊNDICE E – TERMO DE CONSENTIMENTO .....                                  | 297 |
|         | APÊNDICE F – PORTFÓLIO DOS ARTIGOS UTILIZADOS .....                        | 298 |
|         | APÊNDICE G – COMPONENTES MN DIGITAIS.....                                  | 306 |

## 1 INTRODUÇÃO

Na era contemporânea, marcada por intensa competitividade, rápidas mudanças tecnológicas e crescente pressão por sustentabilidade, as empresas enfrentam o desafio de manter sua relevância em mercados dinâmicos e exigentes. Nesse contexto, a estratégia de servitização tem se consolidado como alternativa para ampliar a proposta de valor, ao incluir serviços no portfólio de **produtos**, sejam eles bens tangíveis ou serviços, ao apresentar ofertas híbridas de forma coesa e eficiente. Essa abordagem permite atender de maneira completa às demandas dos clientes, fortalecendo a diferenciação e a competitividade organizacional.

A servitização digital, evolução desse conceito, refere-se ao uso de tecnologias digitais para ampliar, personalizar e sustentar serviços integrados a bens tangíveis. Esse movimento combina recursos como Internet das Coisas (IoT), análise de dados, plataformas digitais e monitoramento remoto, criando propostas de valor dinâmicas, escaláveis e orientadas a dados (Coreynen; Matthyssens; Van Bockhaven, 2017; Kohtamäki *et al.*, 2020). Diferentemente da servitização convencional, que se restringe à adição de serviços complementares, a servitização digital transforma profundamente os modelos de negócio ao permitir coleta e análise contínua de informações, geração de receitas recorrentes e fortalecimento do relacionamento com os clientes.

No setor de energia solar fotovoltaica, essa transformação assume papel estratégico por convergir com tendências globais de transição energética, descarbonização e digitalização (Lv; Chen, 2024; Vom Scheidt; Staudt, 2024). Além disso, emergem abordagens como a servitização verde, que associam tecnologias digitais a práticas sustentáveis, ampliando simultaneamente valor econômico e ambiental. Apesar desse avanço, o setor ainda enfrenta barreiras críticas, incluindo altos custos, dificuldades na integração de serviços digitais, carência de mão de obra qualificada e entraves regulatórios, fatores que limitam o pleno aproveitamento de seu potencial.

A motivação desta pesquisa decorre da constatação de que, embora a servitização digital seja amplamente explorada na literatura, sua aplicação em mercados emergentes permanece pouco investigada, especialmente no setor fotovoltaico brasileiro. Os modelos predominantes foram desenvolvidos em países desenvolvidos e em setores industriais consolidados (Baines *et al.*, 2009; Eggert *et al.*, 2014; Kohtamäki *et al.*, 2020), o que reduz sua aderência ao contexto nacional. Além disso, observa-se uma escassez de estudos que articulem de forma integrada os impactos culturais, organizacionais, tecnológicos, ambientais e

regulatórios dessa transição (Shen; Sun; Parida, 2023; Upadhyay *et al.*, 2024), revelando uma lacuna teórica ainda pouco explorada.

Sob a perspectiva empresarial, a motivação para a adoção da servitização digital está associada à necessidade de ampliar a proposta de valor e superar os limites de um modelo de negócios centrado apenas na venda e instalação de equipamentos. Empresas do setor reconhecem que a integração de soluções digitais, como monitoramento inteligente, manutenção preditiva e consultoria baseada em dados. Isso viabiliza a fidelização de clientes, a diversificação de fontes de receita e o fortalecimento da competitividade em um mercado caracterizado por margens reduzidas, rápida obsolescência tecnológica e crescente pressão por sustentabilidade. Nesse sentido, a motivação organizacional traduz-se na busca por diferenciação sustentável, criação de vínculos de longo prazo com os clientes e alinhamento às tendências globais de eficiência energética e de transição para modelos de negócios mais resilientes, inovadores e orientados a dados.

Para responder a essa lacuna acadêmica e, simultaneamente, às demandas práticas das empresas, este estudo propõe e desenvolve um modelo de negócio voltado às empresas fotovoltaicas brasileiras. De forma geral, entende-se por modelo uma representação simplificada da realidade, que busca organizar, explicar e orientar fenômenos complexos. Mais especificamente, um modelo de negócio é compreendido neste estudo como a estrutura que descreve como uma organização cria, entrega e captura valor, articulando recursos, atividades, parcerias e propostas de valor em um arranjo coerente.

O diferencial do modelo apresentado reside na integração de múltiplas dimensões, relacionadas ao âmbito: cultural, organizacional, tecnológica e ambiental. Essas são articuladas em torno de práticas digitais como Internet das Coisas (*IoT*), análise de dados e monitoramento inteligente. Essa abordagem amplia a compreensão teórica sobre a servitização digital em mercados emergentes e, ao mesmo tempo, incorpora as particularidades do contexto brasileiro, oferecendo um caminho para empresas que buscam inovação, competitividade e sustentabilidade em um cenário de rápida transformação energética.

Do ponto de vista acadêmico, a contribuição desta tese consiste em avançar as fronteiras teóricas da servitização digital ao articular essas múltiplas dimensões em um contexto ainda pouco explorado pela literatura internacional. Sob a perspectiva prática, o modelo fornece diretrizes estratégicas que apoiam as empresas na superação das barreiras de digitalização e na exploração de novas oportunidades de valor. Os resultados obtidos demonstram que, ao adotar essa estrutura proposta, as empresas podem alcançar ganhos concretos, como fidelização de clientes, diversificação de receitas, eficiência operacional, fortalecimento regulatório e



consolidação da posição competitiva. Assim, a contribuição desta pesquisa ultrapassa o caráter teórico e oferece um instrumento prático para apoiar empresas na condução da transição para a servitização digital no setor fotovoltaico.

## 1.1 PROBLEMA E QUESTÃO DE PESQUISA

A transição para a servitização no setor fotovoltaico é um desafio multifacetado, envolvendo a reconfiguração dos modelos de negócios e a adaptação organizacional às práticas digitais e sustentáveis. O setor fotovoltaico brasileiro tem experimentado um crescimento acelerado nos últimos anos, impulsionado pela transição energética global, pela busca por fontes renováveis e pelos avanços tecnológicos que têm reduzido os custos de instalação dos sistemas solares. Apesar do dinamismo, esse crescimento convive com uma série de problemas estruturais, organizacionais, tecnológicos e estratégicos que limitam o aproveitamento pleno do potencial do setor e desafiam sua sustentabilidade de longo prazo. Entre os principais problemas destacam-se:

- a) **Falta de integração entre bens tangíveis e serviços digitais:** a maioria das empresas concentra-se na venda e instalação de painéis solares, sem explorar serviços digitais complementares, como manutenção preditiva, consultoria especializada ou monitoramento remoto, o que restringe a geração de valor contínuo;
- b) **Baixa maturidade organizacional e cultural:** a ausência de cultura orientada a dados, a resistência a mudanças internas e a carência de capacitação profissional dificultam a incorporação de tecnologias digitais e a adoção de modelos servitizados;
- c) **Barreiras tecnológicas:** a adoção de soluções como Internet das Coisas (IoT), monitoramento inteligente e análise de dados em tempo real ainda enfrenta obstáculos de custo, infraestrutura e expertise, comprometendo a eficiência operacional e a inovação em serviços;
- d) **Gestão limitada do ciclo de vida do cliente:** prevalece um modelo de negócios centrado na transação inicial, sem mecanismos consistentes de fidelização, suporte contínuo ou ampliação do relacionamento com o cliente;
- e) **Questões regulatórias e ambientais:** as exigências de conformidade legal e de mitigação de impactos ambientais pressionam as empresas a buscarem soluções que conciliem eficiência econômica, inovação e responsabilidade socioambiental.

Esses desafios revelam a necessidade de novas abordagens que integrem dimensões organizacionais, tecnológicas, culturais e ambientais em um mesmo arcabouço. Embora a literatura tenha avançado significativamente no estudo da servitização digital, ainda carece de modelos aplicáveis ao setor fotovoltaico brasileiro, capazes de considerar suas particularidades estruturais.

Diferentemente das propostas encontradas na literatura, o modelo desenvolvido foi concebido a partir da realidade brasileira e incorpora especificidades estruturais e culturais desse setor. Além disso, sua originalidade reside em articular simultaneamente dimensões culturais, organizacionais, tecnológicas e ambientais em um *framework* integrado, algo ainda pouco explorado nos estudos recentes.

Diante desse contexto, emerge a seguinte questão de pesquisa: **como as empresas do setor fotovoltaico podem gerenciar a transição para a servitização digital de forma a superar barreiras organizacionais, tecnológicas e culturais, conciliando práticas sustentáveis e inovadoras para fortalecer a competitividade no mercado?**

## 1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

A adoção da servitização representa uma mudança estratégica significativa para as empresas em setores onde a tecnologia e a sustentabilidade são essenciais. No setor de energia solar, essa transformação é impulsionada pela necessidade de oferecer soluções integradas que atendam às demandas de eficiência energética quanto às exigências de sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, a literatura recente tem destacado a relevância da chamada *servitização verde*, que combina práticas digitais e sustentáveis para gerar valor econômico e ambiental. Lv e Chen (2024) ressaltam que essa abordagem não apenas amplia a proposta de valor das empresas, mas também se alinha às políticas globais de descarbonização e às metas de transição energética, conferindo caráter estratégico à sua adoção.

A transição para a servitização, entretanto, não pode ser compreendida como mera adição de serviços a bens tangíveis. Oliva e Kallenberg (2003) afirmam que o conceito de produto abrange tanto bens tangíveis quanto serviços, de modo que a servitização implica uma transformação estrutural dos modelos de negócio. Esse entendimento é aprofundado por Kowalkowski *et al.* (2017), que argumentam que a reconfiguração do modelo envolve alterações na mudança organizacional, nos processos internos e nas capacidades operacionais, exigindo da empresa uma visão sistêmica. Lexutt (2020) reforça essa perspectiva ao demonstrar

que a servitização requer ajustes não apenas tecnológicos, mas também culturais e estratégicos, sob pena de comprometer a capacidade de geração de valor. Assim, a literatura converge no sentido de que a efetividade da servitização depende de mudanças organizacionais, capazes de sustentar pacotes integrados de bens tangível–serviço que promovam diferenciação e competitividade.

No âmbito da energia solar, autores como Vom Scheidt e Staudt (2024) e Lv e Chen (2024) destacam que a servitização emerge como resposta a pressões globais por sustentabilidade e transição energética. A Figura 1 sintetiza esse panorama ao evidenciar elementos centrais do campo da servitização digital.

Figura 1 – Panorama da pesquisa sobre servitização digital



Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 1 sintetiza esse panorama ao evidenciar três elementos centrais: a incorporação de tecnologias emergentes, a inovação e a integração de práticas sustentáveis. Esses elementos devem ser compreendidos de forma interdependentes que configuram a base de uma nova lógica competitiva. No setor fotovoltaico, essa transformação se torna ainda mais relevante devido à demanda crescente por fontes renováveis, alinhadas às diretrizes globais para redução das emissões de carbono e transição energética.

Além de benefícios ambientais, essa transformação envolve desafios econômicos e estruturais: exige investimentos significativos em infraestrutura digital, em competências organizacionais e na reformulação de processos de gestão (Kowalkowski *et al.*, 2017; Lexutt,

2020). Assim, a adoção da servitização digital implica uma mudança organizacional, que vai além da simples incorporação tecnológica, afetando diretamente a competitividade e a sustentabilidade das empresas do setor.

Embora amplamente discutida na literatura, a servitização digital ainda apresenta lacunas quando aplicada ao contexto brasileiro. Este estudo busca contribuir para o avanço do conhecimento ao analisar a implementação da servitização digital em empresas de energia solar no Brasil, considerando aspectos tecnológicos, inovação e ambientais. A seguir será apresentado o objetivo da pesquisa.

### 1.3 OBJETIVOS

Este estudo investiga como empresas de energia solar podem gerenciar a transição para a servitização, integrando práticas digitais e sustentáveis para maximizar a inovação e competitividade. A pesquisa se concentra em identificar as melhores práticas e estratégias que permitam às empresas de energia solar implementarem modelos de negócio servitizados, integrando bens tangíveis e serviços de forma eficaz e sustentável.

Para atingir esse objetivo geral, foram delineados alguns objetivos específicos:

- I. Explorar o papel das tecnologias digitais na transição para a servitização no setor energia solar;
- II. Avaliar a importância e o impacto das práticas sustentáveis na servitização das empresas de energia solar;
- III. Desenvolver um modelo de negócio que integre práticas digitais e sustentáveis na transição para a servitização em empresas de energia solar;
- IV. Avaliar a eficácia e a aplicabilidade do modelo de negócio proposto nas empresas fotovoltaicas no contexto prático.

Na próxima seção, serão apresentadas as justificativas para o desenvolvimento do presente estudo.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

Essa seção é dividida em justificativas teóricas, que focam na contribuição da pesquisa para o corpo de conhecimento acadêmico existente e justificativas gerenciais, que abordam a importância prática da pesquisa para a gestão empresarial no setor de energia solar.

### 1.4.1 Justificativas teóricas

A transição para a servitização vai além da simples adição de serviços aos bens tangíveis, exigindo uma reestruturação organizacional que integra os valores da empresa. Essa transformação, embora promissora, traz consigo desafios complexos, como a necessidade de incorporar práticas tecnológicas de maneira eficaz e de analisar cuidadosamente o ambiente competitivo externo enquanto implementa tecnologias específicas internamente.

Esse cenário se torna ainda mais desafiador diante das incertezas ambientais, como flutuações econômicas e avanços tecnológicos imprevisíveis. Essas incertezas afetaram a capacidade das organizações de se adaptarem a novos modelos de negócio. A literatura aponta que tais incertezas impactam não apenas a decisão de adoção da servitização, mas também a capacidade interna das empresas de conduzir esse processo de forma estruturada e eficaz.

A essas dificuldades somam-se os desafios inerentes à servitização digital, que envolvem a integração de tecnologias emergentes, como *IoT* e análise de dados, em um ambiente organizacional nem sempre preparado para a digitalização. Ainda que o tema tenha ganhado destaque na última década, observa-se ausência de abordagens integradas que contemplem, simultaneamente, os aspectos tecnológicos, culturais, organizacionais e estratégicos da transição.

Além disso, a literatura apresenta divergências quanto aos impactos da digitalização na criação de valor, bem como na percepção dos clientes, na padronização de processos e na qualificação da mão de obra (Eggert *et al.*, 2014; Reim; Sjödin; Parida, 2019). Estudos recentes, como os de Shen, Sun e Parida (2023), Lv e Chen (2024) e Upadhayay *et al.* (2024), reforçam a necessidade de compreender como as organizações podem utilizar recursos digitais para gerenciar incertezas estratégicas e operacionais em processos de servitização digital.

Diante desse cenário, esta pesquisa propõe-se a contribuir com uma abordagem teórica que avança sobre tais lacunas. A partir de uma revisão da literatura e investigação empírica aplicada, o estudo estrutura um modelo de negócio que articula tecnologia digital, práticas sustentáveis e capacidades organizacionais em um contexto ainda pouco explorado: o setor fotovoltaico brasileiro.

Em síntese, a principal contribuição teórica desta tese consiste no preenchimento dessa lacuna ao propor um modelo de negócio para a servitização digital no setor de energia solar, integrando elementos tecnológicos, sustentáveis e organizacionais de forma articulada e adaptada à realidade brasileira. Esses aspectos são explorados em detalhes na seção 2.6 –

Lacunas que norteiam o estudo, incluindo uma discussão aprofundada e fundamentada por referências relevantes.

#### **1.4.2 Justificativas gerenciais**

Do ponto de vista gerencial, a transição para a servitização representa uma oportunidade valiosa para que as empresas se diferenciem no mercado, estabeleçam relações sólidas com os clientes e gerem fluxos de receita consistentes e previsíveis. Entretanto, a transição da servitização para a servitização digital, traz algumas dificuldades. A falta de um entendimento adequado dessas dificuldades, aliada a estratégias insuficientes, pode acarretar erros custosos, perda de competitividade e, em casos extremos, a desservitização. Por isso, é crucial que as empresas adotem práticas que permitam a antecipação e a gestão eficaz desses fatores internos e externos, administrando uma transição (que se apresenta como complexa em muitos casos) para a servitização.

Além disso, a pesquisa busca integrar práticas digitais e sustentáveis, maximizando a inovação e a competitividade no mercado de energia solar. Desta forma, as empresas poderão implementar modelos de negócio que integrem bens tangíveis e serviços de forma eficaz, garantindo uma posição de destaque no mercado e contribuindo para um futuro mais sustentável.

Diante do cenário competitivo e da necessidade constante de inovação, as empresas buscam estratégias que lhes permitam manter a relevância e a diferenciação no mercado. A servitização se apresenta como uma solução eficaz nesse contexto, ao integrar produtos e serviços de forma sinérgica, proporcionando maior valor ao cliente e fortalecendo a competitividade organizacional.

No setor de energia solar, essa transformação é ainda mais evidente, impulsionada pelo avanço das tecnologias digitais e pela crescente preocupação com a sustentabilidade. A adoção de práticas como a servitização digital e a servitização verde não apenas otimiza a eficiência operacional das empresas, mas também promove um uso mais inteligente e sustentável da energia.

Compreender os impactos e desafios dessa transição é fundamental para direcionar a adoção de modelos de negócios inovadores e sustentáveis no setor. A contribuição prática deste estudo reside em fornecer subsídios para que os gestores tomem decisões estratégicas mais assertivas, viabilizando a implementação eficaz da servitização. Ao oferecer um

direcionamento para a mitigação de riscos, o alinhamento organizacional e a condução de uma transformação estruturada, este estudo busca agregar valor à gestão empresarial no setor de energia solar.

Este estudo visa contribuir com o entendimento gerencial acerca das atividades essenciais e desafios críticos enfrentados pelas empresas que adotam modelos de servitização digital. A complexidade e os custos associados ao monitoramento digital, à logística e aos processos de manutenção, emergem claramente como fatores críticos que exigem estratégias gerenciais robustas e consistentes com as indicações da literatura especializada.

Destaca-se a necessidade de investimentos contínuos em capacitação técnica, infraestrutura tecnológica e estratégias logísticas para mitigar os custos e a complexidade operacional, potencializando a eficiência e eficácia dos modelos de negócio. Portanto, a servitização digital no contexto analisado, além de aumentar o valor percebido pelo cliente e as fontes de receitas, também traz desafios substanciais de custo e complexidade, que precisam ser cuidadosamente gerenciados com estratégias integradas, proativas e bem fundamentadas teoricamente.

## 1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa está delimitada por cinco aspectos centrais que definem seu escopo e orientam sua condução, garantindo viabilidade prática, profundidade analítica e alinhamento com os objetivos propostos. Tais delimitações também impõem restrições ao estudo, são elas:

1. **Escolha do setor específico:** esta pesquisa concentra-se no setor energético, com foco em empresas de energia solar. A seleção desse setor se justifica pela crescente relevância da servitização impulsionada por inovações tecnológicas, pela adoção de práticas sustentáveis e pelas oportunidades de diferenciação competitiva associadas à digitalização;
2. **Âmbito geográfico:** a investigação está restrita ao contexto brasileiro, permitindo considerar as especificidades do mercado nacional, as políticas regulatórias locais e os desafios enfrentados por empresas que operam sob condições institucionais e econômicas próprias do país;
3. **Tipo de empresa:** o estudo foi conduzido em uma empresa de médio porte, excluindo propositalmente *startups* e pequenas empresas. A justificativa para essa delimitação baseia-se na maior capacidade estrutural e tecnológica das empresas de

médio porte para implementar modelos de negócios servitizados e digitalizados (Kohtamäki *et al.*, 2020; Lexutt, 2020). Pequenas empresas, em geral, enfrentam maiores restrições de recursos e apresentam menor maturidade digital, o que poderia comprometer a aderência ao modelo proposto;

4. **Escopo conceitual do modelo:** o modelo de negócio desenvolvido nesta tese tem como foco a transição para a servitização digital. Embora o conceito de desservitização seja discutido de forma breve no trabalho, ele não foi incorporado à estrutura do modelo. A proposta concentra-se em fatores que favorecem a integração entre produtos e serviços mediados por tecnologias digitais, alinhando-se ao objetivo central de promover inovação e competitividade no setor fotovoltaico;
5. **Metodologia e abordagem:** a pesquisa adota uma abordagem qualitativa e emprega o estudo de caso como principal estratégia metodológica. Essa opção permitiu a coleta de dados em profundidade por meio de entrevistas semiestruturadas, análise documental e observação direta em uma empresa do setor fotovoltaico. No entanto, essa abordagem apresenta limitações importantes: (i) o estudo de caso é único pode gerar viés de seleção, uma vez que os resultados refletem as particularidades de uma organização específica, dificultando a generalização dos achados; e (ii) a amostra restrita pode limitar a validade externa da pesquisa, tornando seus resultados mais adequados a contextos similares.

O reconhecimento dessas delimitações é fundamental para balizar a interpretação dos resultados, orientar a aplicabilidade do modelo e contribuir para a transparência metodológica do estudo. Na seção seguinte, será discutida a aderência desta pesquisa ao Programa de Pós-Graduação da UFSC, ao qual, se destaca a relevância acadêmica e o alinhamento com as linhas de pesquisa da instituição.

## 1.6 ADERÊNCIA DO ESTUDO AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

A adequação do presente estudo ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina – PPGE/UFSC se evidencia em diversas dimensões, alinhando-se às linhas de pesquisa e aos objetivos estratégicos do programa. O PPGE/UFSC tem como missão fomentar pesquisas que integrem teoria e prática, que visam promover inovação e o avanço do conhecimento científico em áreas cruciais para o desenvolvimento sustentável e competitivo das organizações.



Neste contexto, a presente pesquisa sobre a transição para a servitização digital no setor de energia solar se alinha diretamente a esse propósito e contribui tanto para o desenvolvimento acadêmico quanto para a aplicação prática nas empresas.

A pesquisa alinha-se às linhas de pesquisa do programa, especialmente aquelas relacionadas à Gestão de Operações e à Engenharia de Produto, com ênfase nos temas de Inovação e Sustentabilidade, bem como Tecnologias Digitais e Transformação Organizacional. A abordagem adotada integra os conceitos de servitização, práticas digitais e estratégias sustentáveis, respondendo a desafios enfrentados pelas organizações. Nesse contexto, o estudo busca contribuir para o avanço do conhecimento nas interseções entre digitalização, sustentabilidade e inovação nos processos produtivos.

Em termos de Gestão de Operações e à Engenharia de Produto, a pesquisa aborda a reestruturação dos modelos de negócio e a adaptação organizacional necessárias para a implementação da servitização no setor de energia solar. Esse foco está alinhado com a busca do programa por estudos que promovam a eficiência, a otimização de recursos e a criação de valor nas operações industriais. A pesquisa detalha como a servitização pode transformar os processos operacionais, melhorar a produtividade e contribuir para uma vantagem competitiva sustentável, na visão de apresentar uma estratégia que pode ser aplicada a outros setores industriais.

Na área de Inovação e Sustentabilidade, o estudo foca em explorar a servitização verde, um conceito inovador que integra a oferta de bens tangíveis e serviços com práticas sustentáveis. Este alinhamento está de acordo com os objetivos do programa, que visa promover soluções que equilibrem inovação tecnológica com responsabilidade ambiental. A pesquisa oferece *insights* sobre a implementação de práticas sustentáveis e a cocriação de valor com clientes, apoiando o desenvolvimento de modelos de negócios que não apenas busquem eficiência econômica, mas também contribuam para a sustentabilidade do setor de energia.

Ademais, a dimensão de Tecnologias Digitais e Transformação Organizacional é fortemente abordada, uma vez que a pesquisa enfatiza a importância de tecnologias como Internet das Coisas (*IoT*), análise de dados e digitalização na transição para a servitização. Esses aspectos refletem a aderência do estudo às diretrizes do programa, que incentivam a análise e a aplicação de tecnologias emergentes para melhorar processos organizacionais e promover uma mudança cultural nas empresas. A pesquisa busca oferecer uma abordagem holística que analisa como essas tecnologias podem ser integradas de forma eficaz para otimizar a gestão de operações e potencializar a oferta de valor ao cliente.

Por fim, a pesquisa visa contribuir com área acadêmica ao apresentar um modelo de negócio com potencial de aplicação prática. Desenvolvido para o setor fotovoltaico, o modelo também pode ser adaptado a outros contextos industriais. Sua principal característica é a viabilidade de implementação em cenários reais, o que reforça a proposta do programa de incentivar pesquisas com impacto direto no setor produtivo. Assim, o estudo oferece uma base estratégica para que empresas de energia solar integrem, de forma eficiente, práticas digitais e sustentáveis.

Dessa forma, o presente estudo não só atende aos objetivos acadêmicos da pós-graduação, mas também contribui para consolidar o papel da universidade como um centro de excelência em pesquisas que impulsionam a inovação, a sustentabilidade e a transformação digital nos processos produtivos e colabora para o desenvolvimento da Engenharia de Produção e das práticas de gestão empresarial.

## 1.7 ESTRUTURA DA TESE

A presente pesquisa é dividida em cinco capítulos, que são: (i) introdução; (ii) referencial teórico; (iii) procedimentos metodológicos; (iv) modelo conceitual; (v) resultados e discussões; e (vi) conclusão.

No capítulo um, é apresentada a introdução da pesquisa, incluindo o objetivo geral e os específicos, as justificativas (teóricas e gerenciais), delimitação do trabalho e a estrutura da pesquisa.

O capítulo dois apresenta o referencial teórico, que consiste em explorar, o tema em que a pesquisa está inserida, abrangendo a temática básica do estudo sobre servitização, tipos de serviços, as etapas de transformação, fatores que interferem na transformação, a descrição dos paradoxos dos serviços e por fim o processo de transição dos serviços.

Já no capítulo três, são apresentados os procedimentos metodológicos adotados para atingir os objetivos da pesquisa, incluindo a caracterização da pesquisa, técnicas de pesquisa e o local de estudo.

O capítulo quatro apresenta desenvolvimento do modelo de negócio que integra estratégias de mitigação de riscos e transformação organizacional no contexto da servitização. A construção do modelo é baseada nos dados coletados a partir da literatura existente. O capítulo cinco é composto aprimoramento do modelo, com base nos dados obtidos da pesquisa de campo. Por fim, o capítulo seis revela as conclusões da pesquisa, as contribuições para a literatura e as sugestões para trabalhos futuros para a área de servitização digital. Além disso,

são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para desenvolver o estudo, e na sequência são apresentados os apêndices utilizados na pesquisa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta a estrutura teórica no qual se sustenta a tese, formada por sínteses da literatura sobre servitização e conteúdo que abriga a mudança organizacional, conforme apresentado o Quadro 1.

Quadro 1 – Visão geral dos conceitos apresentados no capítulo 2

| Item | Tema central                    | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Subitens                                                                 |
|------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 2.1  | Serviços e Servitização         | Características e atributos principais da servitização, que incluem a evolução de bens tangíveis para a oferta de serviços.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2.1.1 Tipologia dos Serviços                                             |
|      |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2.1.2 Desafios da servitização                                           |
| 2.2  | Transformação para servitização | Etapas de transformação organizacional, desde o estágio inicial até a maturidade, considerando mudanças em estrutura, cultura, processos, integração gradual de serviços e tecnologias.                                                                                                                                                                                                                                                          | 2.2.1 Estágios para servitização                                         |
| 2.3  | Paradoxos                       | Componentes que geram paradoxos na servitização. Identificação dos processos críticos que aumentam ou reduzem os paradoxos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | *                                                                        |
| 2.4  | Servitização Digital            | Relação entre servitização e digitalização, que inclui: desafios e paradoxos específicos. Integração de práticas sustentáveis e uso eficiente de recursos. Importância da inovação e capacidades dinâmicas para a adaptação e competitividade.                                                                                                                                                                                                   | 2.4.1 Desafios da servitização digital                                   |
|      |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2.4.2 Paradoxo da servitização digital                                   |
| 2.5  | Modelo de Negócio               | Descrição das estruturas e estratégias que definem como as empresas geram valor por meio de ofertas de bens tangíveis e serviços. Enfoque nos elementos essenciais para uma proposta de valor eficaz. Análise do modelo de negócio no contexto digital, destaque no uso de tecnologias digitais para criar fluxos de receita e melhorar a experiência do cliente. Integração de serviços digitalizados com ênfase na inovação e competitividade. | *                                                                        |
| 2.6  | Lacunas                         | Identificação de pontos críticos a serem explorados na servitização digital em empresas fotovoltaicas. Estratégias do modelo para abordar as lacunas detectadas, o que promove uma análise abrangente do setor em estudo e da servitização digital.                                                                                                                                                                                              | *                                                                        |
| 2.7  | Energia Solar                   | Situação atual e evolução do setor no Brasil. Aspectos específicos do setor, com exemplos de serviços digitais e tradicionais, classificação dos serviços e análise dos benefícios e impactos da servitização.                                                                                                                                                                                                                                   | *                                                                        |
| 2.8  | Indicadores de Qualidade        | Os indicadores de qualidade são análises utilizadas para avaliar e monitorar o desempenho de processos, produtos ou serviços em relação aos padrões preestabelecidos. Eles são fundamentais para garantir melhorias contínuas, aumentar a eficiência operacional e atender às expectativas dos clientes.                                                                                                                                         | 2.8.1 Indicadores da qualidade e produtividade para o setor fotovoltaico |

Obs.: \* não apresenta subitem.

Fonte: elaborado pela autora.

O Quadro 1 apresenta conceitos essenciais para servitização e servitização digital discutidos ao longo desta revisão de literatura. Os tópicos cobrem desde as etapas de

transformação organizacional até os paradoxos e desafios da servitização digital e destacam importância dos modelos de negócios digitais e das práticas sustentáveis. As especificidades e os benefícios também são explorados no setor de energia solar no Brasil, além de apontar lacunas que representam oportunidades para aprofundar a eficácia e competitividade no contexto de servitização digital.

## 2.1 SERVIÇOS E SERVITIZAÇÃO

Com o aumento da competitividade, as empresas buscam constantemente formas de se diferenciar no mercado. Uma das estratégias adotadas foi a transição de modelos de negócio centrados em produtos para aqueles que integram bens tangíveis e serviços. O Quadro 2 sintetiza as principais definições de servitização ao longo do tempo, revelando não apenas a evolução do conceito, mas também a diversidade de enfoques adotados pelos autores.

Quadro 2 – Definição de servitização

| <b>Autores</b>                      | <b>Definição de servitização</b>                                                                 | <b>Ênfase</b>                                                                 |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Vandermerwe e Rada (1988)           | Integração de bem tangível-serviço em pacotes completos para agregar valor.                      | Origem do conceito; foco na ampliação da oferta produto-serviço.              |
| Oliva e Kallenberg (2003)           | Transformação do modelo de negócio de bens tangíveis para serviços.                              | Mudança estratégica no modelo de negócio.                                     |
| Brax (2005)                         | Agregar valor ao bem tangível principal por meio de serviços.                                    | Criação de valor pela oferta ampliada.                                        |
| Neely (2008)                        | Inovação em capacidades e processos, gerando valor mútuo.                                        | Reconfiguração organizacional e processual.                                   |
| Baines <i>et al.</i> (2009)         | Venda de produtos acompanhados de serviços para ampliar receita e competitividade.               | Foco em resultados financeiros e vantagem competitiva.                        |
| Gebauer, Paiola e Saccani (2013)    | Transição da lógica de bens tangíveis para uma lógica orientada ao serviço.                      | Enfoque no processo de transformação.                                         |
| Eggert <i>et al.</i> (2014)         | Passagem da venda de produtos isolados para sistemas integrados de bens e serviços.              | Oferta de soluções completas.                                                 |
| Bustinza <i>et al.</i> (2015)       | Reorganização estrutural para integrar bens e serviços.                                          | Satisfação do cliente e expansão de receita.                                  |
| Prester e Peles (2017)              | Oferta de serviços complementares para atender necessidades específicas.                         | Personalização de soluções.                                                   |
| Kohtamäki, Einola e Rabetino (2020) | Transição de produtos padronizados para soluções customizadas.                                   | Customização e foco no cliente.                                               |
| Kamal <i>et al.</i> (2020)          | Mudança estratégica baseada em recursos financeiros e tecnológicos.                              | Mobilização de recursos e uso de tecnologias.                                 |
| Xing, Liu e Davies (2023)           | Estratégia para enriquecer ofertas, diversificar receitas e proporcionar experiências completas. | Integração digital, expansão de capacidades e foco na experiência do cliente. |

Fonte: elaborado pela autora com base na bibliografia consultada.

O Quadro 2 destaca diferentes fases do desenvolvimento conceitual da servitização. Vandermerwe e Rada (1988) inauguram a discussão ao tratar da integração bem tangível–serviço como forma de ampliar a oferta. Nos anos seguintes, a literatura avançou em direção a compreensão do processo de transformação organizacional. Oliva e Kallenberg (2003) definiram como uma mudança estratégica do modelo de negócio, no qual o foco se desloca da venda de bens tangíveis isolados para a centralidade nos serviços.

Brax (2005) reforçou essa visão ao destacar que a servitização constitui um processo no qual as organizações buscam agregar valor ao bem tangível principal por meio da incorporação de serviços complementares. Neely (2008) aprofundou ao argumentar que a servitização implica os processos de capacidades organizacionais, gerando valor mútuo para fornecedores e clientes. Na mesma linha, Baines *et al.* (2009) associam a servitização à ampliação de fluxos de receita e ao fortalecimento da competitividade, evidenciando seu papel como estratégia de diferenciação.

A partir de Gebauer, Paiola e Saccani (2013), a servitização passou a ser compreendida como um processo de transição da lógica centrada em bens tangíveis para uma lógica orientada ao serviço. Eggert *et al.* (2014) complementam essa perspectiva, ressaltando que o fabricante deixa de oferecer produtos isolados para fornecer sistemas integrados de bens e serviços. Essa transformação, conforme discutido por Bustinza *et al.* (2015), exige uma reorganização estrutural significativa, voltada tanto à expansão das receitas quanto à elevação da satisfação dos clientes.

Mais recentemente, o conceito avançou em direção à personalização e ao uso de recursos estratégicos. Prester e Peles (2017) e Kohtamäki, Einola e Rabetino (2020) destacam soluções customizadas, ajustadas às necessidades dos clientes. Xing, Liu e Davies (2023) caracterizam a servitização como processo estratégico para diversificar receitas, enriquecer ofertas e proporcionar experiências completas ao cliente.

Assim, a evolução do conceito demonstra um movimento contínuo: de pacotes bens-serviços (Vandermerwe; Rada, 1988) até a atual visão de transformação estratégica, inovação organizacional e integração digital (Kowalkowski *et al.*, 2017; Kohtamäki *et al.*, 2020; Xing; Liu; Davies, 2023). A servitização, portanto, não é estática, mas uma jornada de adaptação contínua que redefine a criação e captura de valor.

Estudos empíricos documentam casos de sucesso, que incluem mudanças na oferta (Jovanovic; Engwall; Jerbrant, 2016), na relação com clientes (Forkmann *et al.*, 2017a), na estrutura organizacional (Bustinza *et al.*, 2015) e na adequação das estratégias de serviço ao ambiente competitivo (Eggert; Thiesbrummel; Deutscher, 2015). Empresas como IBM,

Alstom, BAE Systems e Rolls–Royce se tornaram referências, explorando a geração de receita adicional pela incorporação de serviços (Cusumano; Kahl; Suarez, 2014; Spohrer, 2017; Bustinza; Vendrell-Herrero; Baines, 2017; Baines *et al.*, 2020).

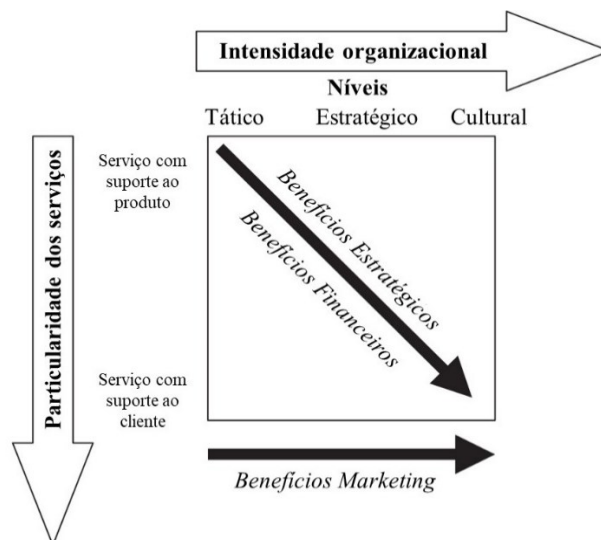
Contudo, nem todas as empresas alcançaram resultados positivos. A literatura aponta desafios relacionados a mudanças organizacionais e dificuldades em integrar serviços de forma lucrativa ao modelo de negócios (Brax, 2005; Gebauer; Fleisch; Friedli, 2005; Neely, 2008; Reim; Sjodin; Parida, 2019; Gomes *et al.*, 2021). Essas barreiras reforçam a necessidade de compreender as diferentes tipologias de serviços, tema que será aprofundado na seção seguinte.

### 2.1.1 Tipologia dos serviços

Nos anos 80, como citado anteriormente, a literatura enfatizou os serviços como um diferencial competitivo para as empresas, e destacam a importância do pós-venda e dos serviços de suporte ao cliente (Vandermerwe; Rada, 1988). Esse marco estabeleceu a base intelectual para o entendimento de que a oferta de valor não se limita ao produto físico, mas se estende ao ciclo de vida do cliente.

Na sequência, Mathieu (2001) aprofundou a discussão ao propor uma classificação dos serviços em duas categorias: aqueles que apoiam o produto e os que apoiam o cliente. A autora destacou três benefícios na servitização, e os relacionou com a intensidade dos serviços, podem gerar vantagens competitivas sustentáveis, conforme apresenta a Figura 2.

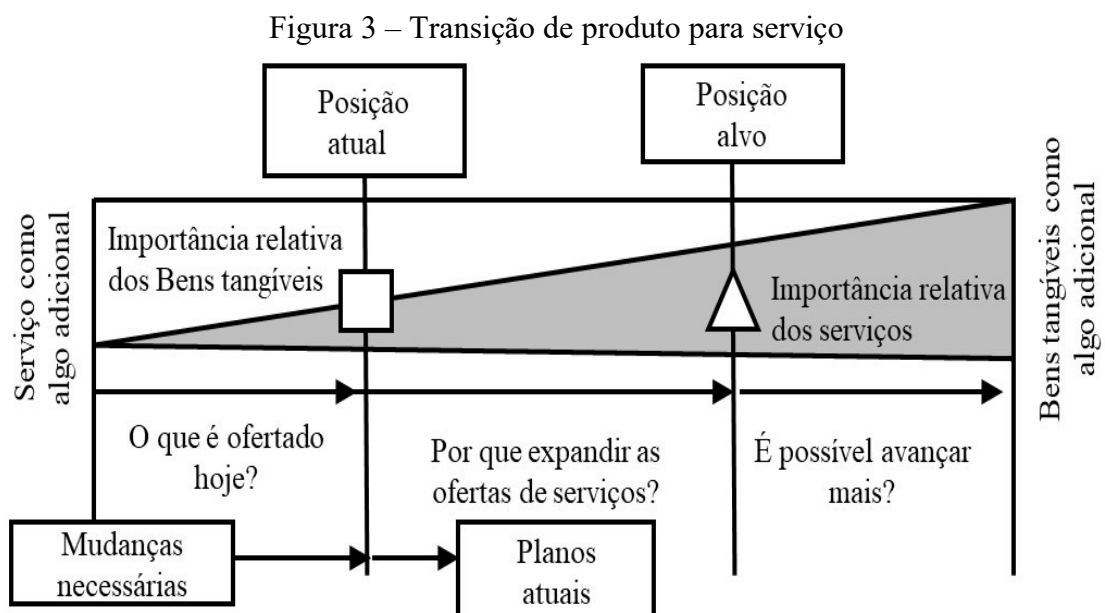
Figura 2 – Transição de bem tangível para serviços



Fonte: adaptado de Mathieu (2001).

A Figura 2 apresenta o modelo esquemático de Mathieu (2001), amplamente citado na literatura por estruturar uma das primeiras classificações sistemáticas dos serviços no contexto da servitização. A autora distingue entre serviços de suporte ao produto, voltados a garantir o correto funcionamento do bem tangível, e serviços de suporte ao cliente, orientados a atender necessidades específicas e personalizadas. Essa categorização, além de facilitar a identificação dos benefícios potenciais de cada tipo de serviço, evidencia que a servitização pode gerar ganhos estratégicos, financeiros e de *marketing*, desde que os serviços sejam ajustados às demandas do cliente e à profundidade de integração com a organização.

Avançando nessa trajetória, Oliva e Kallenberg (2003) examinaram a transição de um modelo baseado em produtos para outro centrado em serviços, descrevendo o “percurso de crescimento de serviço” como um processo não linear que exige adaptações estratégicas, mudanças culturais e a gestão de tensões organizacionais. O estudo introduziu a perspectiva paradoxal: a organização deve, ao mesmo tempo, sustentar a lógica de eficiência do bem tangível e adotar a lógica de flexibilidade e proximidade do serviço. Para acelerar essa transição, os autores destacam táticas como a aquisição de empresas de serviços ou a criação de unidades de negócios dedicadas, capazes de promover uma mudança cultural mais profunda e ágil, conforme representa a Figura 3.



Fonte: adaptado de Oliva e Kallenberg (2003).

A Figura 3, adaptada de Oliva e Kallenberg (2003), destaca a extensão do negócio de serviços por meio da linha de transição do processo, ilustrando a importância relativa dos bens

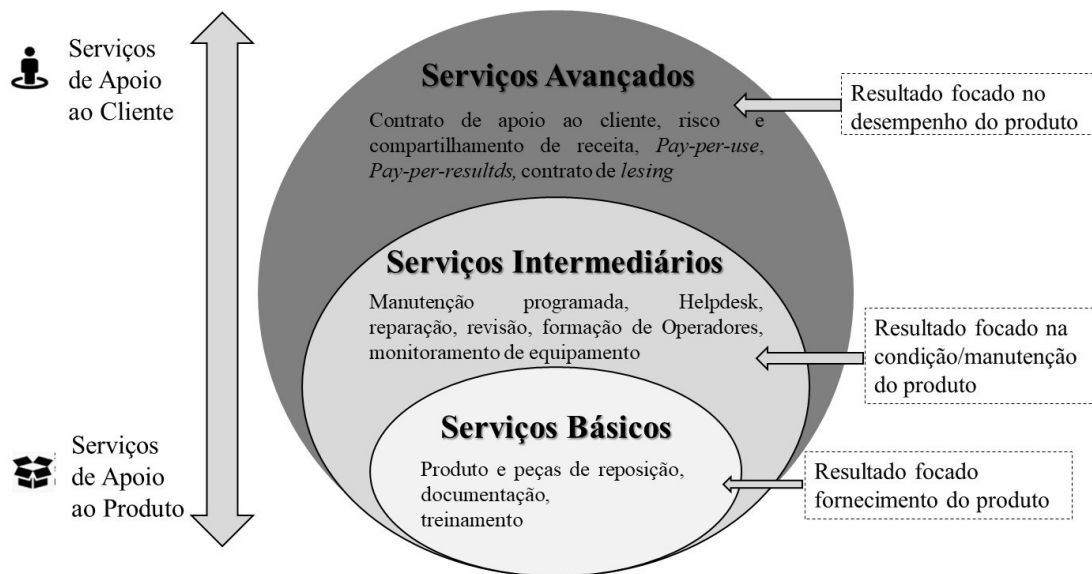


tangíveis e dos serviços. Mais do que um recurso gráfico, trata-se de uma representação estratégica que auxilia as organizações a compreenderem sua posição atual e projetarem um estado futuro desejado. As perguntas norteadoras se baseiam: “*O que é ofertado hoje?*”, “*É possível avançar mais?*” e “*Por que expandir as ofertas de serviços?*”, incentivam uma reflexão contínua sobre inovação e justificam, em termos estratégicos, a necessidade de transformação.

Contudo, embora o modelo forneça clareza conceitual e facilite a comunicação organizacional, ele não detalha os mecanismos de como essa transição pode ser operacionalizada, tampouco aborda as tensões e paradoxos que emergem no processo. Essas lacunas foram exploradas por estudos posteriores, que analisaram os desafios práticos da integração bens tangíveis–serviço (Baines; Lightfoot; Kay, 2009; Martinez *et al.*, 2010) e as implicações organizacionais da separação entre unidades de bens e serviços (Oliva; Gebauer; Brann, 2012).

Nesse contexto, a extensão da servitização pode ser avaliada em termos de sofisticação dos serviços oferecidos, como destacam Baines e Lightfoot (2013). Os autores propuseram que os serviços, tivesse uma evolução lógica, iniciando nos níveis básicos, como manutenção corretiva e suporte técnico, para níveis avançados, nos quais a empresa assume responsabilidades amplas e oferecem soluções integradas e até contratos baseados em desempenho. Essa evolução atraiu a atenção da literatura não apenas pelos potenciais benefícios estratégicos, mas também pelos riscos inerentes a cada estágio. Serviços avançados podem gerar diferenciação competitiva, fidelização e novas fontes de receita, mas também aumentam a dependência de tecnologia, elevam custos operacionais e exigem mudanças estruturais profundas. A Figura 4 sintetiza essa lógica ao relacionar níveis de serviço, riscos e resultados.

Figura 4 – Tipos de serviços com níveis crescentes de complexidade



Fonte: adaptado de Baines e Lightfoot (2013).

A Figura 4, classifica os serviços em três categorias: básico, intermediário e avançado:

- i) **Serviços básico:** voltados ao fornecimento do produto, incluem atividades como entrega, peças de reposição e garantia. Exigem relativamente poucos recursos adicionais e, em muitos casos, funcionam como extensão da lógica do bem tangível, oferecendo suporte limitado e de baixa complexidade;
- ii) **Serviços intermediários:** utilizam as habilidades técnicas do fabricante para oferecer suporte especializado, como instalação, treinamento orientado ao produto, inspeções, diagnósticos e reparos (Oliva; Kallenberg, 2003; Baines; Lightfoot, 2013). Nessa etapa, o valor percebido pelo cliente cresce, pois há maior transferência de conhecimento e proximidade, mas a lógica do bem tangível ainda predomina;
- iii) **Serviços avançados:** representam o estágio transformador, em que o fabricante utiliza suas capacidades de produção e de gestão para assumir responsabilidade pelo desempenho dos produtos. Esse nível envolve soluções customizadas, contratos baseados em resultados e infraestrutura tecnológica robusta para monitoramento e manutenção preditiva. Ao mesmo tempo em que criam oportunidades de diferenciação e fidelização, esses serviços também trazem riscos elevados, como

dependência de sistemas digitais, altos custos de implementação e necessidade de realinhamento cultural.

Essa classificação é relevante porque evidencia que a servitização não é um processo homogêneo, mas uma trajetória gradual, na qual diferentes categorias implicam níveis distintos de risco, valor agregado e impacto organizacional. A categorização de Baines e Lightfoot (2013) amplia, portanto, o entendimento inicial de Oliva e Kallenberg (2003) ao destacar que a competitividade depende não apenas da oferta de serviços, mas do seu aprimoramento e alinhamento estratégico.

A literatura, contudo, alerta que esses arranjos, embora estratégicos, também introduzem riscos significativos: maior dependência de dados confiáveis, custos elevados de monitoramento e necessidade de novas capacidades organizacionais para gerir desempenho sob condições variáveis. Nesse sentido, a progressão e aprimoramento dos serviços não deve ser compreendida apenas como incremento de valor, mas como um processo que combina oportunidades de diferenciação com desafios operacionais e estratégicos.

Corroborando essa lógica, Parida *et al.* (2014) distinguem os serviços entre básicos e avançados, mas com ênfase na dimensão financeira. Os autores argumentam que os serviços avançados podem estar fortemente associados a desempenho financeiro positivo, na medida em que viabilizam contratos de longo prazo, aumentam a fidelização e criam barreiras competitivas mais robustas. No entanto, demandam investimentos significativos em tecnologia, estrutura organizacional e alinhamento cultural.

Essa perspectiva desloca o debate de uma trajetória linear de evolução (básico a avançado) para uma visão de arquitetura estratégica de portfólio, onde o desafio está em equilibrar impactos financeiros de curto prazo e a criação de valor sustentável no longo prazo. A Figura 5 sintetiza essa lógica ao representar as inter-relações complexas entre bens tangíveis e serviços, demonstrando que o verdadeiro potencial competitivo da servitização emerge da capacidade de articular esses elementos em um sistema integrado.

Figura 5 – Inter-relações complexas entre os itens

### Serviços orientado ao produto



### Serviços orientado ao resultado

Fonte: elaborado com base nas informações de Parida *et al.* (2014).

Na Figura 5, é possível observar as quatro categorias (tipos de serviços) encontradas no estudo que são: (1) serviços básicos (2) serviços de manutenção (3) serviços de Pesquisa e desenvolvimento e (4) serviços funcionais. Parida *et al.* (2014) afirmam que as primeiras duas mantêm forte vínculo com o bem tangível, pois buscam agregar valor ao produto físico e prolongar seu ciclo de vida. Já os serviços de P&D e funcionais deslocam a lógica para o usuário, com foco em resultados e maior responsabilidade do fornecedor. Nesses casos, a ênfase está em reduzir problemas enfrentados pelos clientes, melhorar o rendimento e até assumir compromissos contratuais relacionados ao desempenho.

Nesse processo, a literatura mostra que as interações com clientes deixam de ser predominantemente transacionais, centradas na venda e no preço e passam a valorizar a construção de soluções e relacionamentos de longo prazo. Como destacam Vandermerwe e Erixon (2023), a inovação, antes restrita à incorporação de funcionalidades aos produtos, passa a incluir os serviços como diferencial competitivo, reforçando o papel da eficiência e da inovação na transformação organizacional. O Quadro 3 sistematiza os diferentes tipos de serviços descritos na literatura, permitindo uma comparação crítica entre modelos.

Quadro 3 – Tipos de serviços observado na literatura

(continua)

| <b>Autores</b>            | <b>Classificação dos serviços</b>        | <b>Descrição do serviço pelos autores</b>                                              | <b>Exemplo de serviços citados pelos autores</b>                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mathieu (2001)            | Serviço Básico com suporte ao produto    | Serviços de pós-venda tradicionais para garantir o correto funcionamento dos produtos. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Instalação;</li> <li>– Manutenção; e</li> <li>– Reparo de produtos.</li> </ul>                                                                                                                                                        |
|                           | Serviços como produto                    | Ajudam os clientes a usarem os produtos de forma mais eficaz.                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Treinamento;</li> <li>– Consultoria; e</li> <li>– Suporte técnico</li> </ul>                                                                                                                                                          |
|                           | Serviços ao cliente                      | Apoiam as necessidades do cliente.                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Serviços personalizados;</li> <li>– <i>Design</i> e engenharia;</li> <li>– Serviços de logística; e</li> <li>– Gerenciamento de estoques.</li> </ul>                                                                                  |
| Oliva e Kellenberg (2003) | Serviços Básicos relacionados ao produto | Extensão do produto para aumentar o valor percebido pelo cliente.                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Instalação;</li> <li>– Treinamento orientado ao produto;</li> <li>– <i>Help-desk</i>;</li> <li>– Inspeção;</li> <li>– Diagnóstico;</li> <li>– Reparo;</li> <li>– Peças de reposição; e</li> <li>– Atualizações do produto.</li> </ul> |
|                           | Serviços de Manutenção                   | Melhores práticas de manutenção para o uso do produto.                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Manutenção preventiva;</li> <li>– Monitoramento de condições; e</li> <li>– Contrato de manutenção completa</li> </ul>                                                                                                                 |

Quadro 3 – Tipos de serviços observado na literatura

(continua)

| Autores                                       | Classificação dos serviços        | Descrição do serviço pelos autores                                                                         | Exemplo de serviços citados pelos autores                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               | Serviços Profissionais            | Serviços orientados ao processo do usuário final e baseados em transações.                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Engenharia de processos;</li> <li>– Testes;</li> <li>– Otimização;</li> <li>– Simulação;</li> <li>– P&amp;D;</li> <li>– Treinamento orientado ao processo do cliente;</li> <li>– Consultoria de melhoria de processos; e</li> <li>– Consultoria de modelo de negócio.</li> </ul> |
| Gebauer (2008) e Gebauer <i>et al.</i> (2010) | Serviços Básicos                  | Serviços voltados ao pós-venda.                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Peças de reposição;</li> <li>– Reparo/solução de problemas;</li> <li>– Treinamento básico; e</li> <li>– Inspeção/diagnóstico</li> </ul>                                                                                                                                          |
|                                               | Serviços Orientados aos Processos | Serviços de apoio ao cliente.                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Contratos de manutenção;</li> <li>– Otimização de processos;</li> <li>– Consultoria de processos; e</li> <li>– Treinamento avançado de operadores</li> </ul>                                                                                                                     |
|                                               | Serviços de P&D                   | Auxiliam na melhoria contínua do produto.                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Projeto e construção; e</li> <li>– P&amp;D orientados a processos</li> </ul>                                                                                                                                                                                                     |
| Baines e Lightfoot (2013)                     | Serviços Básicos                  | Voltados para o fornecimento do produto, não requerem muitas habilidades e recursos.                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Produto e peças de reparo</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                               | Serviços Intermediários           | Usam as habilidades do fabricante para oferecer melhor suporte ao cliente.                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Manutenção;</li> <li>– <i>Help-desk</i> técnico;</li> <li>– Treinamento do operador</li> </ul>                                                                                                                                                                                   |
|                                               | Serviços Avançados                | Usam habilidades de produção para gerenciar o desempenho dos produtos e fornecer soluções personalizáveis. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Contratos de atendimento ao cliente;</li> <li>– Contratos de compartilhamento de riscos; e</li> <li>– <i>Leasing</i></li> </ul>                                                                                                                                                  |
| Paiola <i>et al.</i> (2013)                   | Serviços Complementares           | Auxiliam na venda e uso dos produtos, ajustando às necessidades dos clientes.                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Instalação;</li> <li>– Manutenção; e</li> <li>– Reparo</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                |

Quadro 3 – Tipos de serviços observado na literatura

(continua)

| Autores                         | Classificação dos serviços      | Descrição do serviço pelos autores                                                                                             | Exemplo de serviços citados pelos autores                                                                                                                                                     |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | Serviços de Substituição        | Substituem a necessidade de compra de um produto, onde o usuário adquire os serviços e não os produtos.                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aluguel;</li> <li>– <i>Leasing</i>; e</li> <li>– Pagamento por uso ou resultado</li> </ul>                                                           |
| Parida <i>et al.</i> (2014)     | Serviços Básicos                | Extensão do produto para agregar valor ao produto.                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Cálculo de custo–benefício;</li> <li>– Consultoria;</li> <li>– Suporte por telefone;</li> <li>– Manuais; e</li> <li>– Treinamento técnico</li> </ul> |
|                                 | Serviços de Manutenção          | Reduzem os custos dos produtos duráveis, prolongando o bom funcionamento e responsabilizando-se pelo fim de vida dos produtos. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Modernização dos produtos (atualização – <i>upgrade</i>); e</li> <li>– Suporte técnico para produtos de outros fornecedores</li> </ul>               |
|                                 | Serviços de P&D                 | Visam reduzir problemas enfrentados pelos clientes e melhorar o rendimento do produto.                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Análise de falha;</li> <li>– Estudo de viabilidade; e</li> <li>– <i>Design</i> e desenvolvimento de protótipos.</li> </ul>                           |
|                                 | Serviços Avançados              | Foco nos resultados.                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Operação do processo do cliente; e</li> <li>– Operação do produto vendido ao cliente</li> </ul>                                                      |
| Cusumano, Kahl e Suarez. (2014) | Serviços com Suporte ao Produto | Complementam o produto sem alterar sua funcionalidade.                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Garantia/seguro;</li> <li>– Manutenção/reparação;</li> <li>– Suporte técnico;</li> <li>– Treinamento básico de uso</li> </ul>                        |
|                                 | Serviços de Adaptação           | Expandem significativamente a funcionalidade do produto ou ajudam a desenvolver novos usos, adaptando a novas condições.       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Personalizações;</li> <li>– Treinamento ou consultoria; e</li> <li>– Integração do produto principal com outras soluções</li> </ul>                  |
|                                 | Substituição do Produto         | Substituem a compra de um produto, oferecendo serviços ao invés de produtos.                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Processamento de dados;</li> <li>– <i>Software</i> como serviço; e</li> <li>– Pago por hora – (<i>Power by the Hour</i>)</li> </ul>                  |
| Sousa e Silveira (2017)         | Serviços Básicos                | Relacionados ao produto, focam em garantir que funcione conforme o esperado.                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Instalação e configuração;</li> <li>– Manutenção e reparação; e</li> <li>– Suporte técnico</li> </ul>                                                |
|                                 | Serviços Avançados              | Focados nas necessidades do cliente, projetados para fornecer soluções para os problemas do cliente.                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Consultoria;</li> <li>– Treinamento; e</li> <li>– Otimização de desempenho</li> </ul>                                                                |

Quadro 3 – Tipos de serviços observado na literatura

(continua)

| <b>Autores</b>                      | <b>Classificação dos serviços</b>    | <b>Descrição do serviço pelos autores</b>                                                                              | <b>Exemplo de serviços citados pelos autores</b>                                                                                           |
|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kowalkowski, Gebauer e Oliva (2017) | Serviços de Suporte ao Produto       | Serviços que garantem o funcionamento adequado do produto.                                                             | – Manutenção preventiva e corretiva;                                                                                                       |
|                                     | Serviços de Suporte ao Cliente       | Serviços que auxiliam o cliente no uso eficiente do produto.                                                           | – Treinamento de usuários;                                                                                                                 |
|                                     | Serviços de Substituição do Produto  | Modelos de negócios que oferecem o resultado ou função do produto sem a necessidade de posse.                          | – <i>Leasing</i> ;<br>– Modelos de assinatura; e<br>– Plataformas digitais para gerenciar contratos e uso dos serviços.                    |
| Visnjic, Neely e Jovanovic. (2018)  | Serviços Orientados ao Produto       | Relacionados à tecnologia do produto.                                                                                  | – Manutenção;<br>– Reparo; e<br>– Instalação                                                                                               |
|                                     | Serviços Orientados ao Usuário Final | Desenvolvidos a partir de competências de marketing e do usuário final, vão além da tecnologia utilizada nos produtos. | – Gerenciamento da função de manutenção do cliente;<br>– Gestão das operações do cliente; e<br>– Integração do produto com outras soluções |
| Raddats <i>et al.</i> (2019)        | Serviços básico                      | Serviços padronizados e de curto prazo.                                                                                | – Venda de peças de reposição;                                                                                                             |
|                                     | Serviços avançado                    | Serviços personalizados e de longo prazo.                                                                              | – Contratos de manutenção de longo prazo;                                                                                                  |
| Kohtamäki <i>et al.</i> (2019)      | Serviços de Produto                  | Serviços diretamente relacionados ao produto físico.                                                                   | – Instalação; e<br>– Manutenção e reparo;                                                                                                  |
|                                     | Serviços de Processo                 | Serviços que melhoram os processos do cliente.                                                                         | – Consultoria de eficiência operacional;                                                                                                   |
|                                     | Serviços avançados                   | Serviços que garantem resultados específicos para o cliente.                                                           | – Contratos de garantia de desempenho ou resultados específicos; e<br>– Monitoramento digital e ferramentas de gestão de desempenho.       |
| Paiola <i>et al.</i> (2023)         | Serviços de Suporte ao Produto       | Serviços que mantêm o produto em funcionamento.                                                                        | – Reparo; e<br>– Manutenção preventiva;                                                                                                    |
|                                     | Serviços de Suporte ao Cliente       | Serviços que auxiliam o cliente a obter o máximo valor do produto.                                                     | – Treinamento de operadores;<br>– Consultoria de processos; e<br>– Plataforma digital e ferramentas de gestão de desempenho.               |



Quadro 3 – Tipos de serviços observado na literatura

(conclusão)

| <b>Autores</b>             | <b>Classificação dos serviços</b>       | <b>Descrição do serviço pelos autores</b>                                                                        | <b>Exemplo de serviços citados pelos autores</b>                                                                |
|----------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | Serviços de Substituição do Produto     | Modelos que oferecem a funcionalidade do produto sem a necessidade de posse.                                     | – Modelos de assinatura;<br>– <i>Leasing</i> ; e<br>– Plataforma digital e ferramentas de gestão de desempenho. |
| Zhang <i>et al.</i> (2024) | Serviços Digitais de Suporte ao Produto | Serviços que utilizam tecnologias digitais para manter e aprimorar o desempenho do produto.                      | – Monitoramento remoto;<br>– Manutenção preditiva; e<br>– Atualizações de <i>software</i> .                     |
|                            | Serviços avançados                      | Serviços que oferecem plataformas digitais para conectar fornecedores e clientes e facilitar a entrega de valor. | – Mercados <i>on-line</i> que conectam fornecedores e clientes finais; e<br>– Gestão de ecossistemas digitais.  |

Fonte: elaborado pela autora com base na bibliografia consultada.

O Quadro 3 sistematiza os diferentes tipos de serviços descritos na literatura, evidenciando a evolução conceitual da servitização ao longo de mais de duas décadas. Essa diversidade permite identificar três eixos de classificação, os quais, em conjunto, revelam a crescente sofisticação e complexidade das ofertas de serviços.

O primeiro eixo refere-se aos serviços de suporte ao produto, recorrentes em diversos autores (Mathieu, 2001; Oliva; Kallenberg, 2003; Gebauer *et al.*, 2010; Sousa; Silveira, 2017; Kowalkowski *et al.*, 2017; Paiola *et al.*, 2023). Essas categorias enfatizam atividades de pós-venda, como: instalação, manutenção, reparo e fornecimento de peças, cuja função estratégica é garantir o funcionamento do bem tangível, fidelizar clientes e sustentar a experiência de uso. Embora fundamentais, são serviços de impacto financeiro limitado e constituem, muitas vezes, a porta de entrada para a jornada de servitização.

O segundo eixo abrange os serviços orientados ao cliente ou ao processo, como destacados por Mathieu (2001), Gebauer *et al.* (2010), Kohtamäki *et al.* (2019) e Visnjic *et al.* (2018). Esses serviços demandam envolvimento técnico e relacional, que inclui: consultoria, otimização de processos, treinamento avançado e integração de soluções. Sua ênfase está na personalização e na colaboração estratégica, exigindo compreensão aprofundada das operações do cliente. Nessa perspectiva, os serviços deixam de ser complementos e passam a ser componentes centrais na criação de valor relacional, transformando a lógica transacional em lógica relacional.

O terceiro eixo corresponde aos serviços de substituição ou orientados a resultados, analisados por Parida *et al.* (2014), Cusumano, Kahl e Suarez (2014), Kowalkowski *et al.*

(2017) e Raddats *et al.* (2019). Neles, o produto físico deixa de ser o núcleo da proposta de valor, sendo substituído por soluções integradas como leasing, modelos de assinatura, contratos baseados em uso (*pay-per-use*) ou desempenho. Esses serviços representam um salto estratégico por possibilitarem novas fontes de receita e fidelização de longo prazo, mas também ampliam os riscos financeiros, tecnológicos e de governança.

Mais recente, autores como Paiola *et al.* (2023) e Zhang *et al.* (2024) enfatizam o papel dos serviços digitais como elemento estruturante da servitização contemporânea. O uso de plataformas digitais, manutenção preditiva e ecossistemas *on-line* amplia a capacidade de monitorar, conectar e cocriar valor em redes inter-organizacionais. Essa perspectiva reflete a transição da servitização tradicional para a servitização digital, na qual valor é entregue continuamente e em tempo real, por meio de interações baseadas em dados.

Em síntese, a servitização parte do suporte ao bem tangível, passa pela integração aos processos do cliente e culmina em soluções orientadas a resultados e plataformas digitais. Essa evolução exige das empresas não apenas desenvolver novos serviços, mas também reconfigurar seus modelos de negócio, competências e estratégias organizacionais. Portanto, mais do que expansão de portfólio, a servitização emerge como alavanca estratégica capaz de impulsionar desempenho corporativo em múltiplas dimensões, financeiras, relacionais, inovadoras e digitais.

### **2.1.2 Desafios na servitização**

A migração para a servitização tem gerado diversos desafios para as empresas, despertando crescente interesse acadêmico e prático (Dmitrijeva *et al.*, 2020; Reim; Sjödin; Parida, 2019; Zhang; Banerji, 2017; Ulaga; Kowalkowski, 2022). Os fabricantes enfrentam simultaneamente diferentes obstáculos relacionados à transição organizacional (Zhang; Banerji, 2017; Reim; Sjödin; Parida, 2019). O Quadro 4 sintetiza os principais desafios identificados na literatura ao longo dos anos.

Quadro 4 – Identificação dos desafios observados na literatura

(continua)

| Classificação            | Desafios                                            | Descrição                                                                                                                                                                                    | Referências                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modelo de Negócio        | Modificação do modelo de negócios                   | O obstáculo na criação, desenvolvimento e fornecimento de propostas de valor aos clientes.                                                                                                   | Baines <i>et al.</i> (2009b); Kowalkowski <i>et al.</i> (2015); Zhang e Banerji (2017); Ziaee Bigdeli <i>et al.</i> (2021); Ulaga e Kowalkowski (2022).                                                                             |
|                          | Soluções customizadas                               | Dificuldade de obter sucesso com soluções customizadas.                                                                                                                                      | Kowalkowski <i>et al.</i> (2015); Reim, Sjödin e Parida (2019).                                                                                                                                                                     |
|                          | Gestão de recursos                                  | Falta de recursos necessários na organização                                                                                                                                                 | Alghisi e Saccani (2015); Ziaee Bigdeli <i>et al.</i> (2021).                                                                                                                                                                       |
| Estrutura Organizacional | Cultural                                            | Resistência à mudança necessária em relação à mentalidade dos clientes.                                                                                                                      | Neely (2008); Dahmani <i>et al.</i> (2016); Zhang e Banerji (2017); Nudurupati <i>et al.</i> (2016); Ambroise, Prim–Allaz e Teyssier (2018); Yan <i>et al.</i> (2019); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2020); Ulaga e Kowalkowski (2022). |
|                          | Comunicação e treinamento                           | Falta de práticas adequadas de comunicação e treinamento para apresentar aos clientes soluções que atendam às suas necessidades e expectativas.                                              | Baines <i>et al.</i> (2009b); Reim, Sjödin e Parida (2019).                                                                                                                                                                         |
|                          | Comprometimento da liderança                        | A falta de comprometimento e conscientização da alta administração impacta negativamente o envolvimento e as atitudes.                                                                       | Alghisi e Saccani (2015); Kowalkowski <i>et al.</i> (2017b); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2020); Ulaga e Kowalkowski (2022).                                                                                                           |
|                          | Desenvolvimento de capacidade e métodos de serviços | Falta de distinção entre <i>design</i> de serviço e <i>design</i> de produto. Os recursos de <i>design</i> de serviço são necessários para implementar a estratégia de transição de serviço. | Alghisi e Saccani (2015); Zhang e Banerji (2017); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2020); Ziaee Bigdeli <i>et al.</i> (2021).                                                                                                              |

Quadro 4 – Identificação dos desafios observados na literatura

(conclusão)

| Classificação         | Desafios                                  | Descrição                                                                                                                                                              | Referências                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fornecedor e Cliente  | Integração entre os atores                | Baixa integração entre clientes e fornecedores: gera privação na troca de informações entre os atores, dificultando a resolução de problemas.                          | Nenonen <i>et al.</i> (2014); Nudurupati <i>et al.</i> (2016); Zhang e Banerji (2017); Ambroise, Prim–Allaz e Teyssier (2018); Aminoff e Hakanen (2018); Reim, Sjödin e Parida (2019); Ulaga e Kowalkowski (2022). |
|                       | Carteira de clientes                      | Baixa utilização de fatores relacionados ao processo.                                                                                                                  | Neely (2008); Alghisi e Saccani (2015); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2020).                                                                                                                                           |
|                       | Coprodução e Cocriação                    | Falta de recursos de serviços integrados necessários para projetar e entregar ofertas de bens tangíveis e serviços.                                                    | Alghisi e Saccani (2015); Green, Davies e Ng (2017).                                                                                                                                                               |
|                       | Rede de abastecimento                     | Dificuldade em analisar necessidades e definir parcerias.                                                                                                              | Alghisi e Saccani (2015); Nudurupati <i>et al.</i> (2016); Ziaee Bigdeli <i>et al.</i> (2021); Ulaga e Kowalkowski (2022).                                                                                         |
| Estratégia do mercado | Visão estratégica                         | Problemas relacionados à estratégia na transição de serviços podem envolver recursos e competências dos fabricantes ligados ao desenvolvimento do negócio de serviços. | Ambroise, Prim–Allaz e Teyssier (2018); Reim, Sjödin e Parida (2019); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2020).                                                                                                             |
|                       | Concorrência                              | A ampliação das ofertas de serviços pode levar os fabricantes a competirem com parceiros de redes de serviços que já oferecem serviços aos clientes.                   | Alghisi e Saccani (2015); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2020).                                                                                                                                                         |
|                       | Relação do produto com a marca da empresa | Uma marca bem-sucedida pode tornar-se um obstáculo à introdução de extensões no modelo de negócios de serviços.                                                        | Nenonen <i>et al.</i> (2014); Alghisi e Saccani (2015).                                                                                                                                                            |
|                       | Mercado                                   | O comportamento do mercado pode gerar incertezas quanto ao novo modelo de negócios e problemas relacionados a novos serviços.                                          | Neely (2008); Iriarte <i>et al.</i> (2019); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2020).                                                                                                                                       |
|                       | Receita, preço e venda                    | Dificuldade em ofertas de preços.                                                                                                                                      | Kowalkowski <i>et al.</i> (2015); Nudurupati <i>et al.</i> (2016); Reim, Sjödin e Parida (2019).                                                                                                                   |
|                       | Tomando uma decisão                       | A falta de conhecimento da competência dos fabricantes impacta diretamente na tomada de decisões.                                                                      | Nenonen <i>et al.</i> (2014); Alghisi e Saccani (2015).                                                                                                                                                            |
|                       | Gestão do conhecimento                    | Dificuldade na implementação da gestão conhecimento.                                                                                                                   | Alghisi e Saccani (2015).                                                                                                                                                                                          |

Fonte: adaptado de Battisti, Cauchick–Miguel e Souza–Zomer (2023).

O Quadro 4 apresenta 18 desafios que as organizações precisam enfrentar para ter sucesso nessa jornada. Esses desafios foram agrupados em quatro categorias principais: modelo de negócios, estrutura organizacional, estratégia e mercado, e fornecedor e cliente. Cada uma dessas categorias traz consigo obstáculos específicos que requerem atenção e ação por parte das empresas que buscam adotar a servitização.

A servitização é uma abordagem que coloca o modelo de negócios no centro das operações de uma empresa, redefinindo fundamentalmente a maneira como ela cria, desenvolve e entrega valor aos clientes (Kindström, 2010; Zhang; Banerji, 2017). No entanto, essa mudança não é tarefa fácil, pois requer uma profunda compreensão do valor real dos serviços para os clientes e consumidores (Neely, 2008; Valtakoski, 2017; Shen; Sun; Parida, 2023).

Por vezes, a perspectiva interna não está alinhada com as expectativas dos clientes, o que pode resultar em propostas de valor que não atendem aos interesses dos mesmos. Além disso, a modificação do modelo de negócios impacta os recursos disponíveis na organização, incluindo recursos financeiros e humanos, que são essenciais para o desenvolvimento de serviços inovadores. No entanto, é importante notar que esse investimento em serviços pode, por vezes, limitar a margem de lucro das empresas, o que representa um desafio adicional (Confente; Buratti; Russo, 2015).

A estrutura organizacional, enfrenta desafios relacionados à mudança interna necessária para apoiar a transformação do modelo de negócios (Nudurupati *et al.*, 2016; Zhang; Banerji, 2017). Essa adaptação da estrutura interna da empresa para acomodar a estratégia de servitização pode ser uma tarefa demorada e complexa, frequentemente deparando-se com a resistência à mudança cultural e à alteração da mentalidade dos clientes (Neely, 2008; Dahmani *et al.*, 2016; Zhang; Banerji, 2017; Nudurupati *et al.*, 2016; Ambroise; Prim–Allaz; Teyssier, 2018; Yan *et al.*, 2019; Dmitrijeva *et al.*, 2020). A comunicação insuficiente e a falta de treinamento podem prejudicar a capacidade da organização de apresentar soluções que atendam às necessidades e expectativas dos clientes (Baines; Lightfoot; Kay, 2009; Reim; Sjödin; Parida, 2019).

Com relação a estratégia e mercado, essa está intrinsecamente ligada à necessidade das empresas de compreenderem o mercado de serviços e de como criar propostas de valor significativas. Nesse contexto, a oferta de soluções personalizadas emerge como um desafio, pois a personalização requer uma abordagem cuidadosa (Kowalkowski *et al.*, 2015; Reim; Sjödin; Parida, 2019).

Além disso, a estratégia de servitização demanda recursos de serviços integrados para projetar e oferecer bens tangíveis e serviços inovadores (Alghisi; Saccani, 2015; Green; Davies

Ng, 2017), o que se conecta diretamente com a categoria “fornecedor e cliente”, concentra-se nos desafios relacionados à integração entre clientes e fornecedores, na gestão da carteira de clientes e na construção de uma rede de abastecimento eficaz (Alghisi; Saccani, 2015; Nudurupati *et al.*, 2016). A baixa integração entre esses atores pode dificultar a troca de informações e a resolução de problemas. Além disso, a análise das necessidades do cliente e a definição de parcerias estratégicas representam desafios que devem ser enfrentados nessa jornada de servitização.

Por conseguinte, a compreensão dos obstáculos e desafios associados à servitização se torna essencial para o sucesso nesse processo. Diversos estudos têm destacado casos de falhas no processo de servitização, como observado nos trabalhos de Benedettini, Neely e Swink (2015) e Valtakoski (2017). Essas falhas geralmente decorrem de desafios no desenvolvimento efetivo de um negócio de serviços lucrativo ao lado de um negócio baseado em produtos existente (Valtakoski, 2017).

Embora a servitização tenha como objetivo melhorar a interação entre diferentes partes interessadas, ela não garante que os clientes estarão inclinados a adotar ou utilizar novos serviços (Valtakoski, 2017). Infelizmente, tais falhas podem até levar à declaração de falência por parte das empresas manufatureiras (Benedettini; Neely; Swink, 2015). À medida que as organizações passam por mudanças em seus modelos de negócios, os riscos associados tendem a aumentar, como enfatizado por vários estudos que abordam a gestão e o controle de riscos no contexto da servitização (Kowalkowski *et al.*, 2015; Nudurupati *et al.*, 2016; Luoto; Brax; Kohtamäki, 2017; Martinez *et al.*, 2017; Szász *et al.*, 2017; Zhang Banerji, 2017; Li; Chen, 2019; Yan *et al.*, 2019).

Do ponto de vista financeiro, mudanças na estrutura organizacional podem amplificar significativamente os riscos financeiros, particularmente durante a implementação de novos serviços. Isso envolve, muitas vezes, o desenvolvimento de novos grupos funcionais e o recrutamento de mão de obra qualificada, como destaca Neely (2008). Portanto, torna-se crucial compreender as implicações dessas mudanças. Eggert *et al.* (2014) propõem um método eficaz para identificar esses impactos em relação à avaliação do desempenho financeiro. Sugerem ainda três abordagens para avaliar esse risco: autoavaliação pelos supervisores, análise de dados financeiros secundários e estudos de caso longitudinais.

No âmbito da servitização, é crucial compreender que a avaliação do desempenho financeiro de uma organização assume uma relevância primordial. Essa avaliação geralmente se concentra em três principais considerações: crescimento, lucratividade e valor global,

conforme apontado por Zhou *et al.* (2020). Esses indicadores financeiros são fundamentais para medir o sucesso e a saúde financeira de uma empresa durante o processo de servitização.

Nesse contexto, é vital reconhecer que os riscos representam uma preocupação substancial para as organizações envolvidas na servitização. Os riscos estão intrinsecamente ligados às mudanças ambientais que podem ocorrer e que são influenciadas por uma variedade de fatores, tais como a dinâmica do mercado, o ecossistema empresarial mais amplo e os avanços tecnológicos. Tais mudanças são identificadas por estudiosos como (Benedettini; Neely; Swink, 2015; Dmitrijeva *et al.*, 2020; Paschou *et al.*, 2020; Vom Scheidt; Staudt, 2024; Behl *et al.*, 2024).

Essas mudanças abrangem uma ampla gama de elementos, desde mudanças na política externa e nas condições econômicas até aspectos sociais e competição no desenvolvimento tecnológico. Essas forças externas exercem influência direta no processo de transformação em servitização (Baines *et al.*, 2020).

Para mitigar os efeitos adversos desses riscos externos, as organizações frequentemente recorrem a acordos contratuais que descrevem como cada variável pode mudar e como tais mudanças podem impactar os resultados (Hou; Neely, 2018). No entanto, desenvolver esses contratos abrangentes pode ser um esforço complexo, criando um obstáculo para os fornecedores que precisam lidar com a compreensão das consequências potenciais de suas decisões e a mensuração dos impactos de vários riscos.

Hou e Neely (2018) também destacam a importância de clientes e fornecedores em prever como essas variáveis podem ser afetadas por riscos externos, que podem incluir flutuações nos preços das *commodities* e no clima econômico geral. Os autores afirmam, que um excelente exemplo de risco externo é a incerteza tecnológica, que pode afetar significativamente o processo de servitização. Embora a literatura existente ofereça informações valiosas sobre a natureza dessas incertezas no contexto da servitização, ainda há uma escassez de compreensão abrangente (Lv; Chen, 2024). Essas incertezas emanam de fontes externas e contribuem para o que é conhecido como incerteza ambiental – uma condição caracterizada pela imprevisibilidade do ambiente externo de uma empresa.

Em resumo, a jornada de servitização não é isenta de riscos externos e nem internos que podem decorrer de uma variedade de mudanças ambientais influenciadas pela dinâmica do mercado, pelo ecossistema e pelos avanços tecnológicos. A mitigação efetiva de riscos geralmente envolve acordos contratuais que antecipam como as variáveis podem mudar e afetar os resultados.

No entanto, essa complexidade impõe desafios aos fornecedores. Além disso, prever o impacto desses riscos em variáveis como os preços das *commodities* e a economia é fundamental tanto para clientes quanto para fornecedores. Conforme destacado, a literatura destaca as incertezas tecnológica como um exemplo proeminente de um risco externo que demanda atenção dentro do contexto de servitização, contribuindo para a incerteza ambiental geral. A próxima seção, destaca os fatores que impactam na transformação produto–serviço.

## 2.2 FATORES QUE INTERFEREM NA TRANSIÇÃO DA SERVITIZAÇÃO

Os fatores contextuais são fundamentais na formação da transformação organizacional em direção à servitização (Baines *et al.*, 2020). Eles são vistos de forma abrangentes e são considerados pela literatura como fatores internos e externos (Alghisi; Saccani, 2015; Zhang; Banerji, 2017; Benedettini; Swink; Neely, 2017; Reim; Sjödin; Parida, 2019). Baines *et al.* (2017) destacam que para se obter sucesso na transformação o fabricante não depende apenas de suas capacidades (contexto interno), mas também do mercado e ambiente industrial (contexto externo) (Parida *et al.*, 2014). Vários estudos exploraram esses fatores contextuais, conforme apresenta o Quadro 5.



Quadro 5 – Fatores internos e externos no processo de mudança organizacional

(continua)

| Fatores                                 | Autor                                                                                                                                                                                                                             | Internos                                                                                                            | Externos                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cultural                                | Neely (2008); Dahmani <i>et al.</i> (2016); Zhang e Banerji (2017); Nudurupati <i>et al.</i> (2016); Ambroise, Pri-Allaz e Teyssier (2018); Yan <i>et al.</i> (2019); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2020), Xing, Liu e Davies (2023). | Mudança de mentalidade dos funcionários e líderes para valorizar o serviço como parte do negócio                    | Expectativas dos clientes em relação aos serviços oferecidos. Os clientes também precisam mudar sua mentalidade, a fim de compreender o valor das ofertas. |
| Modelo de negócios                      | Baines, Lightfoot e Kay (2009); Kindström e Kowalkowski (2014); Kowalkowski <i>et al.</i> (2015); Zhang e Banerji (2017); Ziaee Bigdeli <i>et al.</i> (2021); Ulaga e Kowalkowski (2022).                                         | Adaptação da estrutura interna para a oferta de serviços                                                            | Tendências de mercado e concorrência                                                                                                                       |
| Estratégia de serviços                  | Ambroise e Pri-Allaz e Teyssier (2018); Reim, Sjodin e Parida (2019); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2020); Ulaga e Kowalkowski (2022).                                                                                                | Desenvolvimento de uma estratégia clara e objetiva para a oferta de serviços                                        | Mudanças nas necessidades dos clientes e na tecnologia                                                                                                     |
| Cadeia de suprimentos e logística       | Zhang e Banerji (2017); Ambroise e Pri-Allaz e Teyssier (2018); Reim, Sjodin e Parida (2019); Martin, Schroeder e Bigdeli (2019).                                                                                                 | Integração de fornecedores e gestão da logística para garantir a qualidade dos serviços                             | Dependência de fornecedores e instabilidade na cadeia de suprimentos                                                                                       |
| Habilidades em serviços                 | Alghisi e Saccani (2015); Ulaga e Kowalkowski (2022).                                                                                                                                                                             | Desenvolvimento de habilidades específicas para a oferta de serviços                                                | Escassez de mão de obra qualificada e concorrência por talentos                                                                                            |
| Soluções personalizadas                 | Neely (2008); Alghisi e Saccani (2015); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2020); Ulaga e Kowalkowski (2022).                                                                                                                              | Fortalecimento do relacionamento com os clientes para entender suas necessidades e oferecer serviços personalizados | Mudanças nas preferências e necessidades dos clientes                                                                                                      |
| Desempenho e retorno sobre investimento | Neely (2008); Alghisi e Saccani (2015); Benedettini, Neely e Swink (2015); Zhang e Banerji (2017); Benedettini, Swink e Neely (2017); Reim, Sjodin e Parida (2019).                                                               | Estabelecimento de métricas claras para avaliar o desempenho e retorno sobre investimento dos serviços oferecidos   | Investimentos em tecnologia e infraestrutura                                                                                                               |
| Riscos e incertezas                     | Neely (2008); Iriarte <i>et al.</i> (2019); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2019).                                                                                                                                                      | Gestão de riscos e incertezas associados à oferta de serviços                                                       | Mudanças na regulamentação e incertezas econômicas                                                                                                         |
| Inovação em serviços                    | Kowalkowski <i>et al.</i> (2015); Reim, Sjodin e Coreynen <i>et al.</i> (2018); Parida (2019); Favaretto <i>et al.</i> (2022).                                                                                                    | Criação de uma cultura voltada à inovação em serviços                                                               | Avanços na tecnologia e mudanças nas demandas dos clientes                                                                                                 |
| Gestão de projetos                      | Alghisi e Saccani (2015); Green, Davies e Ng (2017).                                                                                                                                                                              | Habilidade em gerenciar projetos complexos de serviços                                                              | Mudanças nas necessidades dos clientes e na tecnologia                                                                                                     |

Quadro 5 – Fatores internos e externos no processo de mudança organizacional

(conclusão)

| <b>Fatores</b>                 | <b>Autor</b>                                                                                                                                                                                                | <b>Internos</b>                                                                          | <b>Externos</b>                                                 |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Desenvolvimento de produtos    | Alghisi e Saccani (2015); Zhang e Banerji (2017); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2020).                                                                                                                          | Adaptação dos produtos existentes para incluir serviços                                  | Competitividade e demanda do mercado por serviços               |
| Precificação de serviços       | Kowalkowski <i>et al.</i> (2015); Nudurupati <i>et al.</i> (2016); Reim, Sjodin e Parida (2019).                                                                                                            | Identificação do valor dos serviços e precificação adequada                              | Concorrência e expectativas dos clientes                        |
| Comunicação e <i>marketing</i> | Baines, Lightfoot e Kay (2009); Reim, Sjodin e Parida (2019).                                                                                                                                               | Comunicação clara e efetiva da oferta de serviços aos clientes                           | Mudanças nas preferências e necessidades dos clientes           |
| Treinamento e desenvolvimento  | Baines, Lightfoot e Kay (2009); Reim, Sjodin e Parida (2019).                                                                                                                                               | Desenvolvimento de programas de treinamento para a equipe oferecer serviços de qualidade | Escassez de mão de obra qualificada e concorrência por talentos |
| Gestão de qualidade            | Kowalkowski <i>et al.</i> (2015); Reim, Sjodin e Parida (2019).                                                                                                                                             | Garantia de qualidade dos serviços oferecidos                                            | Mudanças nas preferências e necessidades dos clientes           |
| Gestão financeira              | Neely (2008); Alghisi e Saccani (2015); Benedettini, Neely e Swink (2015); Zhang e Banerji (2017); Benedettini, Swink e Neely (2017); Ambroise e Pri-Allaz e Teyssier (2018); Reim, Sjodin e Parida (2019). | Planejamento financeiro para a oferta de serviços                                        | Investimentos em tecnologia e infraestrutura                    |
| Gestão da cadeia de valor      | Alghisi e Saccani (2015); Green, Davies e Ng (2017), Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023); Chávez <i>et al.</i> (2023).                                                                                        | Identificação de oportunidades na cadeia de valor para oferecer serviços adicionais      | Mudanças nas necessidades dos clientes e na tecnologia          |

Fonte: elaborado pela autora com base na bibliografia consultada.

No Quadro 5 são apresentados 17 fatores contextuais (internos e externos) em relação ao processo de transição de uma empresa para a oferta de serviços. Esses fatores são considerados interrupções, que ocorrem no fornecimento produto–serviço e afetam o cumprimento dos objetivos em relação a custo, qualidade, entrega e flexibilidade (Li; Chen, 2019). Os autores afirmam que a capacidade de gerenciamento desses fatores, está relacionada à capacidade das organizações de reduzirem a ocorrência de falha e lidar com incertezas e flutuações associadas ao modelo de negócio.

Baines *et al.* (2020) destacam que os fatores internos estão diretamente ligados à: estrutura organizacional, cultura corporativa, poder e liderança, características políticas internas, direcionamentos estratégicos e nível de confiança. Com relação aos fatores externos, Benedettini, Neely e Swink (2015) relatam que as mudanças ambientais podem impactar na organização. Essas mudanças remetem às políticas externa, à economia, a aspectos sociais, à tecnologia, à indústria e aos regulamentos (Baines *et al.*, 2020).

Dessa forma, o processo de transição para servitização, envolve desafios gerenciais, uma vez que os serviços necessitam de princípios organizacionais, estruturais e novos processos (Oliva; Kallenberg, 2003). Os fabricantes enfrentam inconsistências internas entre a parte da estratégia de servitização e os arranjos organizacionais (Alghisi; Saccani, 2015; Nudurupati *et al.*, 2016; Zhang; Banerji, 2017; Reim; Sjodin; Parida, 2019) e externas, relacionadas com a parte tática e operacional (Dmitrijeva *et al.*, 2020).

A mudança de estratégia do negócio faz com que se altere o modo de encarar o produto, quando ocorre a mudança, ele deixa de ser simplesmente vendido, em alguns casos, a servitização faz com que as organizações realizem contratos de longo prazo, o que gera maiores riscos e incertezas no retorno (Neely, 2008; Prester; Peles, 2017). Para a elaboração do contrato, é necessário que o fabricante saiba precificar as ofertas e verificar se são economicamente viáveis (Nudurupati *et al.*, 2016; Reim; Sjodin; Parida, 2019). Todos esses fatores impactam diretamente no mercado, e geram incertezas no novo modelo de negócio, podendo ocasionar falta de demanda do mercado, conflitos com provedores de serviços já estabelecidos, novos concorrentes e problemas relacionados a ofertas de novos serviços (Neely, 2008; Iriarte *et al.*, 2019).

Com relação a estrutura organizacional, a literatura desta que essa mudança está associada a mudança na estrutura interna (Nudurupati *et al.*, 2016), pois envolve, mudança de mentalidade cultural da organização em conjunto com a mudança de mentalidade do cliente que são imprescindíveis ao processo de servitização, para que o cliente entenda melhor o valor da oferta (Alghisi; Saccani, 2015; Dahmani *et al.*, 2016; Yan *et al.*, 2019).

Alghisi e Saccani (2015) descrevem que ao acrescentar serviço ao modelo de negócio, aumenta a capacidade da rede de serviços para atender às expectativas dos clientes. Ainda segundo os autores, a adoção de métodos de *design* de serviços ajuda a lidar com aspectos como a personalização, o que favorece uma abordagem padronizada ou modular aos serviços. No entanto, o problema encontrado neste estágio é descobrir as necessidades não expressas dos clientes e projetar soluções de serviço de produto de uma maneira mais apropriada.

O modelo de negócio é considerado fundamental para a organização, pois engloba a lógica de negócios essenciais de como uma empresa elabora, desenvolve e fornece proposições de valor aos clientes (Kindström, 2010; Zhang; Banerji, 2017). A literatura atesta a necessidade de entender o real valor dos serviços e o quanto isso é vantajoso aos clientes e consumidores (Neely, 2008; Valtakoski, 2017). No entanto, essa tarefa não é fácil, mormente quando os colaboradores internos não têm a mesma perspectiva do cliente, podendo apresentar *design* inadequado de proposições de valor não alinhados aos interesses do cliente (Brax, 2005; Zhang; Banerji, 2017).

De modo geral, chama atenção a modificação do modelo de negócios nas empresas servitizadas, devido a diversas mudanças necessárias para integrar a estratégia de serviço ao sistema de produção (Kindström; Kowalkowski, 2014; Kowalkowski *et al.*, 2015), impactando nos recursos necessários na organização (Kindström; Kowalkowski, 2014; Wang; Zhao; Voss, 2016). Esses recursos, referem-se a parte: financeira e recursos humanos disponíveis, com habilidades e capacidades para desenvolver serviços inovadores (Hou; Neely, 2013; Luetjen; Tietze; Schultz, 2017). Confente, Buratti e Russo (2015) relatam que tais recursos utilizados pelas empresas estão ligados à parte de investimento dos serviços, considerados um problema para as organizações, por limitar a margem de lucro.

Outro ponto observado, são as interações entre os atores. Zhang e Banerji (2017) relatam que que essa interação é essencial para compreender principalmente as necessidades dos clientes. No entanto, a literatura registra que os fabricantes apresentaram dificuldade em estabelecer e manter a configuração integrada com as parcerias-chave (Martin; Schroeder; Bigdeli, 2019), devido ao elevado grau de cooperação necessária entre os fabricantes e seus fornecedores, clientes e intermediários (Confente; Buratti; Russo, 2015; Raddats *et al.*, 2019).

Essa cooperação envolve conhecimento, troca de informações, relação de transparência, ajustes mútuos e laços operacionais mais próximos (Martinez *et al.*, 2010). Uma boa interação facilita a comunicação e a venda de novos serviços, superando a resistência cultural ou organizacional (Alghisi; Saccani, 2015). Contudo, a falta desses recursos pode

dificultar a oportunidade de transmitir aos clientes o valor que os serviços geram para seus negócios (Gebauer; Fleisch; Friedli, 2005).

Em relação aos fatores estratégicos, os mesmos, estão relacionados ao ajuste da estratégia no que diz respeito ao amplo portfólio de serviços (Benedettini; Swink; Neely, 2017), com o objetivo de acrescentar um diferencial no produto. Produtos aliados aos serviços tendem a ser exclusivos, de difícil imitação para os concorrentes e valiosos para os clientes (Malleret, 2006). Contudo, algumas empresas servitizadas apresentaram dificuldade na entrega dos pacotes de componentes de conhecimentos e informação, não atendendo às expectativas nem às demandas dos clientes, causando falta de habilidade relacionada à inovação (Hou; Neely, 2013; Valtakoski, 2017).

### **2.2.1 Estágios para servitização**

Etapas ou estágios são comuns em modelos que descrevem a mudança organizacional (Baines *et al.*, 2020; Castka; Donovan; Sousa, 2024). Existem poucos estudos que descrevem de forma detalhada as jornadas dos serviços (Vendrell-Herrero *et al.*, 2014; Baines *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2021; Castka; Donovan; Sousa, 2024).

De acordo com Martinez *et al.* (2017) a transformação orientada a serviços, necessita uma reconfiguração de elementos fundamentais, que inclui a oferta de bens tangíveis–serviço, a organização e a rede de valor. Scott e Bruce (1987) desenvolvem um modelo de transformação e crescimento organizacional, em cinco etapas, que se baseia nos estágios clássicos do ciclo de vida do produto. Estes são: (i) início (que se concentra no desenvolvimento da ideia), (ii) sobrevivência (a mudança do mercado, aos concorrentes), (iii) crescimento (que se concentra em ganhar apoio), (iv) expansão (que se concentra em estruturas organizacionais) e (v) maturidade (que se concentra na estabilidade). Com o passar dos anos, surgiram novos estudos que apresentaram a servitização em etapas. O Quadro 6 apresenta alguns estudos que abordam a mudança organizacional e detalha o processo de transição.

Quadro 6 – Panorama das pesquisas sobre o processo de transição para serviços

(continua)

| Artigo                                                                                       | Autor                             | Objetivo do estudo                                                                                                                                                                           | Principais Contribuições                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Managing the transition from products to services.</i>                                    | Oliva e Kallenberg (2003)         | Analisar como as empresas podem gerenciar a transição de um modelo de negócios centrado em produtos para um modelo centrado em serviços.                                                     | Fornecer um modelo para gerenciar a transição de produtos para serviços. Os autores apresentam uma estrutura de quatro etapas que inclui a avaliação do ambiente competitivo, a definição de uma estratégia de serviços, a construção de capacidades organizacionais e a implementação de mudanças culturais. Os autores também discutem as implicações estratégicas e organizacionais da transição de produtos para serviços.                                                              |
| <i>Overcoming the service paradox in manufacturing companies</i>                             | Gebauer, Fleisch e Friedli (2005) | Analisar a relação entre a oferta de serviços e a satisfação do cliente em empresas de manufatura e identificar estratégias que possam ajudar as empresas a superarem o paradoxo do serviço. | Apresenta um modelo para superar o paradoxo do serviço em empresas de manufatura. Os autores propõem uma abordagem baseada em três elementos: a orientação para o cliente, a integração de serviços na estratégia de negócios e a construção de uma cultura de serviços.                                                                                                                                                                                                                    |
| <i>A manufacturer becoming service provider: challenges and a paradox</i>                    | Brax (2005)                       | Explorar os desafios e paradoxos enfrentados pelos fabricantes que estão fazendo a transição para o modelo de prestação de serviços                                                          | Identifica os principais desafios enfrentados pelas empresas, em relação ao processo de transição produto-serviço. Os autores destacam o paradoxo inerente à transição de fabricante para prestador de serviços. O estudo oferece sugestões práticas para gerenciar o paradoxo, incluindo a necessidade de desenvolver uma estratégia clara e consistente, que envolva as partes interessadas no processo de transição e garantir a continuidade das competências principais de fabricação. |
| <i>Challenges in transforming manufacturing organizations into product-service providers</i> | Martinez (2010)                   | Analisar os desafios enfrentados pelas organizações de manufatura ao se transformarem em provedores de produtos-serviços                                                                     | Identifica os principais desafios enfrentados pelas organizações de manufatura ao se transformarem em provedores de produtos-serviços e ainda, apresenta a importância de fatores como mudança de cultura organizacional, integração de serviços e produtos, gestão da cadeia de suprimentos, gestão de conhecimento e definição de modelos de negócios para a transformação bem-sucedida de organizações de manufatura em provedores de produtos-serviços.                                 |

Quadro 6 – Panorama das pesquisas sobre o processo de transição para serviços

(continua)

| Artigo                                                                                                                             | Autor                                 | Objetivo do estudo                                                                                                                            | Principais Contribuições                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Mastering the transition to product-service provision: Insights into business models, learning activities, and capabilities</i> | Parida <i>et al.</i> (2014)           | Fornecer <i>insights</i> sobre como as empresas podem dominar a transição de fornecedores de produtos para fornecedores de produtos-serviços. | Identifica as principais atividades de aprendizado envolvidas na transição de fornecedores de produtos para fornecedores de produtos-serviços, inclui a necessidade de aprender sobre as necessidades dos clientes, desenvolver novas habilidades e competências, e adaptar constantemente o modelo de negócios.                                                                                                                                                                                                                            |
| <i>Servitization as a driver for organizational change</i>                                                                         | Vendrell-Herrero <i>et al.</i> (2014) | Explorar o impacto da servitização na mudança organizacional e identificar as motivações que impulsionam esse processo de mudança.            | Identificado três fatores principais que impulsionam no contexto da servitização: intenção estratégica, estrutura organizacional e capacidade de prestação de serviços.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <i>Strategy map of servitization</i>                                                                                               | Rabetino, Kohtamäki e Gebauer (2017)  | Desenvolver uma estrutura conceitual para auxiliar na orientação as empresas na elaboração de estratégias de servitização.                    | Criam mapas estratégicos para explorar as principais práticas em vários estágios de transformação, capturando os esforços internos dos fabricantes, e destacam em quatro componentes principais que devem ser considerados pelas empresas que buscam agregar serviços aos seus produtos: proposição de valor ao cliente, sistema de entrega de serviços, recursos organizacionais e resultados financeiro.                                                                                                                                  |
| <i>Meta-model of servitization: the integrative profiling approach</i>                                                             | Brax e Visintin (2017)                | Desenvolver um meta-modelo que pudesse ser utilizado para analisar o processo de servitização de empresas manufatureiras.                     | Identificação de seis dimensões-chave que são críticas para o processo de servitização: estratégia, estrutura organizacional, relacionamento com o cliente, proposta de valor, entrega de serviço e inovação de serviço. Cada dimensão foi dividida em subdimensiones que foram usadas para desenvolver uma estrutura abrangente.                                                                                                                                                                                                           |
| <i>Exploring the journey to services</i>                                                                                           | Martinez <i>et al.</i> (2017)         | Entender as principais etapas dessa transição e identificar os principais desafios enfrentados pelas empresas.                                | Os autores identificaram seis etapas principais na jornada para serviços: compreensão da necessidade de mudança e a definição de uma estratégia clara para a transição, identificação de oportunidades de serviços e o desenvolvimento de novos serviços, criação de uma equipe dedicada à oferta de serviços, mudança na cultura organizacional para apoiar a oferta de serviços, mudança na estrutura organizacional para suportar a oferta de serviços e por último, é a implementação de tecnologias que suportam a oferta de serviços. |

Quadro 6 – Panorama das pesquisas sobre o processo de transição para serviços

(continua)

| Artigo                                                                                                                                          | Autor                                      | Objetivo do estudo                                                                                                                                                                                                  | Principais Contribuições                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Service transition: A viable option for manufacturing companies with deteriorating financial performance?</i>                                | Böhm, Eggert e Thiesbrummel (2017)         | Investigar se a transição de serviços é uma opção viável para empresas manufatureiras em relação desempenho financeiro                                                                                              | Destaca a transição de serviços pode ser uma estratégia bem-sucedida para empresas manufatureiras em dificuldades financeiras. O estudo conclui que as empresas que fizeram a transição para serviços tiveram um desempenho financeiro melhor do que as empresas que não fizeram a transição.                                                                                                                                                                                      |
| <i>Service implementation in manufacturing: an organizational transformation perspective</i>                                                    | Bustinza, Vendrell-Herrero e Baines (2017) | Investigar a implementação de serviços na manufatura a partir de uma perspectiva de transformação organizacional                                                                                                    | Identifica os fatores críticos para a implementação bem-sucedida de serviços na manufatura, como a necessidade de mudanças culturais e organizacionais significativas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <i>Service transitions of product-centric firms: an explorative study of service transition stages and barriers in Germany's energy market.</i> | Luetjen, Tietze e Schultz (2017)           | Investigar o processo de transições dos serviços e avaliar os estágios de transição de serviço por meio do tipo de oferta de serviço, inovação de serviço e a extensão dos recursos internos e externos investidos. | Identifica estágios de transição de serviços, que incluem a introdução de serviços, expansão de serviços, integração de serviços e a transformação para uma empresa de serviços. Ainda, destaca os principais desafios enfrentados pelas empresas durante a transição para serviços, que incluem a falta de conhecimento e experiência em serviços, a resistência interna à mudança, a falta de habilidades e recursos necessários e a falta de entendimento e demanda do mercado. |
| <i>Driver configurations for successful service infusion</i>                                                                                    | Forkmann et al (2017)                      | Analisar as direções (fatores impulsionadores) para a infusão bem-sucedida de serviço.                                                                                                                              | Identifica as configurações e direções para o sucesso da servitização. O estudo destaca a importância de fatores como liderança e cultura organizacional, envolvimento do cliente, capacidades organizacionais e ambiente de negócios para a infusão bem-sucedida de serviço.                                                                                                                                                                                                      |
| <i>Organizational change towards servitization: a theoretical framework</i>                                                                     | Ziaee Bigdeli et al. (2017)                | Desenvolver uma estrutura teórica que explique a mudança organizacional para a servitização.                                                                                                                        | Oferece um arcabouço teórico que explica a transformação organizacional necessária para implementar a servitização. A estrutura é composta por quatro dimensões: estratégia, estrutura, cultura e tecnologia.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <i>Framing the servitization transformation process: A model to understand and facilitate the servitization journey</i>                         | Baines et al. (2020)                       | Desenvolver um modelo para entender e facilitar o processo de transformação da servitização                                                                                                                         | Estrutura do modelo de transformação da servitização que os fabricantes passam para atingir a maturidade organizacional divididos em quatro estágios. Esses estágios são: conscientização e exploração, desenvolvimento, implementação e sustentação. Cada fase é acompanhada por um conjunto de atividades e desafios específicos, que as empresas devem abordar para avançar na jornada de servitização.                                                                         |



Quadro 6 – Panorama das pesquisas sobre o processo de transição para serviços

(conclusão)

| Artigo                                                                                                                   | Autor                          | Objetivo do estudo                                                                                             | Principais Contribuições                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Pathways of development of dynamic capabilities for servitization transformation: A longitudinal multi-case study</i> | Castka, Donovan e Sousa (2024) | Explorar os caminhos de desenvolvimento de capacidades dinâmicas no contexto da transformação da servitização. | Destaca a importância do desenvolvimento de capacidades de provisão de serviço antes das capacidades de reconfiguração para uma transformação de servitização bem-sucedida. Estabelece uma relação clara entre o desenvolvimento estruturado de capacidades dinâmicas e os resultados positivos da transformação de servitização. Fornece percepções sobre como as capacidades de reconfiguração apoiam e sustentam a transformação, possibilitando a adaptação e reconfiguração das capacidades. |

Fonte: elaborado pela autora com base na bibliografia consultada.

O Quadro 6 oferece uma perspectiva sobre a transição de empresas que adotaram a servitização. Nessa análise, foi possível observar pontos convergentes e divergências nas diversas pesquisas sobre o tema. Contudo, uma constatação unânime entre os estudos é a natureza complexa e multifacetada da mudança de um modelo centrado em produtos para um focado em serviços, que implica em transformações significativas na estrutura, cultura e operações das empresas.

A literatura consultada apresenta uma análise cronológica da evolução do entendimento sobre servitização. Os estudos iniciais concentraram-se nos desafios e estratégias básicas da transição para modelos de negócios baseados em serviços (Davies, 2004; Gebauer, Fleisch e Friedli, 2005; Machuca, González-Zamora e Aguilar-Escobar, 2007). Esses trabalhos estabeleceram as bases para um tema que, ao longo dos anos, demonstrou relevância crescente, conforme evidenciado pela sua recorrência em diversos artigos e periódicos especializados (Martinez *et al.*, 2017; Böhm, Eggert e Thiesbrummel, 2017; Bustinza, Vendrell-Herrero e Baines, 2017; Baines *et al.*, 2020).

No âmbito da transformação empresarial, a cultura organizacional emerge como um pilar crítico no processo de mudança para a servitização, conforme evidenciado por uma série de estudos de Dahmani *et al.* (2016), Zhang e Banerji (2017), Nudurupati *et al.* (2016), Ambroise, Pri-Allaz e Teyssier (2018), Yan *et al.* (2019), Dmitrijeva *et al.* (2020) e Xing, Liu e Davies (2023). Essa transição, no entanto, não se limita a uma alteração superficial, mas envolve uma reconfiguração profunda de elementos fundamentais, tais como a oferta de bens tangíveis e serviço, a estrutura organizacional e a rede de valor. Este processo multifásico, que se estende desde o desenvolvimento e implementação até a difusão, requer uma adaptação contínua e estruturada.

Conforme Martinez *et al.* (2017) destacam, essa transformação ocorre em várias fases, com ênfase especial nas etapas iniciais de desenvolvimento, implementação e difusão. Nesses momentos, como apontado por Lütjen *et al.* (2017), Oliva e Kallenberg (2003) e Baines e Lightfoot (2013), a servitização mantém relação com a maximização dos recursos e tecnologias já existentes. Por outro lado, Brax e Visintin (2017) descrevem uma progressão nos estágios de servitização, na qual identificaram seis dimensões-chave cruciais para o processo: estratégia, estrutura organizacional, relacionamento com o cliente, proposta de valor, entrega de serviço e inovação de serviço.

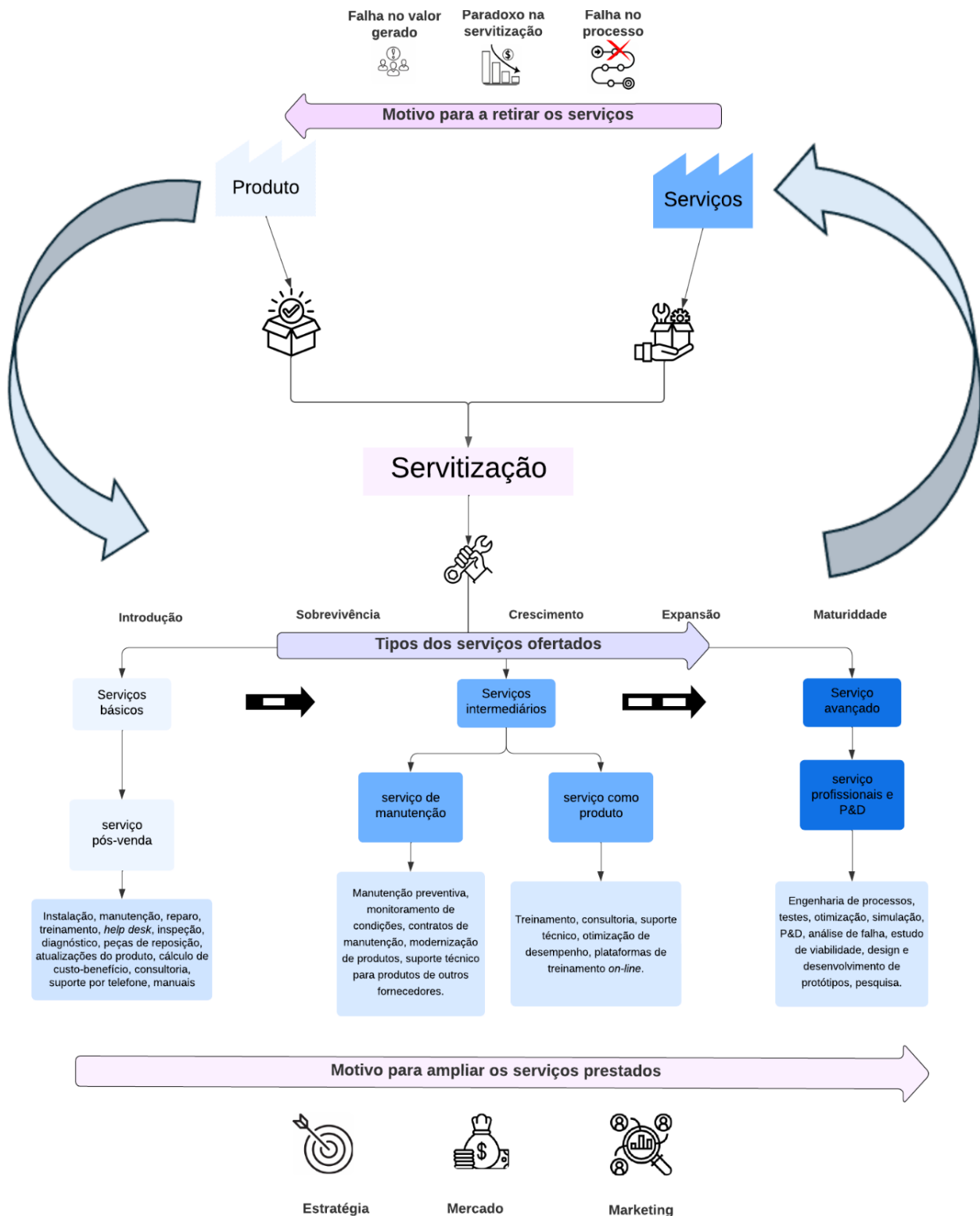
Esta perspectiva é reforçada por Rabetino, Kohtamäki e Gebauer (2017), que utilizam mapas estratégicos para investigar as práticas predominantes em várias etapas da

transformação, sublinhando a importância de componentes como a proposição de valor ao cliente, o sistema de entrega de serviços, os recursos organizacionais e os resultados financeiros.

Neste contexto de transformação contínua, reconhece-se que a servitização implica desafios e paradoxos notáveis, tais como a resistência interna à mudança e a necessidade de equilibrar a preservação de competências essenciais de fabricação com o desenvolvimento de novas habilidades no domínio dos serviços. Como Martinez *et al.* (2017), Lütjen *et al.* (2017) e Brax *et al.* (2021), enfatizam, é fundamental que as empresas desenvolvam novas capacidades, especialmente aquelas voltadas para a compreensão das necessidades dos clientes, a integração de bens tangíveis e serviços e a gestão de conhecimentos emergentes.

Pesquisas recentes ampliaram o escopo e mergulharam em aspectos complexos, como a jornada de servitização, a maturidade organizacional e as configurações específicas necessárias para o sucesso nesse processo. Esses avanços foram discutidos por Baines *et al.* (2020), Colm, Ordanini e Bornemann (2020), Battisti, Cauchick-Miguel e Sousa-Zomer (2023) e Castka, Donovan e Sousa (2024). Em harmonia com o levantamento realizado pela literatura sobre o processo de transformação, foi possível representar esse processo, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6 – Processo de mudança organizacional



Fonte: elaborado pela autora com base na bibliografia consultada.

A Figura 6 representa a transição de produtos para serviços e a necessidade de uma mudança de paradigmas dentro da organização, que vai além da simples adição de serviços ao

portfólio existente. Isso ecoa a ideia do texto de que a servitização é uma "reconfiguração profunda" que afeta o núcleo da empresa, incluindo sua oferta de produto-serviço e estrutura organizacional.

A imagem encapsula a ideia de que a servitização é um processo complexo e multifacetado que implica transformações significativas na estrutura, cultura e operações das empresas. Esta transformação é progressiva e requer adaptação contínua e estruturada. Battisti, Cauchick-Miguel e Souza-Zomer (2023) destacam que a implantação da servitização, pode ter sido motivada por com três conjuntos de fatores: estratégicos, financeiros e *marketing*, as empresas adicionaram serviços ao seu modelo de negócio como estratégia de se manterem competitivas no mercado. Contudo, o que se foi observado na literatura, é que a servitização enfrenta alguns problemas em relação ao paradoxo na servitização, a falta de valor na solução prestada ao cliente e dificuldade no processo (falta de padronização/falha no processo), ausência de mão de obra e mudança tecnológica, motivos esses que justificam esse estudo.

A servitização é representada pelas mudanças associadas em termos de oferta de serviços, que se alinham com o desenvolvimento de novas capacidades e a reestruturação organizacional. Isso está em harmonia com a literatura acadêmica que enfatiza a importância de uma transição bem-sucedida para modelos de negócios centrados em serviços, reconhecendo a necessidade de uma mudança cultural e estratégica dentro das organizações.

É importante reconhecer que o processo de mudança, frequentemente percebido como amplo e complexo, exige alterações organizacionais substanciais. Tais mudanças abrangem desde a reestruturação de processos operacionais até a incorporação de novas capacidades e plataformas (Martinez *et al.*, 2017; Lütjen *et al.*, 2017). Paralelamente, o processo de servitização apresenta desafios e paradoxos, conforme evidenciado em diversos estudos (Gebauer; Fleisch; Friedli, 2005; Brax, 2005; Kowalkowski *et al.*, 2015; Visnjic; Wiengarten; Neely, 2016; Kryvinska; Kaczor; Strauss, 2020; Kohtamäki; Einola; Rabetino, 2020; Tóth *et al.*, 2020; Dmitrijeva *et al.*, 2022). Entre esses desafios, destacam-se a resistência interna à mudança, a necessidade de preservar competências essenciais de fabricação ao mesmo tempo em que se desenvolvem novas habilidades no âmbito dos serviços e a adaptação contínua às flutuantes demandas do mercado.

Conforme reforçados pelos autores Martinez *et al.* (2017) e Lütjen *et al.* (2017), existe um entendimento comum de que as empresas precisam desenvolver novas capacidades e competências, particularmente em relação à compreensão das necessidades dos clientes, integração de bens tangíveis e serviços, e gestão de conhecimento emergentes que enriquecem a compreensão desse fenômeno.

Deste modo, a servitização configura-se como tema complexo e multifacetado que tem atraído atenção significativa da academia. As contribuições analisadas fornecem uma visão abrangente dos desafios, estratégias e benefícios associados à transição de modelos centrados em bens tangíveis para modelos centrados em serviços. Contudo, essa transição apresenta contradições, o que resulta na emergência de diversos paradoxos que permeiam o processo de servitização e exigem atenção especial para sua gestão eficaz.

### 2.3 PARADOXO NA SERVITIZAÇÃO

O paradoxo é uma figura de linguagem/pensamento, baseado em uma contradição que apresenta uma ideia coerente e fundamentada sobre uma verdade. Na servitização o termo é utilizado para descrever as dificuldades encontradas no processo de transição produto–serviço (Brax, 2005) ou os desafios de gerenciar modelos de negócios baseados em bens tangíveis e serviços em paralelo (Gebauer; Fleisch; Friedli, 2005).

A primeira vez que apareceu o termo "paradoxo do serviço" na literatura foi nos estudos de Gebauer, Fleisch e Friedli (2005) e Brax (2005). Um dos paradoxos, bastante abordado pela literatura, advém quando uma organização visa obter retornos financeiros com os serviços, e para isso, realiza investimentos significativos para a extensão do modelo de negócio, com intuito de aumentar a oferta de serviços. Porém, essa manobra, faz com que a empresa, aumente também seus custos, riscos e incerteza no retorno (Gebauer; Fleisch; Friedli, 2005; Brax, 2005; Visnjic; Wiengarten; Neely, 2016; Kryvinska; Kaczor; Strauss, 2020; Kohtamäki; Einola; Rabetino, 2020; Tóth *et al.*, 2020) o que gera tensões paradoxais.

Outras questões paradoxais também foram observadas. A prestação de serviço incorreta ou mal executada gera altos custos operacionais, e isso, impacta diretamente na receita da empresa (Visnjic *et al.* 2016; Kowalkowski *et al.*, 2017). Na visão de Kowalkowski *et al.* (2015), o paradoxo pode estar relacionado ao fornecimento de soluções customizadas por meio da eficácia dessa solução e eficiência na fabricação de produtos.

Mais recentemente, estudos abordaram as demandas concorrentes subjacentes à servitização e a gama de tensões paradoxais a que elas dão origem. Isso ilustrou a aplicabilidade da teoria a um contexto de servitização (Kohtamäki; Einola; Rabetino, 2020; Tóth *et al.*, 2020; Smania *et al.*, 2024). Nesse contexto, o estudo de Dmitrijeva *et al.* (2022), apresenta uma estrutura conceitual, baseada nas etapas de servitização destacadas por Baines *et al.* (2020) conforme a Figura 7.

Figura 7 – Estágios da servitização combinada com as tensões paradoxais

| ETAPAS DA SERVITIZAÇÃO                       |                                                                                              |                                           |  |                       |                                      |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--|-----------------------|--------------------------------------|
| Estágio 1                                    |                                                                                              | Estágio 2                                 |  | Estágio 3             | Estágio 4                            |
| Inserção a servitização                      |                                                                                              | Experimento e desenvolvimento de serviços |  | Inovação dos serviços | Otimização do portfólio dos serviços |
| Tensões relacionadas a demandas competitivas | Tensão 1: Explorar o conhecimento estabelecido e a construção de novos conhecimentos         |                                           |  |                       |                                      |
|                                              | Tensão 2: Entre a própria identidade e o grupo mais amplo                                    |                                           |  |                       |                                      |
|                                              | Tensão 3: Entre separar e integrar entidades dentro da estrutura e processos organizacionais |                                           |  |                       |                                      |
|                                              | Tensão 4: objetivos/metas de curto e longo prazo                                             |                                           |  |                       |                                      |

Fonte: adaptado de Dmitrijeva *et al.* (2022).

A Figura 7 destaca os estágios de servitização e as tensões paradoxais. Os autores abordam quatro tensões que os fabricantes enfrentam à medida que progridem e mudam seus modelos de negócios, a saber: (i) tensões relacionadas entre a exploração do conhecimento estabelecido e a construção de novos conhecimentos, (ii) tensão entre a própria identidade e o grupo mais amplo, (iii) tensões entre separar e integrar entidades dentro da estrutura e processos organizacionais e (iv) objetivos/metas de curto e longo prazo relacionados às tensões.

Visnjic, Neely e Jovanovic (2018) e Dmitrijeva *et al.* (2022) afirmam que essas questões decorrem por dois motivos. Primeiro, a empresa é responsável pelo resultado, o que a torna responsável pela imposição de penalidades se os resultados forem não atendidos. Em segundo lugar, a empresa delega um número crescente de atividades, das quais não tem conhecimento, para partes externas, e assim, transfere essa responsabilidade. Uma vez que os fabricantes precisam confiar na responsabilidade de outros atores, perde-se parte do controle sobre o sistema de atividades, o que pode ocasionar maiores riscos e gerar problemas na coordenação de atividades (Visnjic; Neely; Jovanovic, 2018).

Kohtamäki *et al.* (2020) destacam que o provedor de soluções deve efetivamente ter controle e conhecimento dessa personalização de soluções produto–serviço, para atender às necessidades do cliente, e para isso, deve manter a eficiência da produção e entrega de produtos personalizados. Os autores acrescentam que a solução é usada para gerar valor para o cliente, mas a personalização acaba sendo um obstáculo para fabricação e entrega do produto e serviço e isso gera tensões paradoxais.

Contudo, as reais causas relacionadas aos paradoxos na servitização ainda são bastante discutidas na literatura. A identificação dos paradoxos permite entender as dificuldades enfrentadas pelas organizações durante o processo de servitização (Prester; Peles, 2017; Kowalkowski; Gebauer; Oliva, 2017; Smania *et al.*, 2024). Nesse contexto, a integração da digitalização ao processo de servitização emerge como uma abordagem estratégica para superar esses desafios, marcando o início do que se denomina servitização digital, tema que será explorado na próxima seção.

## 2.4 SERVITIZAÇÃO DIGITAL

Nos últimos anos, a literatura passou a destacar a convergência entre servitização e digitalização, reconhecendo que o uso intensivo de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) é fundamental para compreender melhor as necessidades dos clientes, coletar dados e aprimorar a oferta de serviços (Sánchez-López *et al.*, 2018; Tronvoll *et al.*, 2020; Upadhayay *et al.*, 2024; Chávez *et al.*, 2024).

A literatura sobre servitização há tempos mencionava a importância crescente das tecnologias digitais como suporte às estratégias de serviços. Contudo, os artigos discutiram o assunto sem rotulá-lo explicitamente como servitização digital. O termo **Servitização Digital** passou a ser consolidado na literatura, sobretudo com os trabalhos de Coreynen, Matthyssens e Van Bockhaven (2017), Vendrell-Herrero *et al.* (2017a) e Cenamor, Sjödin e Parida (2017). Esses estudos mostraram que a digitalização altera significativamente o processo tradicional de servitização, criando rotas para que empresas avancem rapidamente rumo a modelos de negócio orientados a serviços.

Paschou *et al.* (2020) e Vendrell-Herrero *et al.* (2024) reforçam que a digitalização possibilitou o desenvolvimento de produtos inteligentes e serviços habilitados digitalmente, ampliando a diferenciação competitiva das empresas. Tronvoll *et al.* (2020) complementam que essa integração promove não apenas eficiência operacional, mas também novas formas de relacionamento e captura de valor, deslocando o foco de simples transações para vínculos de longo prazo com clientes. O Quadro 7 apresenta uma visão abrangente de 24 pesquisas realizadas entre 2017 e 2024, cada uma abordando diferentes aspectos e contextos da servitização digital.



Quadro 7 – Pesquisas que abordam a servitização digital

(continua)

| <b>Autores</b>                               | <b>Título</b>                                                                                                                                  | <b>Objetivo do estudo</b>                                                                                                                                                                                  | <b>Principais contribuições</b>                                                                                                                                                                                                     | <b>Revista</b>                                                         |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Coreynen, Matthyssens e Van Bockhaven (2017) | <i>Boosting servitization through digitization: Pathways and dynamic resource configurations for manufacturers</i>                             | Explorar como a digitalização pode transferir o processo de servitização em empresas fabricantes, identificando caminhos e recursos sonoros necessários para essa transformação.                           | Proposta pioneira dos caminhos estratégicos para servitização digital. Identificou configurações dinâmicas de recursos digitais ( <i>IoT</i> , plataformas digitais, produtos inteligentes).                                        | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Vendrell-Herrero et al. (2017)               | <i>Servitization, digitization and supply chain interdependency</i>                                                                            | Analisar como a influência da digitalização certamente a superação das barreiras tradicionais do processo de servitização, relacionadas ao acesso e gerenciamento de informações e eficiência operacional. | Demonstrou como as tecnologias digitais podem reduzir barreiras tradicionais da servitização. Apresentou a integração digital como estratégia-chave para melhorias operacionais e geração de valor adicional em cadeias produtivas. | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Cenamor, Sjödin e Parida (2017)              | <i>Adopting a platform approach in servitization: Leveraging the value of digitalization</i>                                                   | Examinar como a abordagem de plataforma pode ser adotada na servitização para alavancar o valor da digitalização.                                                                                          | Proposição de um <i>framework</i> para a adoção de plataformas digitais na servitização e destaque nos benefícios e desafios                                                                                                        | <i>International Journal of Production Economics</i>                   |
| Luetjen, Tietze e Schultz (2017)             | <i>Service transitions of product-centric firms: an explorative study of service transition stages and barriers in Germany's energy market</i> | Explorar as transições de serviço em empresas centradas em produtos no mercado de energia da Alemanha.                                                                                                     | Identificação das etapas de transição de serviço e barreiras enfrentadas por empresas centradas em produtos.                                                                                                                        | <i>International Journal of Production Economics</i>                   |
| Sánchez-López et al. (2018)                  | <i>Creating isolating mechanisms through digital servitization: The case of Covirán</i>                                                        | Investigar as estratégias de mudança necessárias para a implementação bem-sucedida da servitização digital, com foco nas implicações estratégicas e operacionais.                                          | Desenvolvimento de um <i>framework</i> para guiar as empresas na transição para a servitização digital e enfatizou a importância da flexibilidade e da inovação contínua.                                                           | <i>Strategic Change</i>                                                |
| Lenka et al. (2018)                          | <i>Towards a multi-level servitization framework: Conceptualizing ambivalence in manufacturing firms</i>                                       | Conceituar a ambivalência na servitização em empresas de manufatura por meio de um <i>framework</i> multinível.                                                                                            | Desenvolvimento de um <i>framework</i> que aborda diferentes níveis de ambivalência na servitização e suas implicações.                                                                                                             | <i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i> |
| Zheng et al. (2018)                          | <i>A systematic design approach for service innovation of smart product-service systems.</i>                                                   | Propor uma abordagem sistemática de <i>design</i> para inovação de serviços em sistemas de produtos inteligentes.                                                                                          | Desenvolvimento de uma metodologia de <i>design</i> para inovação de serviços, focada em sistemas de produtos inteligentes.                                                                                                         | <i>Journal of Cleaner Production</i>                                   |

Quadro 7 – Pesquisas que abordam a servitização digital

(continua)

| <b>Autores</b>                 | <b>Título</b>                                                                                                                              | <b>Objetivo do estudo</b>                                                                                                                                                        | <b>Principais contribuições</b>                                                                                                                        | <b>Revista</b>                                        |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Coreynen <i>et al.</i> (2018)  | <i>Internal levers for servitization: how product-oriented manufacturers can upscale product-service systems.</i>                          | Investigar as alavancas internas que fabricantes orientados a produtos podem usar para expandir sistemas de produtos-serviços.                                                   | Identificação de alavancas internas que facilitam a expansão da servitização em fabricantes de produtos.                                               | <i>International Journal of Production Research</i>   |
| Cui <i>et al.</i> (2019)       | <i>Causal or effectual? Dynamics of decision-making logics in servitization</i>                                                            | Examinar as dinâmicas das lógicas de tomada de decisão na servitização, seja como causa ou efeito.                                                                               | Identificação das dinâmicas de tomada de decisão e suas implicações para a implementação da servitização.                                              | <i>Industrial Marketing Management</i>                |
| Frank <i>et al.</i> (2019)     | <i>Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective.</i> | Explorar a convergência entre servitização e Indústria 4.0 na transformação digital de empresas de produtos.                                                                     | Proposição de inovações no modelo de negócios que integram servitização e tecnologias da Indústria 4.0.                                                | <i>Technological Forecasting and Social Change</i>    |
| Ruiz-Alba <i>et al.</i> (2019) | <i>Servitization strategies from customers' perspective: the moderating role of co-creation.</i>                                           | Investigar as estratégias de servitização do ponto de vista dos clientes e o papel moderador da cocriação.                                                                       | Identificação das estratégias de servitização eficazes e como a cocriação influencia essas estratégias.                                                | <i>Journal of Business &amp; Industrial Marketing</i> |
| Parida, Sjödin e Reim (2019)   | <i>Reviewing literature on digitalization, business model innovation, and sustainable industry: Past achievements and future promises.</i> | Revisar a literatura sobre digitalização, inovação em modelos de negócios e indústria sustentável.                                                                               | Síntese das realizações passadas e promessas futuras na interseção da digitalização e sustentabilidade industrial.                                     | <i>Sustainability</i>                                 |
| Tronvoll <i>et al.</i> (2020)  | <i>Transformational shifts through digital servitization</i>                                                                               | Examinar as mudanças transformacionais que sustentam a servitização digital, focando nas alterações estratégicas organizacionais necessárias para o sucesso desta transformação. | Identificação de três mudanças interconectadas essenciais: de planejamento para descoberta, de escassez para abundância e de hierarquia para parceria. | <i>Industrial Marketing Management</i>                |
| Paschou <i>et al.</i> (2020)   | <i>Digital servitization in manufacturing: A systematic literature review and research agenda.</i>                                         | Revisar sistematicamente a literatura sobre servitização digital na manufatura e propor uma agenda de pesquisa.                                                                  | Identificação das principais áreas de pesquisa e lacunas na servitização digital                                                                       | <i>Industrial Marketing Management</i>                |

Quadro 7 – Pesquisas que abordam a servitização digital

(continua)

| <b>Autores</b>                    | <b>Título</b>                                                                                                                                                       | <b>Objetivo do estudo</b>                                                                                                                                | <b>Principais contribuições</b>                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Revista</b>                                         |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Sjödin <i>et al.</i> (2020)       | <i>An agile co-creation process for digital servitization: A micro-service innovation approach.</i>                                                                 | Propor um processo ágil de cocriação para servitização digital, utilizando uma abordagem de inovação em micro serviços.                                  | Desenvolvimento de um processo ágil de cocriação que facilita a inovação em servitização digital.                                                                                                                                                                                          | <i>Journal of Business Research</i>                    |
| Eggert <i>et al.</i> (2022)       | <i>Understanding intra- and interorganizational paradoxes inhibiting data access in digital servitization.</i>                                                      | Entender os paradoxos intra e inter organizacionais que inibem o acesso a dados na servitização digital.                                                 | Identificação dos paradoxos que dificultam o acesso a dados e proposição de estratégias para superá-los.                                                                                                                                                                                   | <i>Industrial Marketing Management</i>                 |
| Tóth <i>et al.</i> (2022)         | <i>Tensions in digital servitization through a paradox lens. Industrial Marketing Management, 2022.</i>                                                             | Investigar as tensões que surgem na servitização digital por meio da lente dos paradoxos.                                                                | Discussão aprofundada sobre os paradoxos organizacionais e suas implicações para a servitização digital das tensões dinâmicas e paradoxais que podem dificultar a transformação digital dos serviços, ajudando as organizações a reconhecerem e gerenciar essas tensões de maneira eficaz. | <i>Advanced Services for Sustainability and Growth</i> |
| Favoretto <i>et al.</i> (2022)    | <i>From servitization to digital servitization: How digitalization transforms companies' transition towards services.</i>                                           | Investigar como a digitalização transforma a transição de empresas para serviços na servitização digital.                                                | Identificação dos impactos da digitalização na transição para a servitização e as mudanças organizacionais necessárias.                                                                                                                                                                    | <i>Industrial Marketing Management</i>                 |
| Shen, Sun e Parida (2023)         | <i>Consolidating digital servitization research: A systematic review, integrative framework, and future research directions.</i>                                    | Revisar sistematicamente a pesquisa sobre servitização digital, propondo um <i>framework</i> integrativo e direções para futuras pesquisas               | Proposição de um <i>framework</i> integrativo e identificação de áreas promissoras para futuras pesquisas em servitização digital.                                                                                                                                                         | <i>Technological Forecasting and Social Change</i>     |
| Chávez <i>et al.</i> (2023)       | <i>Analyzing the risks of digital servitization in the machine tool industry.</i>                                                                                   | Analisar os riscos da servitização digital na indústria de máquinas-ferramenta.                                                                          | Identificação dos principais riscos associados à servitização digital e proposição de estratégias para mitigá-los.                                                                                                                                                                         | <i>Robotics and Computer-Integrated Manufacturing</i>  |
| Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023) | <i>Moving from servitization to digital servitization: Identifying the required dynamic capabilities and related microfoundations to facilitate the transition.</i> | Identificar as capacidades dinâmicas necessárias e micro fundamentos relacionados para facilitar a transição da servitização para a servitização digital | Proposição de capacidades dinâmicas e micro fundamentos que suportam a transição eficaz para a servitização digital                                                                                                                                                                        | <i>Journal of Business Research</i>                    |

Quadro 7 – Pesquisas que abordam a servitização digital (conclusão)

| Autores                        | Título                                                                                                                | Objetivo do estudo                                                                                                                    | Principais contribuições                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Revista                                              |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Upadhayay et al. (2024)        | <i>Blazing the trail: The role of digital and green servitization on technological innovation</i>                     | Investigar o papel da servitização digital e verde na inovação tecnológica.                                                           | Identificação de práticas e sequências específicas para a integração mais eficiente entre transformação digital e servitização, visando otimizar o desempenho organizacional.                                                                                                                                                                                                                                            | <i>Technovation</i>                                  |
| Vendrell-Herrero et al. (2024) | <i>The order of the factors matters: How digital transformation and servitization integrate more efficiently</i>      | Investigar como a ordem de implementação da transformação digital e da servitização afeta a integração e o desempenho organizacional. | O estudo destaca que a ordem de implementação impacta a eficiência e o sucesso. A transformação digital inicial facilita a subsequente servitização e cria uma base tecnológica robusta. Isso permite o desenvolvimento de novos modelos de negócios, aumentando a competitividade. Evidências mostram que uma sequência planejada melhora resultados empresariais, como satisfação do cliente e eficiência operacional. | <i>International Journal of Production Economics</i> |
| Chávez et al. (2024)           | <i>Advancing sustainability through digital servitization: An exploratory study in the maritime shipping industry</i> | Explorar como a servitização digital pode promover a sustentabilidade na indústria de transporte marítimo.                            | Demonstrou que a integração de tecnologias digitais e servitização pode resultar em práticas mais sustentáveis, reduzindo emissões e otimizando o uso de recursos.                                                                                                                                                                                                                                                       | <i>Journal of Cleaner Production</i>                 |

Fonte: elaborado com base na busca bibliográfica.

O Quadro 7 apresenta 24 estudos sobre servitização e servitização digital, realizados entre os anos de 2017 a 2024. Cada estudo foca em diferentes aspectos e contextos. Ao analisar o conteúdo, foi possível identificar cinco temáticas principais: *frameworks* e modelos, barreiras e desafios, transformação digital e Indústria 4.0, sustentabilidade e inovação, e capacidades dinâmicas.

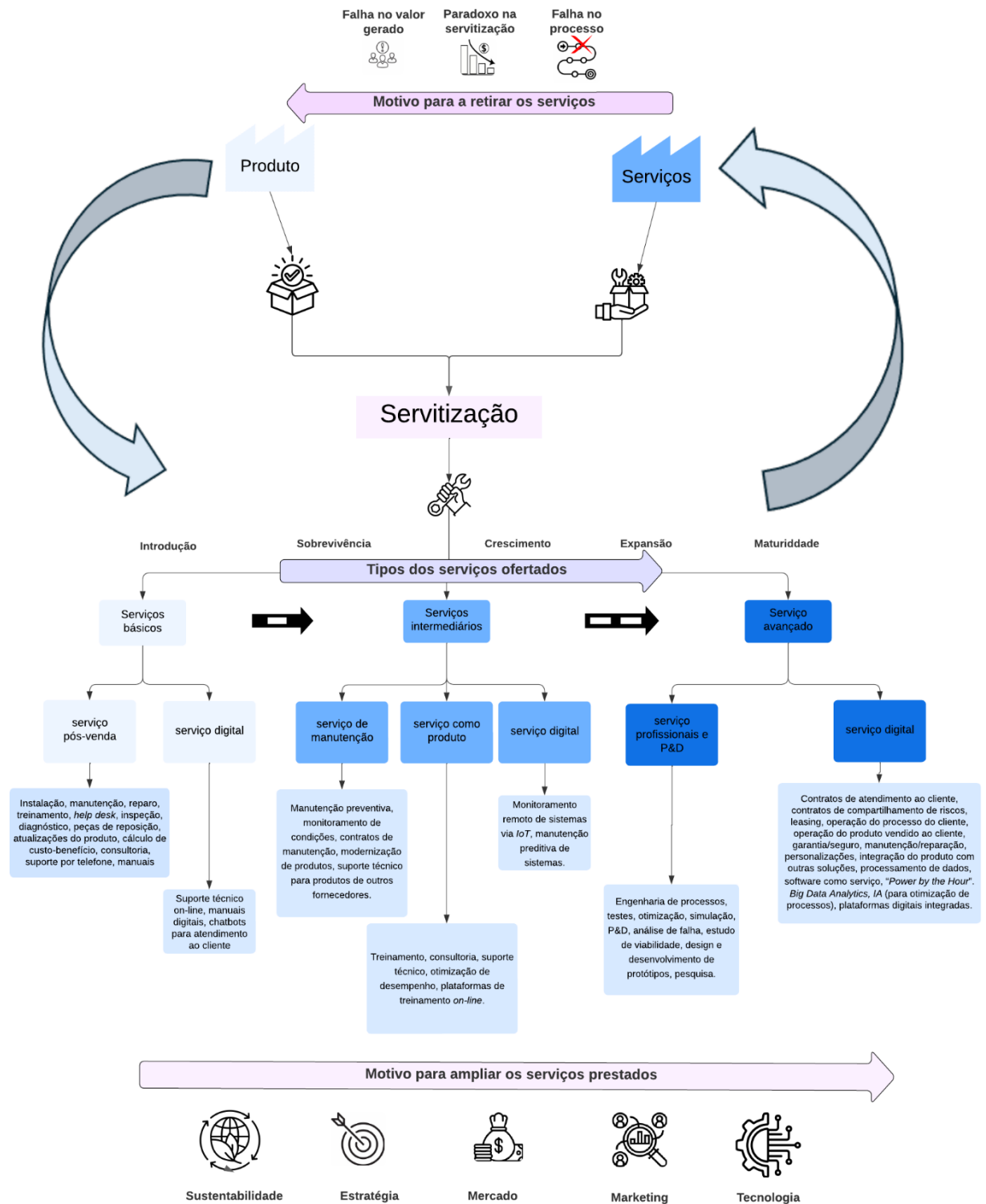
Estudos como os de Cusumano, Kahl e Suárez (2014), Böhm; Eggert; Thiesbrummel (2017) e Visnjic, Neely e Jovanovic (2018) exploram o impacto das fases do ciclo de vida dos setores do mercado sobre as ofertas de serviços, destacando como a evolução da maturidade do setor influencia a adesão e a estabilidade das novas tecnologias. Estas fases vão desde a introdução, onde a incerteza tecnológica predomina, até a maturidade, onde a empresa transita para a oferta de soluções completas, enfrentando um ambiente de crescente competição por preço e saturação do mercado.

Visnjic, Neely e Jovanovic (2018) adicionam uma camada adicional de complexidade ao caracterizar o mercado em termos de competição, intensidade de pesquisa e desenvolvimento, e ciclicidade. Essas características moldam a oferta de serviços e demandam das empresas uma capacidade de resposta rápida e estratégica para se adaptarem às mudanças contínuas.

Nas pesquisas de Cenamor, Sjödin e Parida (2017), Sánchez-López *et al.* (2018) e Lenka *et al.* (2018), são desenvolvidos *frameworks* para guiar a transição para a servitização digital. Essas pesquisas destacam a importância de uma abordagem estruturada e flexível. Os *frameworks* são considerados essenciais para empresas que buscam estruturar a jornada de servitização de maneira eficiente e eficaz, fornecendo diretrizes claras sobre como integrar serviços em seus modelos de negócio.

Além dos *frameworks*, estudos como os de Luetjen, Tietze e Schultz (2017) e Eggert *et al.* (2022) abordam estratégias para superar barreiras específicas tais como: resistência a mudança, falta de capacitação, integração de sistemas, custos elevados, paradoxos de acesso a dados e complexidade organizacional. Essas barreiras são frequentemente encontradas durante a transição para a servitização digital e compreendê-las pode auxiliar as empresas a desenvolverem soluções proativas. A Figura 8 ilustra a integração dos serviços digitais em todas as fases do ciclo de vida dos bens tangíveis e serviços. Essa integração permite uma abordagem mais holística e eficiente, expandindo os motivos para ampliar os serviços, incluindo sustentabilidade e tecnologia, além de estratégia, mercado e *marketing*.

Figura 8 – Integração dos serviços digitais



Fonte: elaborado pela autora com base na bibliografia consultada.

A Figura 8 segue a mesma estrutura geral da Figura 6, contudo, faz a inserção de serviços digitais em todas as fases do ciclo de vida. É possível observar que, com a inserção

dos serviços digitais, há uma expansão dos motivos para adicionar serviços, o que inclui a sustentabilidade e tecnologia, além de estratégia, mercado e marketing conforme mencionado anteriormente.

A transformação digital e a Indústria 4.0 são temas centrais discutidos por Frank *et al.* (2019) e Vendrell-Herrero *et al.* (2024), que exploram a convergência de tecnologias digitais com a servitização. Eles destacam a necessidade de uma base tecnológica robusta para facilitar essa transformação. A integração de tecnologias avançadas, como Internet das Coisas (*IoT*) e inteligência artificial, permite às empresas oferecerem serviços personalizados e eficientes, aumentando sua competitividade no mercado.

Chávez *et al.* (2024) trazem uma perspectiva de sustentabilidade, mostrando que a integração de servitização digital pode resultar em práticas sustentáveis. A utilização de tecnologias digitais não apenas otimiza processos, mas também, contribui para a redução de emissões de gases de efeito estufa, que são prejudiciais ao meio ambiente. O uso de forma eficiente dos recursos, promove uma abordagem que está sendo chamada na literatura de “verde e sustentável” para os negócios.

Por fim, a inovação e as capacidades dinâmicas são enfatizadas por Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023) e Upadhayay *et al.* (2024) que destacam a importância de capacidades dinâmicas e inovação contínua para sustentar a servitização digital. A capacidade de inovar constantemente e adaptar-se às mudanças do mercado é crucial para as empresas que desejam manter-se competitivas e aproveitar plenamente as oportunidades oferecidas pela servitização digital. Essas capacidades incluem a habilidade de desenvolver novos serviços rapidamente e de integrar *feedback* dos clientes de maneira eficaz.

Esta análise fornece um panorama detalhado para a continuidade da pesquisa e aplicação prática em empresas que buscam vantagem competitiva por meio da servitização para a servitização digital. O estudo visa orientar empresas e pesquisadores na compreensão e superação dos desafios, promovendo uma transição bem-sucedida para a servitização digital. Nesse contexto, é fundamental aprofundar-se nos desafios específicos enfrentados durante a implementação da servitização digital.

#### **2.4.1 Desafios na servitização digital**

A servitização digital está se destacando como uma tendência transformadora, motivada pela convergência das tecnologias digitais e pela necessidade de oferecer mais valor aos clientes (Favoretto *et al.*, 2022). A servitização digital envolve serviços, utilizando

tecnologias digitais como habilitadoras dessa mudança. Tecnologias *IoT*, *IA*, *Big Data*, e a computação em nuvem (Shen; Sun; Parida, 2023) desempenham papéis fundamentais nesse processo. Ainda segundo os autores, a integração dessas tecnologias em operações tradicionais requer uma reconfiguração substancial dos processos empresariais, das estruturas organizacionais e da cultura corporativa

Assim como o processo de servitização, como mencionado anteriormente, a servitização digital, enfrenta desafios significativos. Diversas pesquisas exploraram esses desafios, conforme apresenta o Quadro 8.

Quadro 8 – Desafios na servitização digital

| Desafio                                      | Descrição                                                                                                    | Referências                                                                                                                   |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Integração de tecnologias digitais           | Incorporar tecnologias digitais avançadas (como: <i>IoT</i> , <i>Big Data</i> ) nas operações tradicionais.  | Opresnik e Taisch (2015); Cenamor, Sjödin e Parida (2017); Rymaszewska, Helo e Gunasekaran (2017); Shen, Sun e Parida (2023). |
| Mudança Organizacional                       | Necessidade de transformação cultural e estrutural dentro da organização para adotar a servitização digital. | Parida, Sjödin e Reim (2019); Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023)                                                               |
| Gerenciamento de dados e informações         | Coleta, armazenamento e análise eficiente de grandes volumes de dados gerados pelos serviços digitalizados.  | Frank <i>et al.</i> (2019); Chávez <i>et al.</i> (2023)                                                                       |
| Desenvolvimento de novos modelos de negócios | Criar modelo de negócio que integram bens tangíveis e serviços de forma sustentável e rentável.              | Coreynen <i>et al.</i> (2018); Paschou <i>et al.</i> (2020)                                                                   |
| Capacitação e treinamento                    | Formação e desenvolvimento contínuo dos funcionários para lidar com as novas tecnologias e processos.        | Luetjen, Tietze e Schultz (2017); Sjödin <i>et al.</i> (2020)                                                                 |
| Resistência à mudança                        | Superar a resistência interna e externa às mudanças necessárias para a servitização digital.                 | Cui <i>et al.</i> (2019); Favoretto <i>et al.</i> (2022)                                                                      |
| Segurança e privacidade                      | Garantir a segurança cibernética e a privacidade dos dados dos clientes.                                     | Parida, Sjödin e Reim (2019); Shen, Sun e Parida (2023).                                                                      |
| Alinhamento entre tecnologia e estratégia    | Sincronizar a estratégia de servitização com as capacidades tecnológicas da empresa.                         | Cenamor, Sjödin e Parida (2017); Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023)                                                            |

Fonte: elaborado com base na busca bibliográfica.

O Quadro 8 apresenta oito desafios encontrados na servitização digital. Cenamor, Sjödin e Parida (2017) destacam a importância dessas tecnologias na criação de serviços inteligentes que podem otimizar o desempenho dos sistemas. Os autores destacam que o sucesso na servitização depende de uma integração harmoniosa entre a estratégia empresarial e as tecnologias disponíveis. Shen, Sun e Parida (2023) complementam essa visão ao mostrar que a adoção de tecnologias digitais não só melhora a eficiência operacional, mas também cria oportunidades de negócios por meio da análise de dados e monitoramento remoto.



Além da análise individualiza dos desafios observada na literatura, foi possível identificar a interseção significativa entre os desafios gerais da servitização e os específicos da servitização digital. A resistência à mudança é um obstáculo central. Portanto, qualquer estratégia de servitização deve priorizar a gestão da mudança e a criação de uma cultura organizacional receptiva. Parida, Sjödin e Reim (2019) argumentam que essa transformação envolve a reconfiguração dos processos internos e a adoção de uma mentalidade voltada para serviços.

Corroborando, Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023) apontam que a resistência interna às mudanças é um obstáculo significativo, exigindo um compromisso da liderança para promover a mudança organizacional necessária. Cui *et al.* (2019) argumentam que a resistência à mudança pode ser mitigada por meio de uma comunicação clara e envolvimento ativo de todas as partes interessadas. Favoretto *et al.* (2022) destacam a importância de criar uma cultura organizacional que valorize a inovação e a adaptabilidade.

Outro ponto comum identificado é a capacitação e treinamento. A necessidade contínua de capacitação dos colaboradores para lidar com novas tecnologias e processos é essencial. Isso sublinha a importância de investir em programas de treinamento e desenvolvimento profissional para facilitar a transição para a servitização. Luetjen, Tietze e Schultz (2017) defendem que programas de capacitação devem ser implementados para desenvolver as habilidades necessárias. Sjödin *et al.* (2020) reforçam que o treinamento contínuo é essencial para garantir que os colaboradores estejam atualizados com as últimas inovações tecnológicas e práticas de mercado.

Paralelamente, a incorporação de tecnologias avançadas como *IoT*, *Big Data* e *IA* é crucial para a servitização digital. A eficiência no gerenciamento de dados é vital para o sucesso dos serviços digitalizados. Frank *et al.* (2019) afirmam que a coleta, armazenamento e análise de dados são essenciais para proporcionar *insights* valiosos que podem ser usados para melhorar os serviços oferecidos. Chávez *et al.* (2023) acrescentam que a capacidade de gerenciar e utilizar esses dados de maneira eficiente é um diferencial competitivo importante no mercado de energia solar.

Associado a isso, está a segurança e privacidade. Garantir a segurança cibernética e a privacidade dos dados dos clientes é uma preocupação crescente. Parida, Sjödin e Reim (2019) apontam que a proteção de dados é crítica para manter a confiança dos clientes e evitar perdas financeiras. Shen, Sun e Parida (2023) sugerem que investimentos em tecnologias de segurança e políticas de privacidade robustas são essenciais para enfrentar esse desafio.

Além da questão da segurança, a criação de modelos de negócios sustentáveis e rentáveis que integrem bens tangíveis e serviços é outro desafio comum. Coreynen *et al.* (2018) destacam que a chave para o sucesso está em desenvolver propostas de valor que combinem bens tangíveis e serviços de maneira sinérgica, proporcionando soluções completas e personalizadas que atendam às necessidades específicas dos clientes. Os autores argumentam que, ao oferecer pacotes integrados, as empresas podem diferenciar-se da concorrência e criar um valor percebido mais elevado para os clientes, aumentando sua lealdade e satisfação.

Paschou *et al.* (2020) reforçam a importância de modelos de negócios que não apenas integrem bens tangíveis e serviços, mas que também sejam flexíveis e adaptáveis às mudanças do mercado. Eles apontam que a capacidade de ajustar rapidamente as ofertas e estratégias em resposta a novas demandas e condições de mercado é crucial para manter a competitividade. Além disso, enfatizam que essa flexibilidade permite que as empresas experimentem e inovem continuamente, encontrando novas oportunidades de crescimento e melhorando sua resiliência em um ambiente de negócios dinâmico.

A gestão e integração dos *stakeholders* também é um desafio destacado. A baixa integração entre clientes e fornecedores impede o sucesso da servitização. Segundo Gebauer *et al.* (2010), a coordenação eficaz entre diferentes *stakeholders* é fundamental para implementar estratégias de servitização que proporcionem valor contínuo e atendam às expectativas dos clientes de forma mais eficiente. Melhorar a comunicação e a colaboração entre todas as partes interessadas é essencial para o desenvolvimento de uma servitização eficaz.

Em suma, a servitização digital representa uma oportunidade significativa para as empresas se diferenciarem e se tornarem mais competitivas. Contudo, para realizar esse potencial, elas devem enfrentar e superar uma série de desafios complexos, que vão desde a transformação organizacional até a integração tecnológica. A habilidade de navegar por esses desafios determinará o sucesso na adoção da servitização digital.

Dando continuidade a esta discussão, é importante explorar o conceito de paradoxo na servitização digital. Embora a servitização ofereça inúmeros benefícios, ela também apresenta paradoxos que podem complicar sua implementação e sucesso. Estes paradoxos envolvem a coexistência de forças opostas e a necessidade de equilibrar demandas conflitantes, o que requer uma abordagem estratégica e cuidadosa por parte das empresas. À luz disso, o próximo ponto a ser discutido será o paradoxo na servitização digital, o que irá detalhar as suas complexidades e implicações.

### 2.4.2 Paradoxo na servitização digital

O estudo dos paradoxos enfrentados pelas empresas no contexto da servitização digital revela as complexidades inerentes à integração de tecnologias digitais em modelos de negócios baseados em serviços. Esses paradoxos (conforme descritos no Quadro 9), destacam os desafios multifacetados que as organizações encontram, desde a necessidade de flexibilidade organizacional até os dilemas de segurança e conformidade (Favoretto *et al.*, 2022; Lenka *et al.*, 2018). A análise desses paradoxos é essencial para entender as tensões inerentes ao processo de transformação digital e para ajudar as empresas a desenvolverem estratégias eficazes de mitigação (Gebauer, Fleisch e Friedli, 2005; Brax, 2005).

A compreensão desses paradoxos proporciona uma visão abrangente das dificuldades que podem surgir durante a implementação de tecnologias digitais. Explorar essas dimensões com: eficiência *versus* flexibilidade, inovação *versus* padronização e autonomia *versus* controle, sintetiza as principais tensões identificadas na literatura. Esses *insights* são fundamentais para que gestores e pesquisadores possam antecipar problemas potenciais e formular abordagens que equilibrem as demandas concorrentes da digitalização e da servitização (Kohtamäki; Einola; Rabetino, 2020; Tóth *et al.*, 2020; Smania *et al.*, 2024).

Quadro 9 – Paradoxo na servitização digital

(continua)

| Paradoxo digital                                    | Descrição                                                                                                             | Autores                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eficiência <i>versus</i> Flexibilidade              | A digitalização aumenta a eficiência operacional, mas exige maior flexibilidade organizacional para adaptação.        | Cenamora, Sjödin e Parida (2017); Lenka <i>et al.</i> (2018); Sánchez-López <i>et al.</i> (2018); Favoretto <i>et al.</i> (2022); Vom Scheidt e Staudt (2024).                             |
| Inovação <i>versus</i> Padronização                 | Empresas precisam inovar continuamente enquanto padronizam processos para consistência e escalabilidade.              | Zheng <i>et al.</i> (2018); Kohtamäki, Einola e Rabetino (2020).                                                                                                                           |
| Autonomia <i>versus</i> Controle                    | Ferramentas digitais empoderam decisões autônomas, mas exigem controle rigoroso para segurança e conformidade.        | Shen <i>et al.</i> (2023).                                                                                                                                                                 |
| Investimento <i>versus</i> Retorno                  | Investimentos em tecnologias digitais são essenciais, mas os retornos podem ser incertos e demorados.                 | Bustinza, Vendrell-Herrero e Baines (2017); Coreynen <i>et al.</i> (2018); Lyu <i>et al.</i> (2023); Upadhyay <i>et al.</i> (2024); Behl <i>et al.</i> (2024); Kumar <i>et al.</i> (2024). |
| Personalização <i>versus</i> Escalabilidade         | Oferecer serviços personalizados dificulta a escalabilidade das operações devido à necessidade de ajustes contínuos.  | Cenamora, Sjödin e Parida (2017)                                                                                                                                                           |
| Transparência <i>versus</i> Privacidade             | Necessidade de transparência para melhorar confiança, mas aumenta riscos de segurança ao expor informações sensíveis. | Ardolino <i>et al.</i> (2018); Parida, Sjödin e Reim (2019); Frank <i>et al.</i> (2019); Shen, Sun e Parida (2023).                                                                        |
| Controle centralizado <i>versus</i> descentralizado | Tecnologias digitais facilitam controle centralizado, mas exigem descentralização para agilidade.                     | Eggert <i>et al.</i> (2022); Tóth <i>et al.</i> (2022).                                                                                                                                    |

## Quadro 9 – Paradoxo na servitização digital

(conclusão)

| Paradoxo digital                             | Descrição                                                                                                                      | Autores                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sustentabilidade <i>versus</i> Rentabilidade | Iniciativas de servitização digital buscam sustentabilidade, mas podem aumentar custos e reduzir rentabilidade no curto prazo. | Sklyar <i>et al.</i> (2019); Kohtamäki <i>et al.</i> (2019); Paschou <i>et al.</i> (2020); Lyu <i>et al.</i> (2023); Upadhayay <i>et al.</i> (2024); Lv e Chen (2024); Chávez <i>et al.</i> (2024). |
| Agilidade <i>versus</i> Estabilidade         | Digitalização exige agilidade para mudanças rápidas, mas compromete estabilidade operacional e consistência.                   | Ruiz-Alba <i>et al.</i> (2019).                                                                                                                                                                     |

Fonte: elaborado com base na busca bibliográfica.

O Quadro 9 apresenta uma análise abrangente dos estudos que abordaram ao longo dos anos os paradoxos enfrentados pelas empresas no contexto da servitização digital. Esses paradoxos ilustram as complexidades e dificuldades que as organizações encontram ao tentar integrar tecnologias digitais em seus modelos de negócios baseados em serviços. Ademais, os estudos exploram diferentes dimensões desses paradoxos, desde a necessidade de flexibilidade organizacional até o problema de manter a segurança e a conformidade, destacando as tensões inerentes ao processo de transformação digital.

Os achados da revisão detalham paradoxos importantes na servitização digital. Por exemplo, a digitalização aumenta a eficiência operacional, mas também exige maior flexibilidade organizacional para adaptação, criando uma tensão entre eficiência e flexibilidade (Lenka *et al.*, 2018; Favoretto *et al.*, 2022). Além disso, enquanto as empresas precisam inovar continuamente, elas também devem padronizar processos para garantir consistência e escalabilidade, evidenciando o paradoxo entre inovação e padronização (Zheng *et al.*, 2018).

Outro paradoxo significativo é o de autonomia e controle, onde ferramentas digitais empoderam decisões autônomas, mas ao mesmo tempo exigem controles rigorosos para garantir segurança e conformidade (Shen; Sun; Parida, 2023). Investimentos em tecnologias digitais são essenciais, porém os retornos podem ser incertos e demorados, o que exemplifica o paradoxo entre investimento e retorno (Bustinza, Vendrell-Herrero e Baines, 2017; Coreynen *et al.*, 2018). Esses paradoxos são comparáveis aos identificados por Gebauer, Fleisch e Friedli (2005) e Brax (2005), que apontam as tensões financeiras resultantes dos investimentos necessários para a extensão dos modelos de negócios de serviços, que aumentam custos, riscos e incerteza no retorno.

Além disso, a prestação de serviços incorreta ou mal executada pode gerar altos custos operacionais, impactando negativamente a receita da empresa (Visnjic *et al.*, 2016; Kowalkowski *et al.*, 2017). O fornecimento de soluções customizadas também apresenta um

paradoxo, onde a eficácia da solução pode comprometer a eficiência na fabricação de produtos (Kowalkowski *et al.*, 2015). Estudos recentes abordam as demandas concorrentes subjacentes à servitização, ilustrando a aplicabilidade da teoria dos paradoxos a este contexto (Kohtamäki, Einola, Rabetino, 2020; Tóth *et al.*, 2020; Smania *et al.*, 2024).

## 2.5 MODELO DE NEGÓCIO E SERVITIZAÇÃO DIGITAL

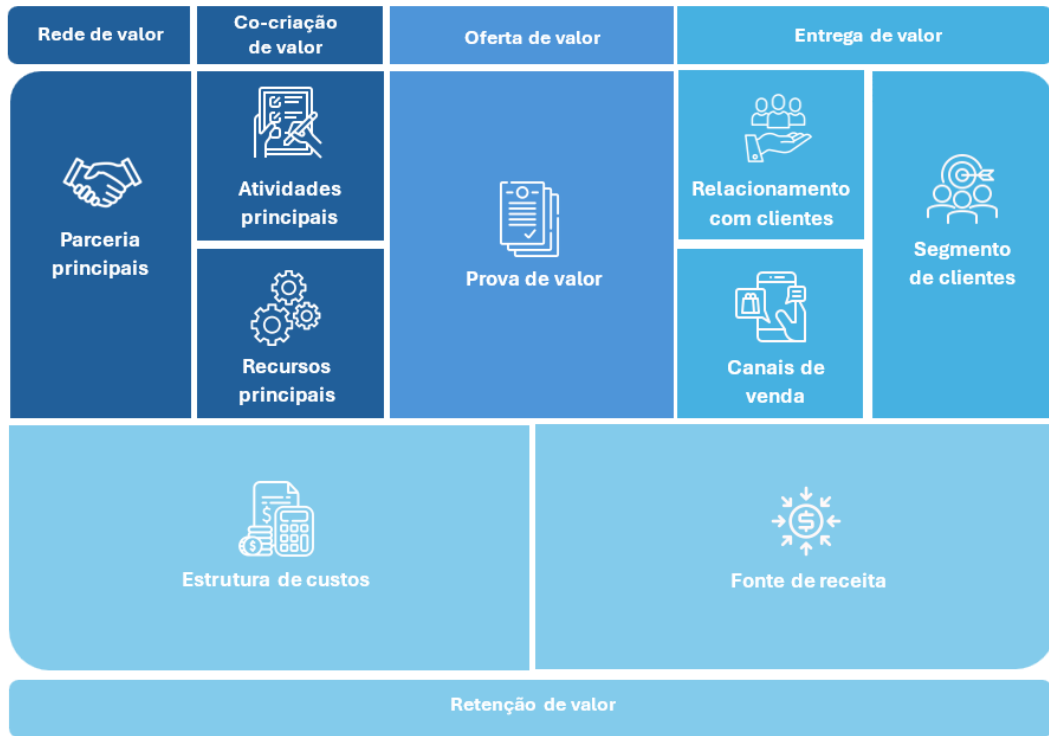
Estudos sobre Modelos de Negócio ganharam destaque e integram a formulação e execução estratégica das empresas (Osterwalder; Pigneur, 2010). Esses modelos ajudam a entender como as organizações criam valor para os clientes e buscam se destacar no mercado competitivo.

Focados em aspectos como redes, criação, entrega e retenção de valor, esses modelos têm sido amplamente aplicados na teoria e na prática. Recentemente, a digitalização e a sustentabilidade emergiram como pilares na transformação dos negócios e evidenciaram a importância de monitorar eficiência econômica a práticas sustentáveis (Broccardo *et al.*, 2023; Lv; Chen, 2024).

O Business Model Canvas, desenvolvido por Osterwalder e Pigneur (2010), é uma ferramenta visual, objetiva e estruturada. O modelo organiza os negócios em dois grupos principais: blocos centrais, que incluem: rede de valor, segmentos de clientes, fontes de receita e atividades-chave, e blocos de suporte: como parcerias, recursos, relacionamento com clientes, canais e estrutura de custos. Essa estrutura integrada oferece uma visão estratégica clara e ajuda as empresas a adaptarem seus modelos de negócios para atender às demandas atuais, como a digitalização e a sustentabilidade, promovendo a inovação e a competitividade no mercado (Chirumalla *et al.*, 2023).

O modelo de negócio permite identificar estratégias inovadoras, como o uso de recursos organizacionais, diferenciação de proposta de valor e exploração de nichos. As tecnologias digitais têm se mostrado fundamentais para esses objetivos, para promover eficiência e personalização (Broccardo *et al.*, 2023). Ferramentas de análise de dados inteligentes e artificiais foram apontadas como soluções para aprimorar a entrega de valor (Vom Scheidt; Staudt, 2024). O modelo proposto por Osterwalder e Pigneur (2010), organiza o negócio em blocos principais e apresenta uma visão holística e estratégica, conforme demonstra a Figura 9.

Figura 9 – Canvas modelo de negócio



Fonte: adaptado de Osterwalder e Pigneur (2010).

A Figura 9 apresenta elementos que compõem o Modelo de Negócio Canvas, estruturado para refletir as demandas e oportunidades da servitização digital. De acordo com Osterwalder e Pigneur (2010), a proposta de valor é central para o modelo e representa a razão pela qual os clientes escolhem os bens tangíveis ou serviços oferecidos pela organização. No contexto da servitização digital, destaca-se a oferta de soluções integradas, como monitoramento remoto e manutenção preditiva (Paschou *et al.*, 2020), que combinam eficiência operacional e sustentabilidade (Lv; Chen, 2024). Essas soluções não apenas aumentam a competitividade das empresas no mercado, mas também atendem às crescentes demandas por serviços baseados em dados (Favoretto *et al.*, 2022; Vom Scheidt; Staudt, 2024).

Para entregar valor aos clientes, é essencial compreender os segmentos do público que a empresa deseja atingir. Esses segmentos podem ser definidos por necessidades específicas ou padrões de comportamentos de mercado (Osterwalder; Pigneur, 2010; Prester; Peles, 2017). Na servitização digital, tecnologias como: *big data*, *inteligência artificial* e *cloud computing* permitem personalização dos serviços, como monitoramento em tempo real, o que resulta em uma experiência do cliente aprimorada (Frank *et al.*, 2019; Shen; Sun; Parida, 2023).

Após identificar os segmentos de clientes, é necessário estabelecer canais eficazes de distribuição e comunicação para conectar a proposta de valor ao público-alvo. Ferramentas

como *IoT* e plataformas digitais possibilitam interações de maneira dinâmicas e contínuas, o pode impactar no aumento do valor percebido pelo cliente (Xing *et al.*, 2023). Ademais, essas plataformas promovem cocriação e *feedback*, o que de fato, fortalecem o relacionamento entre empresa e cliente (Sjödín *et al.*, 2020; Burton *et al.*, 2023).

Além disso, a cocriação de valor, aliada ao uso de *feedback* contínuo, ajusta os serviços às necessidades específicas dos clientes e promove engajamento e inovação (Visnjic; Wiengarten; Neely, 2016). Empresas que utilizam ferramentas colaborativas e tecnologias avançadas estão mais preparadas para competir nesse ambiente dinâmico (Chen; Huang; Liu, 2020). Entre as atividades principais destacam-se o *design*, entrega de soluções integradas, análise de dados para manutenção preditiva e cocriação de serviços com os clientes. A colaboração nas cadeias de valor também desempenha um papel fundamental ao expandir a capacidade de inovação (Sjödín *et al.*, 2020; Bustinza *et al.*, 2015).

Outro item abordado no modelo Canvas é o fluxo de receita, que descreve como a empresa gera valor financeiro (Eloranta; Turunen, 2015; Cui *et al.*, 2019; Ruiz-Alba *et al.*, 2019). Modelos de receita recorrente, como assinaturas para serviços de manutenção preditiva habilitada por *IoT*, criam previsibilidade financeira e reforçam parcerias de longo prazo com os clientes (Park, 2022; Upadhayay *et al.*, 2024).

Ainda, o modelo destaca as parcerias principais são essenciais para complementar competências internas com recursos externos (Cenamor; Sjödín; Parida, 2017; Tronvoll *et al.*, 2020). Empresas frequentemente colaboram com fornecedores de tecnologia para desenvolver plataformas digitais e sistemas de análise de dados. Parcerias com *startups* e consultorias especializadas (Frank *et al.*, 2019; Paschou *et al.*, 2020; Huikkola *et al.*, 2022), aceleram a inovação e facilitam a transição para modelos baseados em serviços (Gebauer *et al.*, 2010; Xing *et al.*, 2023).

Os recursos principais necessários no contexto da servitização digital incluem infraestrutura tecnológica robusta para monitoramento e análise em tempo real (Kohtamäki *et al.*, 2019). Esses recursos são complementados por equipes capacitadas, como engenheiros de *software* e especialistas em gestão de dados, que promovem personalização e inovação contínua (Huikkola *et al.*, 2021; Paschou *et al.*, 2020). Ainda, investimentos em sistemas escaláveis, como *cloud computing*, são cruciais (Cenamor; Sjödín; Parida, 2017). Apesar dos altos custos iniciais, a automação e as eficiências operacionais tornam o modelo sustentável a longo prazo (Frank *et al.*, 2019; Paschou *et al.*, 2020). Na sequência, o Quadro 10, organiza os componentes do modelo de negócio e apresenta de forma resumida a descrição de cada elemento, desafios e resultados esperados dos componentes no contexto da servitização digital.

Quadro 10 – Modelo de negócio nos serviços digitais

(continua)

| Componente            | Autores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Descrição                                                                                                                                | Desafios                                                                                           | Resultado esperado                                                                                | Tipo de serviços                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proposta de valor     | Eloranta e Turunen (2015); Cenamor, Sjödin e Parida (2017); Luetjen, Tietze e Schultz (2017); Sánchez-López <i>et al.</i> (2018); Lenka <i>et al.</i> (2018); Zheng <i>et al.</i> (2018); Coreynen <i>et al.</i> (2018); Cui <i>et al.</i> (2019); Frank <i>et al.</i> (2019); Ruiz-Alba <i>et al.</i> (2019); Parida, Sjödin e Reim (2019); Tronvoll <i>et al.</i> (2020); Paschou <i>et al.</i> (2020); Sjödin <i>et al.</i> (2020); Eggert <i>et al.</i> (2022); Tóth <i>et al.</i> (2022); Favoretto <i>et al.</i> (2022); Shen, Sun e Parida (2023); Chávez <i>et al.</i> (2023); Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023); Upadhayay <i>et al.</i> (2024); Vendrell-Herrero <i>et al.</i> (2024); Chávez <i>et al.</i> (2024). | Soluções que geram valor para o cliente por meio de integração digital, otimização e suporte avançado.                                   | Complexidade em adaptar soluções às demandas específicas dos clientes.                             | Maior valor percebido pelo cliente e aumento da fidelidade.                                       | <b>Serviços digitais básicos:</b> monitoramento remoto padrão, ação corretiva básica; e suporte técnico contínuo.                                                                                             |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                          |                                                                                                    |                                                                                                   | <b>Serviços digitais intermediários:</b> otimização de desempenho; e suporte técnico preventivo.                                                                                                              |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                          |                                                                                                    |                                                                                                   | <b>Serviços digitais avançados:</b> monitoramento remoto em tempo real; manutenção preditiva baseada em <i>IA</i> ; otimização avançada baseada em <i>IA</i> ; e gestão e integração com <i>smart grids</i> ; |
| Segmentos de clientes | Eloranta e Turunen (2015); Luetjen, Tietze e Schultz (2017); Lenka <i>et al.</i> (2018); Zheng <i>et al.</i> (2018); Cui <i>et al.</i> (2019); Ruiz-Alba <i>et al.</i> (2019); Tronvoll <i>et al.</i> (2020); Sjödin <i>et al.</i> (2020); Tóth <i>et al.</i> (2022); Chávez <i>et al.</i> (2023).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Dividido em segmentos residenciais, comerciais, industriais e institucionais, de acordo com o nível de complexidade e serviços exigidos. | Dificuldade em atender simultaneamente clientes com diferentes níveis de complexidade e exigência. | Expansão da base de clientes e melhoria da adaptação às necessidades específicas de cada segmento | <b>Serviços digitais básicos:</b> consumidores residenciais; e pequenas empresas.                                                                                                                             |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                          |                                                                                                    |                                                                                                   | <b>Serviços digitais intermediários:</b> institucional (escolas, hospitais, órgãos públicos de médio porte).                                                                                                  |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                          |                                                                                                    |                                                                                                   | <b>Serviços digitais avançados:</b> residencial de alto padrão; empresas de tecnologia; indústrias de alta demanda; e instituições de pesquisa.                                                               |



Quadro 10 – Modelo de negócio nos serviços digitais

(continua)

| Componente                  | Autores                                                                                                                                                                                                              | Descrição                                                                                                | Desafios                                                                                         | Resultado esperado                                                | Tipo de serviços                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Canais                      | Cenamor, Sjödin e Parida (2017); Frank <i>et al.</i> (2019); Paschou <i>et al.</i> (2020); Huikkola <i>et al.</i> (2021); Favoretto <i>et al.</i> (2022); Smania <i>et al.</i> (2024).                               | Estratégias de entrega e interação com clientes via plataformas digitais, <i>IoT</i> e parcerias.        | Integração de canais digitais com sistemas legados e alinhamento com parceiros externos.         | Melhor alcance de clientes e eficiência nas entregas.             | <b>Serviços digitais básicos:</b> plataformas digitais básicas.                                                                                                                                                                                                                             |
|                             |                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                          |                                                                                                  |                                                                   | <b>Serviços digitais intermediários:</b> plataformas digitais e <i>IOT</i> ; instalações/manutenção físicas; e parcerias estratégicas.                                                                                                                                                      |
|                             |                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                          |                                                                                                  |                                                                   | <b>Serviços digitais avançados:</b> plataformas digitais e <i>IOT</i> avançadas; instalações e manutenção físicas avançadas; e parcerias com empresas de tecnologia avançada.                                                                                                               |
| Relacionamento com clientes | Cenamor, Sjödin e Parida (2017); Ruiz-Alba <i>et al.</i> (2019); Sjödin <i>et al.</i> (2020); Paschou <i>et al.</i> (2020); Khanra <i>et al.</i> (2021); Huikkola <i>et al.</i> (2021); Burton <i>et al.</i> (2023). | Interações que variam de autoatendimento automatizado a relações personalizadas e comunidades engajadas. | Resistência de alguns clientes a interações automatizadas e custo de personalização de serviços. | Aumento da satisfação do cliente e maior engajamento com a marca. | <b>Serviços digitais básicos:</b> atendimento automatizado por <i>chatbots</i> ; e autoatendimento via plataforma digitais.                                                                                                                                                                 |
|                             |                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                          |                                                                                                  |                                                                   | <b>Serviços digitais intermediários:</b> automatizado e parcialmente personalizado; interação proativa (alertas, notificações); e comunidade e engajamento (fóruns e eventos virtuais).                                                                                                     |
|                             |                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                          |                                                                                                  |                                                                   | <b>Serviços digitais avançados:</b> atendimento com <i>IA</i> e <i>chatbots</i> inteligentes; interação personalizada e proativa com base em comportamento e preferências; <i>feedback</i> contínuo; comunidade ativa (eventos de <i>networking</i> , programas de fidelidade e cocriação). |

Quadro 10 – Modelo de negócio nos serviços digitais

(continua)

| Componente          | Autores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Descrição                                                                                                             | Desafios                                                                                                       | Resultado esperado                                          | Tipo de serviços                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fontes de receita   | Eloranta e Turunen (2015); Cui <i>et al.</i> (2019); Ruiz-Alba <i>et al.</i> (2019).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Monetização por meio de venda direta, assinaturas e soluções especializadas.                                          | Dependência de assinaturas pode criar barreiras de entrada para novos clientes devido a custos recorrentes.    | Maior previsibilidade financeira e receitas recorrentes.    | <b>Serviços digitais básicos:</b> venda de bens tangíveis (equipamentos, kits solares) e serviços de assinatura (monitoramento padrão, suporte básico).                                                                                                                                                                                               |
|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                       |                                                                                                                |                                                             | <b>Serviços digitais intermediários:</b> - venda de bens tangíveis e soluções completas; serviços de assinatura com monitoramento aprimorado; e treinamentos técnicos e operacionais.                                                                                                                                                                 |
|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                       |                                                                                                                |                                                             | <b>Serviços digitais avançados:</b> venda de produtos e soluções tecnológicas avançadas; serviços de assinatura <i>premium</i> ; consultoria especializada; e desenvolvimento sob demanda e auditorias técnicas.                                                                                                                                      |
| Recursos principais | Cenamor, Sjödin e Parida (2017); Sánchez-López <i>et al.</i> (2018); Zheng <i>et al.</i> (2018); Coreynen <i>et al.</i> (2018); Frank <i>et al.</i> (2019); Parida, Sjödin e Reim (2019); Tronvoll <i>et al.</i> (2020); Paschou <i>et al.</i> (2020); Eggert <i>et al.</i> (2022); Tóth <i>et al.</i> (2022); Favoretto <i>et al.</i> (2022); Shen, Sun e Parida (2023); Chávez <i>et al.</i> (2023); Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023); Upadhayay <i>et al.</i> (2024); Vendrell-Herrero <i>et al.</i> (2024); Chávez <i>et al.</i> (2024). | Incluem tecnologia, infraestrutura, dados e equipes especializadas para garantir a qualidade e inovação dos serviços. | Alto custo inicial para aquisição de tecnologias avançadas e necessidade constante de atualização de recursos. | Melhoria na qualidade dos serviços e maior competitividade. | <b>Serviços digitais básicos:</b> tecnologia ( <i>software</i> de monitoramento padrão); equipe técnica operacional; infraestrutura de TI básica; e análise de dados (sem aplicação analítica).                                                                                                                                                       |
|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                       |                                                                                                                |                                                             | <b>Serviços digitais intermediários:</b> tecnologia ( <i>software</i> , dispositivos <i>IOT</i> ); equipe técnica especializada; infraestrutura digital e física integrada e análise de dados aplicada.                                                                                                                                               |
|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                       |                                                                                                                |                                                             | <b>Serviços digitais avançados:</b> tecnologia de ponta ( <i>IA</i> , análise de dados avançada); equipe de especialistas (engenheiros de <i>software</i> , especialistas em <i>IA</i> e dados); infraestrutura avançada (centros de operação, laboratórios de P&D); e dados e análises (ferramentas avançadas de análise, algoritmos de otimização). |

Quadro 10 – Modelo de negócio nos serviços digitais

(continua)

| Componente            | Autores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Descrição                                                               | Desafios                                                                                                    | Resultado esperado                                                 | Tipo de serviços                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Atividades principais | Luetjen, Tietze e Schultz (2017); Lenka <i>et al.</i> (2018); Coreynen <i>et al.</i> (2018); Frank <i>et al.</i> (2019); Parida, Sjödin e Reim (2019); Tronvoll <i>et al.</i> (2020); Paschou <i>et al.</i> (2020); Sjödin <i>et al.</i> (2020); Eggert <i>et al.</i> (2022); Tóth <i>et al.</i> (2022); Favoretto <i>et al.</i> (2022); Shen, Sun e Parida (2023); Chávez <i>et al.</i> (2023); Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023); Upadhayay <i>et al.</i> (2024); Vendrell-Herrero <i>et al.</i> (2024); Chávez <i>et al.</i> (2024). | Focadas na prestação de serviços, suporte, inovação e capacitação.      | Dificuldade em alinhar inovações às demandas de mercado e alta dependência de profissionais especializados. | Serviços diferenciados e maior capacidade de adaptação ao mercado. | <b>Serviços digitais básicos:</b> serviços de campo (instalação, manutenção básica); e suporte ao cliente (presencial e remoto).                                                                                                                                                  |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                         |                                                                                                             |                                                                    | <b>Serviços digitais intermediários:</b> inovação tecnológica e P&D; serviços de campo e suporte técnico especializado; gestão de dados e análise aplicada; e educação e treinamento dos usuários.                                                                                |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                         |                                                                                                             |                                                                    | <b>Serviços digitais avançados:</b> inovação tecnológica e P&D avançado; serviços de campo e suporte técnico com alto nível de personalização; e gestão de dados com uso de <i>IA</i> (geração de <i>insights</i> personalizados, otimização do desempenho e previsão de falhas). |
| Parcerias principais  | Cenamor, Sjödin e Parida (2017); Tronvoll <i>et al.</i> (2020).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Redes de colaboração para integração tecnológica, pesquisa e regulação. | Alinhamento de interesses e integração de tecnologias com parceiros externos.                               | Aceleração da inovação e redução de custos de desenvolvimento.     | <b>Serviços digitais básicos:</b> provedores de tecnologia ( <i>softwares</i> e plataformas básicas); e empresas de instalação e manutenção convencionais.                                                                                                                        |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                         |                                                                                                             |                                                                    | <b>Serviços digitais intermediários:</b> provedores de tecnologia e <i>IOT</i> ; empresas de instalação e manutenção especializadas; instituições educacionais e centro de pesquisa tecnológica; e entidades governamentais (apoio técnico ou incentivo)                          |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                         |                                                                                                             |                                                                    | <b>Serviços digitais avançados:</b> provedores de tecnologia de ponta e <i>IA</i> ; empresas de instalação e manutenção avançada; instituições acadêmicas e de pesquisa tecnológica; e entidades governamentais e reguladoras (com foco em conformidade, normas e certificações). |

Quadro 10 – Modelo de negócio nos serviços digitais

(conclusão)

| Componente          | Autores                                                                                                                                                                                                                       | Descrição                                                                    | Desafios                                                                | Resultado esperado                             | Tipo de serviços                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estrutura de custos | Luetjen, Tietze e Schultz (2017); Coreynen <i>et al.</i> (2018); Parida, Sjödin e Reim (2019); Favoretto <i>et al.</i> (2022); Shen, Sun e Parida (2023); Vendrell-Herrero <i>et al.</i> (2024); Chávez <i>et al.</i> (2024). | Custos associados ao desenvolvimento, operações, marketing e infraestrutura. | Complexidade na mensuração do retorno financeiro de serviços avançados. | Melhor uso de recursos e controle de despesas. | <b>Serviços digitais básicos:</b> desenvolvimento tecnológico inicial ( <i>softwares</i> básicos); operações de campo (instalação e manutenção básica); e <i>marketing</i> e vendas tradicionais.                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                     |                                                                                                                                                                                                                               |                                                                              |                                                                         |                                                | <b>Serviços digitais intermediários:</b> desenvolvimento tecnológico e inovação incremental; operações de campo e suporte técnico especializado; <i>marketing</i> e aquisição de clientes; recursos humanos e treinamento técnicos; e infraestrutura digital (plataformas, servidores) e gestão de dados.                                                                                                                                                       |
|                     |                                                                                                                                                                                                                               |                                                                              |                                                                         |                                                | <b>Serviços digitais avançados:</b> desenvolvimento e inovação tecnológica de ponta ( <i>IA</i> , automação, algoritmos); operações de campo e suporte técnico avançados; <i>marketing</i> e aquisição de clientes avançado (experiência personalizada, fidelização); recursos humanos altamente qualificados e treinamentos contínuos; e infraestrutura moderna e geração e gestão avançada de dados ( <i>big data</i> , <i>IA</i> , segurança da informação). |

Fonte: elaborado pela autora com base na bibliografia consultada.

O Quadro 10 sintetiza os elementos centrais do modelo de negócios para serviços digitais. Essa evolução reflete as transformações exigidas pela digitalização e pela complexidade crescente das demandas de mercado. A proposta de valor no contexto da servitização digital nas empresas abrangem uma gama de serviços digitais que evoluem desde os básicos até os avançados. Martinez *et al.* (2017) e Paschou *et al.* (2020) destacam a importância do monitoramento remoto e da manutenção preditiva básica como fundamentos para garantir a continuidade operacional e a eficiência dos sistemas. Esses serviços básicos, que incluem suporte técnico contínuo, fornecem uma base sólida para a transição para a servitização.

Conforme avança-se para os serviços intermediários, que envolvem monitoramento remoto, manutenção preditiva, otimização de desempenho e suporte técnico proativo, existe a necessidade de respostas dinâmicas e personalizadas às demandas dos clientes (Favoretto *et al.* (2022). E nos serviços avançados, Frank *et al.* (2019) e Huikkola *et al.* (2021) exploram o uso de tecnologias de ponta, por exemplo: inteligência artificial (IA) e integração com *smart grids* e *IOT*. Segundo os autores, esses serviços oferecem valor agregado significativo, que se diferencia no mercado pela capacidade de fornecer *insights* em tempo real e otimização avançada.

Com relação a segmentação de clientes, Zhang e Banerji (2017) abordam os serviços básicos, que atendem a mercados residenciais, comerciais e industriais, enquanto Paschou *et al.* (2020) incluem também instituições nos serviços intermediários, reconhecendo a necessidade de soluções robustas e personalizadas. Nos serviços avançados, Martinez *et al.* (2017) e Burton *et al.* (2023) identificam segmentos específicos e exigentes, como residências de alto padrão, empresas de tecnologia, indústrias de alta demanda e instituições de pesquisa. Esses segmentos requerem tecnologias avançadas e serviços personalizados para atender suas necessidades complexas.

Os canais de distribuição são um componente crucial para a entrega de serviços digitais. Paschou *et al.* (2020) identificam plataformas digitais como os principais canais para serviços básicos e enfatizam a conveniência e a acessibilidade. Favoretto *et al.* (2022) e Smania *et al.* (2024) ampliam essa perspectiva para serviços intermediários, que incorporam a *IoT* e parcerias estratégicas. Essa integração facilita a prestação de serviços e a manutenção. Para os serviços avançados, Frank *et al.* (2019) e Huikkola *et al.* (2021) sugerem o uso de plataformas *IoT* avançadas e parcerias com empresas de tecnologia, refletem a complexidade e sofisticação necessárias para atender a esses mercados.

A gestão do relacionamento com clientes varia conforme o nível de serviço oferecido. Paschou *et al.* (2020) e Khanra *et al.* (2021) destacam o uso de *chatbots* e autoatendimento para serviços básicos, permitindo um suporte automatizado e eficiente. Para serviços intermediários, a personalização e a interação proativa são fundamentais (Huikkola *et al.*, 2021). Nos serviços avançados, a interação proativa e personalizada torna-se sofisticada, ao incorporar a *IA* e *feedback* contínuo, como observado por Burton *et al.* (2023).

As fontes de receita refletem a evolução e a complexidade dos serviços. Smania *et al.* (2024) identificam a venda de bens tangíveis e serviços de assinatura como principais fontes para serviços básicos. Para serviços intermediários, a receita é gerada por meio de soluções completas e serviços de monitoramento, conforme Favoretto *et al.* (2022).

Os recursos principais variam de acordo com a complexidade dos serviços. Para serviços básicos, Paschou *et al.* (2020) destacam a importância da tecnologia de monitoramento e da equipe técnica. Nos serviços intermediários, Frank *et al.* (2019) apontam para a necessidade de infraestrutura digital e dispositivos *IoT*. Para serviços avançados, Huikkola *et al.* (2021) enfatizam a tecnologia de ponta e a expertise em *IA*, necessários para fornecer serviços de alto nível, como análise de dados avançada e otimização de sistemas.

As atividades principais também evoluem conforme o nível de serviço. Para serviços básicos, Paschou *et al.* (2020) destacam a importância dos serviços de campo e suporte ao cliente. Nos serviços intermediários, Favoretto *et al.* (2022) ressaltam a inovação tecnológica e P&D. Para serviços avançados, Frank *et al.* (2019) enfatizam a P&D contínua e a gestão de dados e *IA*, que são cruciais para manter a competitividade e a inovação no mercado.

Ainda, as parcerias são vitais para o sucesso dos serviços digitais. Para serviços básicos, Paschou *et al.* (2020) e Khanra *et al.* (2021) destacam a colaboração com provedores de tecnologia e empresas de instalação. Nos serviços intermediários, Favoretto *et al.* (2022) enfatizam parcerias com instituições educacionais e de pesquisa. Para serviços avançados, Huikkola *et al.* (2021) apontam para a necessidade de colaboração com empresas de *IA* e instituições acadêmicas avançadas, que fornecem os recursos e a expertise necessários para desenvolver e manter tecnologias de ponta.

A estrutura de custos reflete os investimentos necessários para oferecer cada nível de serviço. Para serviços básicos, Paschou *et al.* (2020) e Khanra *et al.* (2021) identificam custos com desenvolvimento tecnológico e operações de campo. Nos serviços intermediários, Favoretto *et al.* (2022) destacam investimentos em inovação tecnológica e infraestrutura digital. Para serviços avançados, Frank *et al.* (2019) e Huikkola *et al.* (2021) ressaltam a importância

de investimentos em P&D contínua e infraestrutura de última geração, essenciais para suportar a complexidade e a sofisticação dos serviços oferecidos.

Em síntese, a transição para a servitização digital exige uma compreensão profunda e a integração de diversos componentes e estratégias, conforme destacado por Martinez *et al.* (2017), Paschou *et al.* (2020). A implementação eficaz desses serviços requer investimentos contínuos em tecnologia, inovação e parcerias estratégicas, equilibrando a necessidade de eficiência operacional com a busca constante por melhorias e diferenciação no mercado.

## 2.6 LACUNAS QUE NORTEIAM O ESTUDO

A transformação digital é um processo disruptivo que envolve a adoção de tecnologias digitais para provocar mudanças estratégicas nas organizações, impactando a criação de valor e enfrentando barreiras estruturais e organizacionais, tanto positivas quanto configurações (Chirumalla; Leoni; Oghazi, 2023; Shen; Sun; Parida, 2023). Essa transformação vai além da digitalização dos processos e envolve uma integração de serviços ao bem tangível, a chamada servitização, que traz benefícios financeiros, estratégicos e de marketing (Vandermerwe; Rada, 1988; Neely, 2008; Baines; Lightfoot, 2014; Gebauer *et al.*, 2017).

Nesse contexto, a servitização, envolve a adição de serviços a bens tangíveis para oferecer valor adicional ao cliente, os benefícios são múltiplos, abrangendo vantagens financeiras, estratégicas e de *marketing* (Vandermerwe; Rada, 1988; Neely, 2008; Baines; Lightfoot, 2014; Gebauer *et al.* 2017). A relação entre digitalização e servitização é robusta, embora seja possível avançar em um campo sem necessariamente progredir no outro (Shen; Sun; Parida, 2023). No ambiente atual, marcado pela instabilidade e pelas rápidas mudanças tecnológicas, as empresas precisam se adaptar de forma dinâmica (Chen; Huang; Liu, 2020). Nesse cenário, a digitalização se destaca como uma estratégia para aumentar a competitividade (Parida; Sjödin; Reim, 2019).

A digitalização oferece benefícios claros, como a maximização da criação de valor por meio da colaboração em rede (Chávez *et al.*, 2023; Cenamor; Sjödin, 2017) e a contribuição para a sustentabilidade econômica (Lv; Chen, 2024). Contudo, as empresas enfrentam desafios relacionados à adoção de diagnósticos remotos e armazenamento de dados, que são críticos para a tomada de decisões (Chirumalla; Leoni; Oghazi, 2023).

Do ponto de vista teórico, a transição para a servitização exige uma reestruturação organizacional abrangente, o que inclui a gestão tática e operacional (Lütjen *et al.*, 2017; Yan *et al.*, 2019; Kohtamäki; Einola; Rabetino, 2020). A gestão tática conecta as estratégias aos

planos operacionais, enquanto a gestão operacional otimiza os recursos diários para processos eficazes (Ambroise; Prim–Allaz; Teyssier, 2018; Reim; Sjödin; Parida, 2019). Externamente, a gestão estratégica, inclui adaptação às mudanças regulatórias e relações com as partes interessadas, é fundamental para posicionar a empresa no mercado (Baines *et al.*, 2009).

A transição para a servitização enfrenta desafios como mudanças culturais, estratégias, estrutura organizacional e adoção tecnológica (Paschou *et al.*, 2020; Sjödin *et al.*, 2020; Favoretto *et al.*, 2022). Incertezas ambientais, como flutuações econômicas e tecnológicas, afetam diretamente essa transição (Lütjen *et al.*, 2017; Yan *et al.*, 2019; Kohtamäki; Einola; Rabetino, 2020). Essas incertezas se caracterizaram pela imprevisibilidade do ambiente externo (Lv; Chen, 2024), destacando a necessidade de estratégias robustas para mitigação de riscos e adaptação (Brax, 2005; Parida *et al.*, 2014).

A servitização digital, que envolve a integração de tecnologias como IoT e *Big Data*, é um campo em crescimento e apresenta oportunidades de cocriação de valor e exploração de estratégias de plataformas (Shen; Sun; Parida, 2023). Embora a literatura evidencie a relevância desse tema (Paschou *et al.*, 2020; Grybauskas; Stefanini; Ghobakhloo, 2022), ainda há lacunas quanto à compreensão abrangente dos impactos da digitalização e como as empresas podem antecipar e mitigar riscos durante a transição. O Quadro 11 analisa estudos relacionados à servitização, focando em práticas operacionais, integração de tecnologias digitais como *IoT* e *Big Data*, e suas implicações para modelos de negócios e estratégias competitivas.



Quadro 11 – Lacunas observadas que norteiam o estudo

(continua)

| Título                                                                                                                             | Autores                   | Foco do estudo                                                                                                                                              | Principais achados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Contribuições da literatura                                                                                                                                         | Lacunas/Estudos Futuros                                                                                                                     | Tipo de serviços digitais mencionados                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Servitization of the Manufacturing Firm: Exploring the Operations Practices and Technologies that Deliver Advanced Services</i> | Baines e Lightfoot (2013) | O estudo explora práticas operacionais e tecnologias empregadas pelos fabricantes na entrega de serviços avançados, com foco na estratégia de servitização. | Identifica seis práticas de prestação de serviço: Instalações; Integração micro vertical e relacionamento com fornecedores; Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC); Medição de desempenho e demonstração de valor Implantação de pessoas e suas habilidades Processos de negócios e relacionamento com clientes. Práticas distintas, críticas para uma servitização bem-sucedida e combina-as num quadro integrador. | Fornecer informações valiosas sobre as mudanças operacionais e capacidades necessárias para que os fabricantes implementem estratégias de servitização com sucesso. | Sugere pesquisas para ampliar a compreensão e implementação de estratégias de servitização em vários contextos de produção.                 | Discute a integração de Tecnologias de Informação Comunicação (TICs) e ainda destaca cinco tipos de serviços: monitoramento remoto e manutenção; análise de dados e <i>insights</i> ; plataformas de serviços integrados; personalização e configuração de produtos; soluções de conectividade |
| <i>The value of Big Data in servitization</i>                                                                                      | Opresnik e Taisch (2015)  | Investiga o potencial do <i>Big Data</i> na melhoria da servitização em empresas de manufatura e propõe uma estrutura de estratégia para a mesma.           | Revela que por meio da estratégia de <i>Big Data</i> proposta, novos fluxos de receitas que podem ser criados, diminuindo potencialmente os preços dos produtos-serviços.                                                                                                                                                                                                                                                   | Introduz uma estrutura de Estratégia de <i>Big Data</i> na servitização. Destaca o valor do <i>Big Data</i> , na criação de valor e vantagem competitiva.           | Sugere a necessidade de uma maior exploração da Estratégia de <i>Big Data</i> na servitização. Concentra-se na aplicação prática e impacto. | Discute a integração de <i>Big Data</i> e servitização. Menciona o papel das TIC no apoio a serviços, produtos inteligentes e a importância da coleta e análise de dados.                                                                                                                      |

Quadro 11 – Lacunas observadas que norteiam o estudo

(continua)

| <b>Título</b>                                                                                                   | <b>Autores</b>                  | <b>Foco do estudo</b>                                                                                                                              | <b>Principais achados</b>                                                                                                                                               | <b>Contribuições da literatura</b>                                                                                                                                         | <b>Lacunas/Estudos Futuros</b>                                                                                                                 | <b>Tipo de serviços digitais mencionados</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Digitalized Product–Service Systems in Manufacturing Firms: A Case Study Analysis</i>                        | Lerch e Gotsch (2015)           | Explora sistemas digitalizados de bens tangíveis e serviços em empresas de manufatura. Analisa o ciclo de vida do produto.                         | Categoriza PSS digitalizado em tipos com base na finalidade e na arquitetura. Aborda diferentes estágios do ciclo de vida do produto.                                   | Fornecer uma estrutura que combina tendências de servitização e digitalização, oferece <i>insights</i> sobre como o PSS digitalizado pode melhorar as ofertas de serviços. | Investiga a exploração de implicações para a gestão estratégica. Inclui desafios e oportunidades para criação de valor e vantagem competitiva. | Discute tipos de PSS em três linhas: orientados para o desempenho ou eficiência, contribuem para a inovação da empresa e que abordam diferentes estágios do ciclo de vida do produto digitalizados. Ainda, o estudo traz os serviços: <i>Smart Service Delivery</i> , <i>Smart Product Optimization</i> e <i>Digital Brain</i> , integrando soluções digitais e físicas. |
| <i>Platforms in service-driven manufacturing: Leveraging complexity by connecting, sharing, and integrating</i> | Eloranta e Turunen (2016)       | Concentra-se no aproveitamento da complexidade relacionada à rede em empresas de manufatura orientadas a serviços usando abordagens de plataforma. | Identifica mecanismos e lógicas que orientam abordagens de plataforma baseadas no aproveitamento da complexidade em redes de serviços e soluções.                       | Aborda a lacuna relacionada ao gerenciamento de operações no contexto da rede de serviços e demonstra como as plataformas podem auxiliar na orquestração da rede.          | Sugere que seja feita exploração em diferentes contextos.                                                                                      | Plataformas de manufatura orientada a serviços, com foco em ambientes de TIC, arquiteturas tecnológicas e construção de modelos de negócios.                                                                                                                                                                                                                             |
| <i>Adopting a platform approach in servitization: Leveraging the value of digitalization</i>                    | Cenamor, Sjödin e Parida (2017) | Como uma abordagem de plataforma pode ajudar na implementação de serviços avançados por meio de digitalização                                      | A importância dos módulos de informação como elementos centrais para servitização bem-sucedida, usando arquitetura modular para personalização e eficiência operacional | Explora o papel dos módulos de informa                                                                                                                                     | Investigação sobre o papel dos módulos de informação e arquitetura modular na servitização                                                     | Módulos de informação e arquitetura modular em serviços digitais                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Quadro 11 – Lacunas observadas que norteiam o estudo

(continua)

| <b>Título</b>                                                                                                      | <b>Autores</b>                           | <b>Foco do estudo</b>                                                                                                                                                               | <b>Principais achados</b>                                                                                                                                                                                                                     | <b>Contribuições da literatura</b>                                                                                                                                           | <b>Lacunas/Estudos Futuros</b>                                                                                        | <b>Tipo de serviços digitais mencionados</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <i>Boosting servitization through digitization: Pathways and dynamic resource configurations for manufacturers</i> | Coreynen, Matthyssens e Bockhaven (2017) | Impacto da digitalização na servitização na manufatura                                                                                                                              | Identifica os caminhos de servitização, barreiras, configurações dinâmicas de recursos e benefícios competitivos associados                                                                                                                   | Gera <i>insights</i> gerenciais para alcançar níveis superiores de serviço por meio do desenvolvimento e integração de ativos digitais nos processos dos clientes            | Sugere pesquisas de integração de ativos digitais e processos de clientes                                             | Serviços digitais em manufatura              |
| <i>IoT powered servitization of manufacturing – an exploratory case study</i>                                      | Rymaszewska, Helo e Gunasekaran (2017)   | Explora a utilização da <i>IoT</i> na servitização para desbloquear sistemas inovadores de bens tangíveis e serviços. Analisa avanços tecnológicos e suas aplicações na fabricação. | Apresenta uma análise de implementações bem-sucedidas de <i>IoT</i> na manufatura. Enfatiza a criação de valor na servitização e propõe uma estrutura para compreender o aprimoramento dos processos de servitização por meio da <i>IoT</i> . | Combina os conceitos de <i>IoT</i> e servitização, oferecendo <i>insights</i> sobre como as organizações podem aprimorar suas ofertas de serviços por meio da digitalização. | Necessidade de pesquisa adicional sobre a integração do <i>IoT</i> e a reconfiguração dos sistemas de produto–serviço | <i>IoT</i> na manufatura                     |
| <i>Organizing for digital servitization: A service ecosystem perspective</i>                                       | Sklyar et al. (2019)                     | Estratégias e processos organizacionais para o crescimento orientado a serviços digitais                                                                                            | Identifica processos de mudança interempresariais na servitização digital. Destaca a centralização e a integração como fatores–chave.                                                                                                         | Destaca a importância de uma mentalidade centrada no serviço para aproveitar a digitalização além dos benefícios tecnológicos                                                | Investigação adicional sobre a integração de tecnologias digitais e processos empresariais                            | Serviços digitais em ecossistemas de serviço |

Quadro 11 – Lacunas observadas que norteiam o estudo

(continua)

| <b>Título</b>                                                                                     | <b>Autores</b>                 | <b>Foco do estudo</b>                                                                                                                                                  | <b>Principais achados</b>                                                                                                                                                                           | <b>Contribuições da literatura</b>                                                                                                                                                    | <b>Lacunas/Estudos Futuros</b>                                                                                                                      | <b>Tipo de serviços digitais mencionados</b>                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Digital Servitization Business Models in Ecosystems: A Theory of the Firm</i>                  | Kohtamäki <i>et al.</i> (2019) | Discute modelos de negócios de servitização digital no contexto de ecossistemas. Utiliza teorias da empresa para compreender as configurações dos modelos de negócios. | Identifica configurações específicas de modelos de negócios para servitização digital. Enfatiza os limites da empresa e o alinhamento do ecossistema.                                               | Amplia a discussão sobre servitização digital ao adotar uma perspectiva multi-teórica. Fornece <i>insights</i> sobre configurações de modelos de negócios e o papel da digitalização. | Explora pesquisas sobre modelos de negócios de servitização digital dentro dos ecossistemas, com foco na interação entre diferentes conceitos.      | Discute soluções inteligentes, <i>IoT</i> e ecossistemas autônomos. Enfatiza a digitalização na transformação de modelos de negócios e decisões nas empresas    |
| <i>Digital servitization in manufacturing: A systematic literature review and research agenda</i> | Paschou <i>et al.</i> (2020)   | Aborda a servitização por meio de tecnologias digitais. Apresenta uma revisão da literatura sobre servitização digital e identificando futuras áreas de pesquisa.      | Revela uma cobertura limitada, porém crescente, da servitização digital. Concentra-se principalmente em algumas tecnologias digitais como a <i>IoT</i> , estudadas principalmente de forma isolada. | Fornece uma revisão sistemática da literatura e sistematiza o conhecimento científico sobre servitização digital. Define direções para pesquisas futuras.                             | Sugere o âmbito da investigação sobre a servitização digital. Inclui tecnologias, benefícios, domínios de aplicação e modelos de tomada de decisão. | Foca principalmente na Internet das Coisas ( <i>IoT</i> ) e tecnologias digitais. Enfatiza o seu papel na implementação de serviços intermediários e avançados. |

Quadro 11 – Lacunas observadas que norteiam o estudo

(continua)

| Título                                                                                                                          | Autores                   | Foco do estudo                                                                                                                                                                                                        | Principais achados                                                                                                                                                                                              | Contribuições da literatura                                                                                          | Lacunas/Estudos Futuros                                                                                                         | Tipo de serviços digitais mencionados                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Consolidating digital servitization research: A systematic review, integrative framework, and future research directions</i> | Shen, Sun e Parida (2023) | Transformação digital na servitização, com foco em quatro áreas temáticas: alinhamento de transformações digitais e de servitização, cocriação de valor, estratégias de plataforma e inovação em modelos de negócios. | Análise bibliométrica profunda. Apresenta direções para pesquisas futuras e destaca a integração de tecnologias digitais como <i>IoT</i> , <i>big data</i> , <i>IA</i> e <i>cloud computing</i> na servitização | Proporciona um <i>framework</i> integrativo e identifica áreas-chave para pesquisas futuras em servitização digital. | Explorar como as tecnologias digitais específicas impactam a cocriação de valor e as estratégias de plataforma em servitização. | <i>IoT</i> , <i>Big Data</i> , <i>IA</i> , computação em nuvem                                |
| <i>The Collision of digital and green: Digital transformation and green economic efficiency</i>                                 | Lv e Chen (2024)          | Impacto da transformação digital na eficiência da economia verde em cidades chinesas.                                                                                                                                 | – Aumento significativo na economia verde urbana com a política chinesa;<br>– Promoção da transformação estrutural verde e inovação.                                                                            | – Medida abrangente e melhora na eficiência da economia verde.                                                       | Exploração de contextos geográficos e setores industriais. Análise das dinâmicas de políticas públicas e seu impacto.           | O estudo destaca e os efeitos globais da transformação digital na eficiência económica verde* |

Quadro 11 – Lacunas observadas que norteiam o estudo

(continua)

| <b>Título</b>                                                                                                                                    | <b>Autores</b>                 | <b>Foco do estudo</b>                                                                               | <b>Principais achados</b>                                                                                                                                                                                                                               | <b>Contribuições da literatura</b>                                                                                                                                                             | <b>Lacunas/Estudos Futuros</b>                                                                                                                                    | <b>Tipo de serviços digitais mencionados</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Blazing the trail: The role of digital and green servitization on technological innovation</i>                                                | Upadhayay <i>et al.</i> (2024) | Efeitos da servitização digital e sustentáveis na inovação tecnológica das empresas.                | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Relação positiva entre servitização digital e intensidade de inovação.</li> <li>– Empresas que oferecem serviços verdes tendem a ser menos inovadoras.</li> </ul>                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Integração de tecnologias digitais com modelos de negócios orientados para serviços sustentáveis</li> </ul>                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Investigação sobre a sustentabilidade nos modelos de negócios servitizados.</li> </ul>                                   | A pesquisa descreve os serviços digitais e sustentabilidade. Os autores descrevem que essa combinação, enfatiza a importância de equilibrar os serviços para alcançar os objetivos de inovação*.                                                                                                                                                      |
| <i>A data-driven Recommendation Tool for Sustainable Utility Service Bundles</i>                                                                 | Vom Scheidt e Staudt (2024)    | Modelo de recomendação de pacotes de serviços sustentáveis para clientes residenciais.              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Sinergias entre tecnologias sustentáveis flexíveis e tarifas variáveis no tempo.</li> <li>– Utilidade da partilha de diferentes níveis de dados de agregados familiares.</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Estratégias de <i>marketing</i> de utilidade baseadas em dados.</li> <li>– Foco na integração de dados de consumo de energia dos clientes.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Investigação sobre a aceitação e a reação dos clientes às recomendações aos pacotes de serviços sustentáveis.</li> </ul> | O artigo discute um modelo para recomendar pacotes de serviços que incluem: tecnologias, soluções de mobilidade, tarifas de eletricidade, sistemas solares fotovoltaicos opcionais e armazenamento de baterias domésticas. O foco principal está na otimização destes pacotes para eficiência de custos e sustentabilidade num contexto residencial*. |
| <i>Can gamification help green supply chain management firms achieve sustainable results in servitized ecosystem? An empirical investigation</i> | Behl <i>et al</i> (2024)       | Papel da gamificação na promoção de práticas sustentáveis de gestão da cadeia de suprimentos verde. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Gamificação aumenta o comprometimento com objetivos e gestão da cadeia de suprimentos verde.</li> <li>– Experiência lúdica modera a ligação entre servitização digital e compromisso com objetivos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Impacto da gamificação na servitização da cadeia de suprimentos sustentável.</li> </ul>                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Estudo sobre a eficácia da gamificação em diferentes tipos de tarefas e funções na cadeia de suprimentos.</li> </ul>     | Tipos de serviços abordados: operações de manutenção e reparo, atualizações de melhorias em produtos; assinaturas (serviços de forma contínua) e serviços que agregam valor para o cliente.                                                                                                                                                           |

Quadro 11 – Lacunas observadas que norteiam o estudo

(conclusão)

| Título                                                                                                                                                     | Autores                    | Foco do estudo                                                                               | Principais achados                                                                                                                                                                                                                                                          | Contribuições da literatura                                                                                                        | Lacunas/Estudos Futuros                                                                                                                                                                                                                                              | Tipo de serviços digitais mencionados                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Moderating ESG compliance between industry 4.0 and green practices with green servitization: Examining its impact on green supply chain performance</i> | Kumar <i>et al.</i> (2024) | Como a Indústria 4.0 e práticas verdes melhoram o desempenho da cadeia de suprimentos verde. | <ul style="list-style-type: none"><li>– Efeitos positivos da Indústria 4.0 e práticas verdes na servitização verde e desempenho da cadeia de suprimentos verde.</li><li>– ESG modera a relação entre práticas verdes e desempenho da cadeia de suprimentos verde.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>– Modelo de pesquisa que combina teoria institucional e visão baseada em recursos.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>– Estudo do impacto de diferentes níveis de maturidade da Indústria 4.0 nas práticas de servitização verde.</li><li>– Investigação sobre como diferentes setores podem adotar e se beneficiar da servitização verde.</li></ul> | Serviços com foco na sustentabilidade categorias de serviços de PSS ( <i>Product Service System; smoothing services; adapting services e substituting services</i> ). Serviços verdes no contexto de TIC estão atrelados ao desenvolvimento de produtos digitalmente sustentáveis e gestão do ciclo de vida do produto. |

Fonte: elaborado pela autora com base na bibliografia consultada.

A análise dos achados no Quadro 11 revela *insights* importantes sobre a interação entre: relação entre servitização, digitalização e sustentabilidade. Os estudos de Vom Scheidt e Staudt (2024), Upadhayay *et al.* (2024), Behl *et al.* (2024) e Kumar *et al.* (2024) destacam a importância de adaptações operacionais, a valorização de dados e a integração de plataformas digitais para a criação de valor em serviços avançados. Esses estudos convergem na importância da integração de tecnologias digitais para aprimorar a oferta de serviços, otimizar processos operacionais e fomentar a inovação.

Os achados de Baines e Lightfoot (2013) ressaltam a importância das práticas operacionais e tecnologias na entrega de serviços avançados. O estudo identifica seis práticas, como: Instalações; integração micro vertical e relacionamento com fornecedores; tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), medição de desempenho e demonstração de valor, implantação de pessoas e suas habilidades e processos de negócios e relacionamento com clientes, são fundamentais para uma servitização bem-sucedida. Isso indica que a transformação de uma empresa de manufatura para uma orientada a serviços requer uma mudança significativa nas operações e capacidades.

Complementando essa perspectiva, o estudo de Opresnik e Taisch (2015) introduz a estratégia de *Big Data* na servitização e revela que a coleta e análise de grandes volumes de dados podem criar fluxos de receita e reduzir custos. Isso destaca o valor estratégico do *Big Data* na criação de vantagem competitiva e na transformação digital das empresas.

Lerch e Gotsch (2015) categorizam os Sistemas de Produtos–Serviços (PSS) digitalizados com base na finalidade e na arquitetura, oferecendo uma estrutura para entender como a digitalização pode melhorar as ofertas de serviços. A digitalização é vista como um facilitador crítico para a inovação e a melhoria contínua dos serviços.

Nos estudos de Eloranta e Turunen (2016) e Cenamor, Sjöдина e Parida (2017), observa-se o foco em como as plataformas podem ajudar na implementação de serviços avançados e na orquestração de redes de serviços. As abordagens de plataforma são essenciais para gerenciar a complexidade e alavancar a digitalização para personalização e eficiência operacional.

Ademais, estudos como os de Coreynen *et al.* (2017) e Rymaszewska, Helo e Gunasekaran (2017) demonstram os primeiros impactos da digitalização e do sistema *IoT*. Conforme destacado pelos autores, a digitalização e a *IoT* são identificadas como facilitadores–chave para a servitização, permitindo a criação de novos modelos de negócios e a melhoria dos processos de servitização. A *IoT*, em particular, oferece *insights* sobre a reconfiguração de sistemas de bens tangíveis–serviços e a criação de valor adicional para os clientes.



Pesquisas recentes, como as de Sklyar *et al.* (2019), Kohtamäki *et al.* (2019) e Lv e Chen (2024), têm focado na transformação digital e sustentabilidade. Estes estudos destacam a interseção entre servitização, digitalização, e sustentabilidade, o que reflete no foco deste estudo de tese. A transformação digital não apenas melhora a eficiência operacional, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental e econômica.

Entretanto, as evidências indicam que os investimentos em digitalização resultam em crescimento de desempenho de forma limitada, gerando preocupações sobre os efeitos práticos da digitalização (Lyu *et al.*, 2023). As empresas manufatureiras podem se deparar com o "paradoxo da digitalização", onde os investimentos em tecnologia digital não resultam necessariamente em aumento de desempenho devido a custos ascendentes (Yang; Zhang; Zhang, 2023; Sjödin *et al.*, 2020).

Esse cenário evidencia que existem perspectivas divergentes no meio acadêmico sobre os impactos das tecnologias digitais, sinalizando a necessidade de uma compreensão aprofundada e contextualizada dos efeitos da digitalização nas organizações (Grybauskas; Stefanini; Ghobakhloo, 2022). Isso reforça que este estudo é viável para o avanço do conhecimento.

A transição para a servitização oferece uma oportunidade significativa para empresas de energia solar aumentarem sua competitividade e inovação. Estudos evidenciam que existem perspectivas divergentes no meio acadêmico sobre os impactos das tecnologias digitais, e a literatura sinaliza a necessidade de uma compreensão de forma aprofundada e contextualizada dos efeitos da digitalização nas organizações (Grybauskas; Stefanini; Ghobakhloo, 2022), o que reforça que este estudo é viável para o avanço do conhecimento.

Corroborando, Lv e Chen (2024) examinam a transformação digital na sustentabilidade e enfatizam a importância de entender como a servitização digital pode impactar no setor econômica e ambiental em empresa de energia solar. Dado esse contexto, é essencial explorar as particularidades deste setor. Este segmento, encontra-se em rápida expansão e apresenta características únicas que influenciam diretamente a implementação de estratégias de servitização conforme destaca a próxima seção.

Do ponto de vista gerencial, a servitização proporciona vantagens competitivas, permitindo a diferenciação no mercado e a criação de receitas previsíveis (Forkmann *et al.*, 2017a; Cui *et al.*, 2019; Colm; Ordanini; Bornemann, 2020). No entanto, a falta de estratégias para superar barreiras internas e externas pode levar a erros significativos e à perda de competitividade (Kowalkowski *et al.*, 2017; Kryvinska; Kaczor; Strauss, 2020).

Este estudo busca oferecer diretrizes práticas para que empresas de energia solar possam gerenciar a transição para a servitização, integrando práticas digitais e sustentáveis que maximizem inovação e competitividade. O modelo proposto orientará a identificação e mitigação de riscos, além do realinhamento estratégico, promovendo uma transformação sustentável e eficiente.

A contribuição prática desta pesquisa está em capacitar gestores a implementar a servitização de forma bem-sucedida, alinhando estratégias digitais e sustentáveis. Isso trará ganhos em eficiência, satisfação do cliente e rentabilidade, impulsionando um futuro mais inovador e sustentável no setor de energia solar.

A conclusão deste capítulo identifica as principais lacunas e reforça o foco do modelo. O estudo prioriza a integração entre tecnologias digitais e práticas de servitização para gerar valor sustentável, com ênfase nas características do setor de energia solar. Assim, o modelo busca alinhar a servitização com a digitalização, e destaca o uso das tecnologias para fornecer *insights* operacionais em tempo real e otimizar a manutenção e gestão de desempenho.

Dessa forma, a tese desenvolve um modelo para implementar a servitização digital em empresas de energia solar, com diretrizes para superar barreiras estruturais e gerenciais e apoiar a sustentabilidade e eficiência. A pesquisa capacita o setor a adotar estratégias que combinem práticas servitizadas e digitais, que visa fortalecer a competitividade e promover uma transição para um mercado mais verde e digital.

## 2.7 SETOR DE ENERGIA SOLAR

O setor fotovoltaico brasileiro apresenta crescimento acelerado e estratégico, tendo alcançado cerca de 60 GW de capacidade instalada, o que já corresponde a aproximadamente 23% da matriz elétrica nacional, conforme os dados da Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR). Desse total, cerca de 42 GW referem-se à geração distribuída, segmento formado por milhões de consumidores residenciais, comerciais e rurais, consolidando-se como o principal motor do mercado no país (ABSOLAR, 2025).

A regulamentação iniciada pela Resolução Normativa nº 482/2012 e posteriormente reforçada pela Lei nº 14.300/2022 criou um ambiente propício à expansão do setor, impulsionando tanto a geração distribuída quanto a centralizada (ANEEL, 2025). De acordo com o Ministério de Minas e Energia, o Brasil, cuja matriz elétrica é composta em cerca de 80% por fontes renováveis, encontra-se em posição privilegiada para liderar a transição energética global (BRASIL, 2023).

Nesse contexto, destaca-se que o mercado fotovoltaico brasileiro é majoritariamente composto por pequenas e médias empresas (PMEs). Um levantamento indica que, das aproximadamente 26,6 mil empresas ativas, 51% são microempresas, 27% MEIs, 16% pequenas e 6% médias, enquanto apenas 0,6% se enquadram como grandes empresas (Canal Solar, 2023). Essa predominância está diretamente associada à demanda crescente por sistemas de geração distribuída instalados em telhados de residências, comércios e propriedades rurais, confirmada pelos dados da ANEEL (2025), que registram o elevado número de conexões de micro e minigeração em todo o território nacional. Nesse cenário, as PMEs desempenham papel essencial ao viabilizar a capilaridade do setor, ampliando o acesso a soluções energéticas sustentáveis e acessíveis.

Diante desse cenário de crescimento contínuo e transformação estrutural, a servitização desponta como uma estratégia fundamental para potencializar os resultados no setor (Singh *et al.*, 2022). A transição de modelos de negócio centrados exclusivamente na venda de produtos para aqueles que oferecem soluções completas representa uma oportunidade significativa. Nessa lógica, as empresas ampliam suas ofertas para além da comercialização de painéis solares, incorporando serviços de instalação, manutenção, monitoramento e otimização de sistemas fotovoltaicos (Scheidt; Staudt, 2024; Vandermerwe; Erixon, 2023; Singh *et al.*, 2022).

Essa abordagem fortalece a fidelização dos clientes e gera fluxos de receita recorrentes e sustentáveis, assegurando não apenas a continuidade do crescimento, mas também maior aderência às demandas de um mercado cada vez mais orientado por soluções digitais e sustentáveis (Park, 2022).

Adicionalmente, a servitização digital leva a servitização a um novo nível, integrando tecnologias digitais para aprimorar os serviços oferecidos (Lv; Chen, 2024). Estudos recentes destacaram a relevância da servitização e da digitalização no setor de energia solar, o que demonstra como essas práticas estão revolucionando o mercado. Vom Scheidt e Staudt (2024) exploraram como ferramentas de recomendação baseadas em dados podem ajudar a criar pacotes de serviços sustentáveis, oferecendo soluções personalizadas que atendem às necessidades específicas dos clientes. Este enfoque não só melhora a eficiência operacional como também aumenta a satisfação do cliente.

Lv e Chen (2024) discutem a eficiência econômica verde promovida pela transformação digital, mostrando como a adoção de tecnologias digitais pode reduzir custos e melhorar o desempenho ambiental das empresas de energia solar. A transformação digital, nesse contexto, é vista como uma alavanca para a sustentabilidade e competitividade no mercado.

Por outro lado, estudos de Smania *et al.* (2024) e Upadhayay *et al.* (2024) analisam as tensões paradoxais e o papel da servitização digital na inovação tecnológica. Esses estudos revelam os desafios e as oportunidades que surgem quando as empresas tentam integrar serviços digitais em seus modelos de negócios tradicionais, destacando a importância de uma abordagem equilibrada para evitar conflitos internos e garantir uma implementação bem-sucedida.

Vendrell-Herrero *et al.* (2024) abordam a integração eficiente entre transformação digital e servitização, propondo que essa combinação pode levar a ganhos significativos de eficiência e inovação. Os autores enfatizam que uma estratégia bem planejada de servitização digital pode transformar a maneira como as empresas operam e interagem com seus clientes.

Chávez *et al.* (2024) exploram o avanço da sustentabilidade por meio da servitização digital na indústria de transporte marítimo. A pesquisa demonstra como a aplicação de tecnologias digitais pode ajudar a alcançar metas ambientais ambiciosas. Ainda, os autores destacam que a digitalização não apenas facilita a gestão eficiente dos recursos, mas também impulsiona a sustentabilidade em setores tradicionalmente difíceis de descarbonizar.

A combinação de crescimento acelerado, inovação tecnológica e foco em sustentabilidade coloca o setor de energia solar na vanguarda das energias renováveis. A servitização desempenha um papel essencial na maximização do valor oferecido aos clientes e na promoção de práticas empresariais sustentáveis, consolidando-se como uma estratégia fundamental para o sucesso a longo prazo das empresas do setor.

Para ilustrar os diferentes tipos de serviços digitais aplicáveis a empresas de energia solar, o Quadro 12 apresenta uma visão abrangente dos serviços, suas descrições, autores, os desafios e benefícios associados, bem como, exemplos práticos na área do estudo.

Quadro 12 – Serviços ofertados na servitização digital no setor de energia solar

(continua)

| Tipo de Serviço Digital            | Descrição                                                                                                   | Autores                                                                                                                                                        | Desafios                                                         | Benefícios                                                              | Exemplos práticos                                                                                                                |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Monitoramento e Manutenção Remota  | Monitoramento de equipamentos e sistemas à distância, com manutenção preventiva baseada em dados coletados. | Baines e Lightfoot (2013); Kumar <i>et al.</i> (2024).                                                                                                         | Confiabilidade dos dados, segurança cibernética.                 | Redução de custos de manutenção, aumento da vida útil dos equipamentos. | Monitoramento remoto de painéis solares para detecção de falhas e manutenção preventiva.                                         |
| Análise de Dados e <i>Big Data</i> | Coleta e análise de grandes volumes de dados para gerar <i>insights</i> que melhoram a tomada de decisão.   | Opresnik e Taisch (2015); Shen, Sun e Parida (2023).                                                                                                           | Gestão de grandes volumes de dados, privacidade dos dados.       | Melhora na tomada de decisão, aumento da eficiência operacional.        | Análise de dados de produção de energia solar para otimizar o desempenho e prever a geração futura.                              |
| Plataformas Integradas de Serviços | Plataformas que integram diversos serviços para oferecer soluções completas aos clientes.                   | Baines e Lightfoot (2013); Eloranta e Turunen (2016).                                                                                                          | Complexidade de integração, custo de implementação.              | Conveniência para o cliente, centralização de serviços.                 | Plataformas que integram serviços de instalação, monitoramento e manutenção de sistemas solares.                                 |
| Personalização de Produtos         | Serviços que permitem a customização de produtos de acordo com as necessidades específicas dos clientes.    | Baines e Lightfoot (2013); Cenamor, Sjödin e Parida (2017).                                                                                                    | Complexidade na produção, necessidade de dados precisos.         | Satisfação do cliente, soluções sob medida.                             | Configuração de sistemas solares personalizados para atender às necessidades específicas de clientes residenciais ou comerciais. |
| Conectividade e <i>IoT</i>         | Soluções que garantem a conectividade entre diferentes sistemas e dispositivos para uma operação integrada. | Coreynen <i>et al.</i> (2017); Rymaszewska, Helo e Gunasekaran (2017); Kohtamäki <i>et al.</i> (2019); Paiola <i>et al.</i> (2021); Shen, Sun e Parida (2023). | Segurança de rede, interoperabilidade.                           | Operação integrada, monitoramento em tempo real.                        | Soluções que garantem a conectividade entre sistemas de painéis solares, inversores e sistemas de armazenamento.                 |
| Serviços Inteligentes e <i>IA</i>  | Soluções que utilizam inteligência artificial e outras tecnologias avançadas para otimização e inovação.    | Lerch e Gotsch (2015); Kohtamäki <i>et al.</i> (2019); Paschou <i>et al.</i> (2020); Shen, Sun e Parida (2023).                                                | Complexidade tecnológica, custos iniciais altos.                 | Otimização da eficiência, inovação contínua.                            | Soluções inteligentes que otimizam a captação e armazenamento de energia solar.                                                  |
| Ecossistemas de Serviços Digitais  | Implementação de serviços digitais dentro de ecossistemas complexos de negócios.                            | Sklyar <i>et al.</i> (2019); Paschou <i>et al.</i> (2020).                                                                                                     | Coordenação entre partes interessadas, alinhamento de objetivos. | Colaboração melhorada, soluções integradas.                             | Implementação de serviços digitais que conectam fabricantes, instaladores e clientes em um ecossistema colaborativo.             |

Quadro 12 – Serviços ofertados na servitização digital no setor de energia solar

(conclusão)

| Tipo de Serviço Digital                       | Descrição                                                                                              | Autores                                                                                                                                                                                                           | Desafios                                                     | Benefícios                                                  | Exemplos práticos                                                                                 |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) | Utilização de TIC para suportar e melhorar a prestação de serviços.                                    | Baines e Lightfoot (2013); Eloranta e Turunen (2016); Sánchez-López <i>et al.</i> (2018); Tronvoll <i>et al.</i> (2020); Upadhayay <i>et al.</i> (2024); Chávez <i>et al.</i> (2024); Kumar <i>et al.</i> (2024). | Adaptação tecnológica, custos de treinamento.                | Melhoria no atendimento ao cliente, eficiência operacional. | Uso de TIC para suporte ao cliente e monitoramento remoto de sistemas solares.                    |
| Produtos e Soluções Modulares                 | Uso de componentes modulares para criar soluções flexíveis e personalizadas.                           | Cenamor, Sjödin e Parida (2017).                                                                                                                                                                                  | Complexidade de configuração, compatibilidade de módulos.    | Flexibilidade, facilidade de atualização e expansão.        | Uso de componentes modulares para configurar sistemas solares de forma personalizada e eficiente. |
| Serviços Digitais na Manufatura               | Implementação de serviços digitais no processo de manufatura para melhorar eficiência e produtividade. | Lerch e Gotsch (2015); Coreynen, Matthyssens e Bockhaven (2017); Shen, Sun e Parida (2023).                                                                                                                       | Adaptação dos processos de manufatura, investimento inicial. | Aumento da produtividade, redução de desperdícios.          | Implementação de soluções digitais para melhorar a eficiência de produção de sistemas solares.    |
| Arquiteturas e Infraestruturas Tecnológicas   | Estruturas tecnológicas que suportam a implementação de serviços digitais.                             | Eloranta e Turunen (2016).                                                                                                                                                                                        | Custo de implementação, manutenção da infraestrutura.        | Suporte robusto para serviços digitais, escalabilidade.     | Infraestrutura tecnológica que suporta a operação e monitoramento de sistemas solares.            |

Fonte: elaborado com base na busca bibliográfica.

O Quadro 12 apresenta uma visão detalhada e abrangente dos diversos serviços digitais que podem ser implementados em empresas de energia solar. Esses serviços incluem monitoramento remoto, análise de dados, plataformas integradas, personalização de produtos e tecnologias de conectividade. Cada serviço é explicado de forma a incluir uma descrição detalhada, a base teórica que o sustenta, exemplos práticos no setor de energia solar, além dos desafios e benefícios associados.

Ao examinar essas informações, é possível identificar as oportunidades e obstáculos na implementação de serviços digitais no setor de energia solar. Essa análise não só destaca as capacidades e os benefícios dos serviços digitais, mas também aponta os desafios práticos que as empresas podem enfrentar, como a segurança dos dados e a complexidade de integração de novos sistemas. A compreensão desses aspectos é crucial para qualquer empresa que busca implementar ou aprimorar suas soluções de energia solar com o auxílio de tecnologias digitais.

## 2.8 INDICADORES DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE

No contexto da servitização digital, a produção com qualidade envolve uma gama diversificada de variáveis, que refletem os novos elementos surgidos tanto internamente quanto externamente na organização. A avaliação da qualidade deve ser um processo contínuo, que exige mecanismos quantitativos precisos, visíveis e adequados para acompanhar processos dinâmicos.

Esse processo de avaliação baseia-se em indicadores da qualidade e da produtividade, desenvolvidos a partir de métricas quantitativas. Esses indicadores devem ser objetivos, claros, precisos, viáveis, representativos, ajustados, únicos, abrangentes e orientados a resultados (Paladini, 2009). Na servitização digital, os indicadores funcionam como dados quantitativos que expressam o desempenho da empresa em termos de eficiência, eficácia e satisfação do cliente. Eles possibilitam o monitoramento da evolução de produtos ou processos ao longo do tempo, o que é essencial para garantir competitividade e inovação contínua no setor de energia solar.

Esses indicadores estão frequentemente associados a diferentes ambientes de produção, cada um com características específicas que influenciam os esforços de qualidade. Esses ambientes incluem as categorias: *on-line*, *off-line* e *in-line* (Paladini, 2009). Essa categorização é relevante para empresas fotovoltaicas em processos de servitização digital, pois permite avaliar com precisão e contexto os indicadores da qualidade em cada fase do ciclo de

produção e serviço. O Quadro 13 resume os principais conceitos desses ambientes, conforme apresentados por Paladini (2009).

Quadro 13 – Conceitos dos ambientes: *on-line*, *off-line* e *in-line*

| Ambiente        | Descrição                                                                                                  | Enfoque                                                                 | Detalhes Importantes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>On-line</i>  | Relações estabelecidas pelas empresas com o mercado. Ênfase no papel do cliente na definição da qualidade. | Flexibilidade e agilidade no processo produtivo.                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Capacidade de captar rapidamente mudanças nas preferências, hábitos ou comportamentos de consumo;</li> <li>– Integração dessas mudanças no processo produtivo;</li> <li>– Vida útil do produto começa com a identificação de uma necessidade, não mais apenas após a compra; e</li> <li>– Dependência de informações <i>on-line</i> para identificar tendências.</li> </ul> |
| <i>Off-line</i> | Operações realizadas fora da linha de produção principal, mas que influenciam diretamente seu desempenho.  | Suporte e influência na produção.                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Exemplos: manutenção, gestão de almoxarifado, controle e gerenciamento do processo produtivo;</li> <li>– Outras áreas relacionadas: setor comercial, recursos humanos, marketing; e</li> <li>– Conexão estreita com a linha de produção.</li> </ul>                                                                                                                         |
| <i>In-line</i>  | Foco na obtenção de qualidade diretamente no processo produtivo, enfatizando as linhas de produção.        | Prevenção de defeitos e aperfeiçoamento contínuo do processo produtivo. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Prioridade em evitar qualquer tipo de defeito; – Importância de seguir rigorosamente os padrões operacionais; – Foco no aperfeiçoamento contínuo e no desenvolvimento de operações eficazes; e</li> <li>– Qualidade é vista como a culminação de todas as operações do processo produtivo.</li> </ul>                                                                       |

Fonte: Paladini (2009).

O Quadro 13 destaca três abordagens para a gestão da qualidade no ambiente: *on-line*, *off-line* e *in-line*. O ambiente *on-line*, foca na adaptação rápida às mudanças do mercado, e integra novas demandas ao processo produtivo. A flexibilidade é chave para manter a competitividade. Já o *off-line*, inclui operações de suporte, como manutenção e gestão de recursos, que influenciam diretamente o desempenho produtivo. E por último, o *in-line*, que prioriza a prevenção de defeitos durante a produção e assegura a qualidade desde o início com foco no aperfeiçoamento contínuo.

Dessa forma a integração dessas abordagens torna-se essencial para que as empresas mantenham a qualidade, agilidade e capacidade de adaptação em mercados dinâmicos. Cada abordagem contribui de forma única para o sucesso operacional e competitivo, refletindo a complexidade e a interdependência das operações modernas.

### 2.8.1 Indicadores da qualidade e produtividade para o setor fotovoltaico

Para avaliar a qualidade dos processos de servitização digital em empresas de energia solar, é necessário estabelecer indicadores que estejam relacionados ao ambiente de avaliação,



seguindo a classificação de ambientes (*on-line*, *off-line* e *in-line*) conforme definido por Paladini (2009).

Inicialmente, é necessário definir a relação de cada indicador com o ambiente de avaliação correspondente. Nessa etapa, devem ser associadas as seguintes informações ao indicador: objetivo, justificativa, ambiente, padrão, elemento, fator e medida, conforme descrito por Paladini (2009), no contexto de servitização digital:

- a) **Objetivo:** define a direção das ações de avaliação da qualidade que serão desenvolvidas a partir do indicador;
- b) **Justificativa:** destaca a importância da avaliação no contexto da servitização digital, ressaltando a necessidade de monitorar e melhorar continuamente os processos de integração de serviços digitais;
- c) **Ambiente:** refere-se ao contexto específico em que o indicador será aplicado, seja em operações: *on-line*, *off-line* ou *in-line*. O elemento identifica o ambiente específico em que o indicador se aplica;
- d) **Padrão:** identifica o referencial utilizado para verificar melhorias nos processos avaliados, assegurando que as práticas de servitização digital estejam alinhadas com os padrões de excelência e inovação esperados no setor de energia solar. Este estudo não desenvolveu este item, concentrando-se na construção de um referencial teórico sólido para pesquisas futuras;
- e) **Fator:** estabelece a relação entre duas ou mais variáveis dentro do mesmo elemento, proporcionando uma compreensão detalhada e correlacionada do indicador;
- f) **Elemento:** o elemento pode ser descrito como a categoria ou variável específica que representa uma parte do processo ou sistema a ser avaliado;
- g) **Medida:** define as unidades utilizadas para quantificar os fatores, permitindo uma avaliação precisa e consistente dos indicadores de desempenho.

Os indicadores servem como uma ferramenta abrangente para avaliar diferentes aspectos do desempenho organizacional. A literatura categoriza os indicadores em três grupos principais: estratégico, tático e operacional, o que reflete as diferentes camadas de gestão e operação dentro das empresas.

Segundo Paladini (2012), os indicadores estratégicos se concentram em aspectos de longo prazo que influenciam diretamente a sustentabilidade e o posicionamento competitivo da empresa no mercado. Esses indicadores estão ligados à eficácia das ações estratégicas, à satisfação dos clientes e ao impacto ambiental. Por outro lado, os indicadores táticos servem como um modelo intermediário de gestão, posicionando-se entre o ambiente operacional e o

contexto estratégico. Focados na execução e no suporte às operações, eles avaliam a eficácia da implementação de novas tecnologias, produtos e práticas organizacionais.

Os indicadores operacionais se concentram na eficiência diária e na qualidade das operações. Eles avaliam aspectos como a produção, a rapidez no atendimento, a gestão de recursos e a capacidade de resposta operacional. A visão operacional da qualidade, em sua abrangência, origina a gestão da qualidade no processo. Esta gestão é definida pelo direcionamento das ações do processo produtivo para garantir a satisfação plena do cliente. A estratégia central para alcançar isso envolve três etapas principais: eliminação de perdas, identificação e eliminação das causas dessas perdas, e a otimização contínua do processo (Paladini, 2009).

### 3 MÉTODO E TÉCNICAS DE PESQUISA

Este capítulo apresenta os aspectos metodológicos que caracterizam a presente pesquisa de tese. Primeiramente, apresenta-se o delineamento metodológico adotado para realizar o estudo, indicando as bases que orientam a investigação, justificando ser consentânea com os objetivos propostos para desenvolvê-la. Na sequência vem o protocolo do estudo, contemplando as técnicas de coleta e análise de dados a serem aplicadas para obter o modelo de negócio.

O método científico é um conjunto sistemático de atividades que serve para atingir os objetivos de uma pesquisa com resultados consistentes (Marconi; Lakatos, 2010). De acordo com Da Silva e Menezes (2005), para a realização de pesquisa, é necessário a construção de um conhecimento original que atenda a determinados requisitos científicos.

É um processo sistemático, controlado e crítico que possibilita a descoberta de novos fatos ou dados, relações ou leis em qualquer área do conhecimento (Marconi; Lakatos, 2010). Para ser considerado científico, um estudo deve obedecer a critérios de coerência, consistência, originalidade e objetividade (Da Silva; Menezes, 2005).

Esses critérios levam em consideração aspectos relacionados a: natureza, métodos, objetivos, procedimentos técnicos e abordagem, e essa classificação é importante para entender a forma como a pesquisa é conduzida (Marconi; Lakatos, 2010). É um estudo planejado, e o método de abordagem do problema é o que caracteriza o aspecto científico da investigação (Prodanov; De Freitas, 2013). Dessa forma, a metodologia empregada nesse estudo é apresentada no Quadro 14.

Quadro 14 – Enquadramento da pesquisa

| <b>Descrição</b>     | <b>Classificação da pesquisa</b>                                                                                                                               |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Natureza da pesquisa | Aplicada                                                                                                                                                       |
| Método científico    | Multimétodos                                                                                                                                                   |
| Abordagem            | Qualitativa e exploratória                                                                                                                                     |
| Procedimento técnico | Estudo de caso (entrevistas semiestruturadas e triangulação com análise documental e observação direta) e aplicação do questionário com pesquisadores do tema. |

Fonte: elaborada pela autora

A presente pesquisa adota uma abordagem qualitativa de natureza exploratória. Embora tenha utilizado um questionário estruturado como instrumento de avaliação prática com pesquisadores do tema, o tratamento dos dados teve caráter qualitativo, com foco na análise de

conteúdo e na interpretação dos achados em relação à literatura. Assim, o estudo não utiliza técnicas estatísticas inferenciais, não sendo caracterizado como quantitativo. Com base nas referências de Da Silva e Menezes (2005) e Prodanov e De Freitas (2013), pode-se afirmar que essa pesquisa é classificada como aplicada, uma vez que busca gerar conhecimentos para aplicação prática na resolução de problemas específicos.

O método utilizado na pesquisa combina de diferentes fontes e métodos de coleta de dados, se caracteriza como multimétodos, sendo: teórico–conceitual e empírica. Como mencionado, a primeira parte da tese é de natureza teórica–conceitual, uma vez que apresenta análises a partir da revisão da literatura disponível sobre os temas de servitização e mudança organizacional. Essa etapa teórica da pesquisa foi baseada na revisão literatura proposta por Hart (2018). Para Cauchick–Miguel *et al.* (2019) a realização de uma revisão de literatura pode permitir a obtenção de respostas para uma variedade de questões relacionadas a um determinado tema.

De acordo com Hart (2018) a revisão da literatura é uma etapa fundamental em muitos projetos de pesquisa, envolvendo a busca, seleção, análise e síntese das informações disponíveis na literatura científica sobre um determinado tema. O objetivo da revisão da literatura é fornecer uma visão ampla e atualizada do estado da arte do conhecimento sobre o tema em questão, identificar lacunas e conflitos nas evidências, e propor novas hipóteses e soluções.

Com relação a segunda parte da pesquisa é classificada como empírica, pois analisa o objeto de estudo por meio de dados primários e secundários coletados diretamente pelo pesquisador, conforme a definição (Cauchick–Miguel *et al* 2018). Nesse contexto, principal a intenção é entender como se dá o processo de mudança organizacional nas empresas manufatureiras, por meio de entrevista semiestruturadas. Nessa etapa, realizou-se a aplicação do questionário com estudiosos do tema e o estudo de caso.

O questionário é amplamente utilizado como instrumento de coleta de dados em pesquisas na área de Engenharia de Produção. Conforme Cauchick-Miguel (2012), trata-se de um conjunto estruturado de perguntas elaborado de forma a permitir que os participantes respondam de maneira autônoma, sem a necessidade de interação direta com o pesquisador. Essa metodologia favorece a padronização das informações coletadas e é útil em estudos exploratórios que buscam captar percepções sobre temas específicos, como a servitização digital, foco desta pesquisa. Para viabilizar a aplicação, o questionário foi enviado por e-mail e operacionalizado por meio da plataforma Google Forms.

Adicionalmente, esta pesquisa adotou a abordagem de estudo de caso, que permite um exame aprofundado e contextualizado do fenômeno investigado. A escolha dessa estratégia

justifica-se pela necessidade de aprofundar a compreensão do fenômeno, conforme recomenda Yin (2015), especialmente em pesquisas de natureza exploratória que visam analisar contextos contemporâneos complexos.

No entanto, como destacam Cauchick-Miguel *et al.* (2018), essa escolha metodológica apresenta limitações em termos de validade externa, devido à impossibilidade de generalização dos resultados a outros contextos.

Para complementar a coleta de dados e aprofundar a compreensão do caso analisado, foi empregada a técnica de entrevista semiestruturada, a qual possibilita maior flexibilidade na investigação, ao mesmo tempo em que se mantém alinhada aos objetivos da pesquisa. Segundo Cauchick-Miguel (2012) a entrevista semiestruturada se caracteriza por questionamentos embasados em teorias e hipóteses relacionadas ao tema da pesquisa, com o intuito de gerar novas hipóteses a partir das respostas dos informantes. O investigador-entrevistador é responsável por direcionar o foco principal da entrevista. Além de descrever a entrevista semiestruturada também possibilita a explicação e a compreensão de sua totalidade.

Com relação aos objetivos propostos dessa pesquisa são classificados como descritiva. Esse tipo de pesquisa visa descrever e expor as características de um grupo ou fenômeno, fornecendo subsídios tanto para a construção da teoria quanto para seu refinamento (Marconi; Lakatos, 2010; Prodanov; De Freitas, 2013).

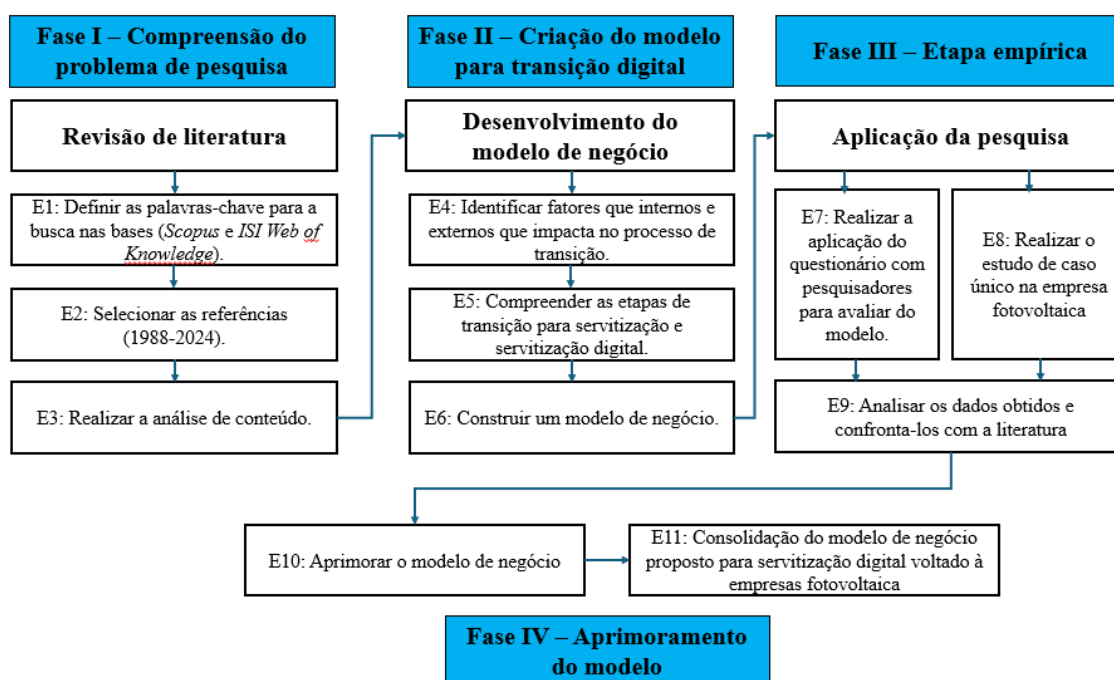
Quanto à abordagem, este estudo é do tipo qualitativa. O método qualitativo é justificado pela necessidade de compreender o problema de pesquisa, fazendo com que o acontecimento seja examinado com profundidade, concentrando-se numa situação específica. A pesquisa qualitativa torna-se um procedimento contínuo de construção de uma versão da realidade, cujo propósito, além do fenômeno estudado, é revelar discursos e/ou declarações de interlocutores sobre os fatos (Flick, 2009).

Para confrontar a visão teórica com os contextos reais, é necessário estabelecer conceitos de pesquisa e modelos operacionais, ou uma visão geral. Para isso, o trabalho busca compreender as estratégias e motivos que levaram as organizações a realizarem a mudança organizacional frente aos fatores contextuais. Tal opção se justifica por sua adequação à abordagem do problema estudado, traduzida na seguinte questão de pesquisa: como as empresas de energia solar podem gerenciar de forma eficiente a transição para a servitização e integrar práticas digitais e sustentáveis para maximizar a inovação e a competitividade no mercado? A fim de atingir os objetivos propostos do estudo, as etapas da pesquisa foram divididas em duas categorias: teórica e empírica, as quais são discutidas nas seções a seguir.

### 3.1 CONDUÇÃO DO ESTUDO

Esta etapa consiste na elaboração, revisão e fechamento do protocolo utilizado para conduzir o estudo e analisar as estratégias das organizações referente a mudança organizacional. A Figura 10 resume as etapas da pesquisa.

Figura 10 – Etapas da pesquisa



Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 10 apresenta a estrutura da pesquisa organizada em quatro blocos principais: revisão de literatura, desenvolvimento do modelo de negócio, pesquisa de campo e aprimoramento e conclusão do modelo. Na revisão de literatura (E1–E3), foram definidos os termos-chave, selecionadas as referências relevantes (1988–2024) e realizada a análise de conteúdo para identificar categorias, estratégias e lacunas sobre servitização digital. O processo de seleção dos artigos científicos que compõem a base teórica desta pesquisa está detalhado no Apêndice F, o qual apresenta o portfólio dos estudos utilizados.

O segundo passo foi a elaboração do modelo (E4–E6). Foram identificados os fatores internos e externos que impactam a transição, compreendidas as etapas do processo e construído um modelo inicial voltado ao setor fotovoltaico. O terceiro passo remete a pesquisa de campo (E7–E9) que envolveu a aplicação de questionário com pesquisadores, um estudo de caso em empresa fotovoltaica e a análise dos dados confrontando-os com a literatura. Por fim, nas etapas

finais (E10–E11), o modelo foi aprimorado com base nas evidências empíricas e a consolidação do modelo.

### 3.2 ETAPA TEÓRICA

A etapa teórica desta pesquisa foi fundamentada na revisão sistemática da literatura, seguindo a metodologia de Tranfield, Denyer e Smart (2003). Esse método é amplamente utilizado nas ciências sociais aplicadas para estruturar revisões da literatura de forma rigorosa, garantindo transparência e reprodutibilidade. O objetivo dessa revisão foi identificar os principais conceitos, desafios e tendências relacionados à servitização digital, fornecendo um referencial sólido para a formulação do modelo de negócio.

Dessa forma, esta revisão não se configura como um levantamento teórico, mas sim, como um processo metodológico estruturado, essencial para a condução da pesquisa. O método adotado permite mapear o estado da arte sobre o tema e identificar lacunas que justificam a necessidade deste estudo. Seguindo a abordagem de Tranfield, Denyer e Smart (2003), a revisão sistemática foi realizada em três etapas principais: planejamento da revisão, condução da revisão e relato e análise dos resultados.

Com o objetivo de traçar esse panorama, realizou-se a busca de artigos pertinentes na literatura, o mecanismo e as sequências de pesquisa precisam ser identificados com antecedência. O primeiro passo foi definir o escopo da pesquisa. A revisão teve como foco artigos científicos que abordam a servitização digital, transição organizacional e inovação tecnológica. Para identificar, recuperar e organizar as publicações existentes no assunto, duas bases de dados foram consultadas: a *Scopus* e a *ISI Web of Knowledge*. Amplamente reconhecidas como fontes líderes mundiais em pesquisa de serviços (Zhang; Banerji, 2017), essas bases de dados são as favoritas entre os principais pesquisadores da área – *e.g.* Nudurupati *et al.* (2016), Baines *et al.* (2017) e Kowalkowski, Gebauer e Oliva (2017). Dessa forma, acredita-se que possam oferecer melhor cobertura nesse campo de pesquisa.

Foram selecionados apenas artigos revisados por pares e que apresentassem textos completos disponíveis. Para a busca dos artigos, utilizaram-se as palavras-chave em inglês do termo servitização combinadas com os processos de mudança organizacional, conforme a Quadro 15.

Quadro 15 – Pesquisas nas bases de dados

| Principais palavras-chaves                                                                                           | Combinação de palavras-chaves                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Bases de dados |                      | Total artigos |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------|---------------|
|                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Scopus         | ISI Web of Knowledge |               |
| "servicising"<br>OR "servitization" OR<br>"servitisation" OR<br>"servicizing"                                        | "transition" OR "transformation" OR<br>"organizational chang*" OR "infusion"<br>OR "diffusion" OR "dilution" OR<br>"process*" OR "reduction" OR<br>"framework" OR "chang*" OR<br>"implementacion" OR "level" OR<br>"strategy" OR "service* growth"<br>"literatur* review" OR "systematic<br>literatur* review" OR "review" | 285            | 421                  | 706           |
| "deservitization" OR<br>"deservitisation"                                                                            | sem combinação *                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 8              | 26                   | 34            |
| Artigos encontrados                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 740            |                      |               |
| Artigos duplicados                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 197            |                      |               |
| Artigos restantes (filtro 1)                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 543            |                      |               |
| Estudos que apresentam aderência ao tema (filtro 2)                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 284            |                      |               |
| Estudos que apresentam aderência ao tema e abordam o processo de mudança organizacional (filtro 3)                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 171            |                      |               |
| Estudos com aderência ao tema de servitização e mudança organizacional: após leitura completa dos artigos (filtro 4) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 148            |                      |               |
| Seleção dos estudos pertinentes, para o tema dessa pesquisa (filtro 5)                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 122            |                      |               |
| Adicionado após a leitura dos artigos                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 18             |                      |               |
| Artigos que compõe o portfólio da pesquisa (total)                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 140            |                      |               |

Fonte: elaborada pela autora.

A seleção dos artigos seguiu critérios de inclusão: (i) apenas artigos revisados por pares, (ii) publicações em inglês, (ii) estudos que abordam servitização e mudança organizacional no contexto de transição para serviços. E critérios de exclusão: (i) trabalhos sem aderência ao tema central do estudo, (ii) estudos com escopo limitado ou fora do contexto da pesquisa. Para garantir um gerenciamento eficiente das referências e facilitar a análise dos artigos, utilizou-se os *softwares* Mendeley e R 3.5.2 (R Core Team, 2018). Essas ferramentas possibilitaram um controle mais preciso das publicações e contribuíram para a organização da revisão.

A pesquisa na base de dados da comunidade científica ocorreu em dois momentos: a primeira busca foi sem tempo mínimo estipulado, com recorte temporal até dia 06 de janeiro de 2024, e a segunda, atualizada em 25 de outubro de 2024, conforme apresentado no Quadro 16.

\* Sem busca combinação com outras das palavras-chave.



Quadro 16 – Processo de seleção dos estudos

| <b>Etapas</b>                      | <b>Procedimentos de busca</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Objetivo da busca                  | Identificar os fatores que integre estratégias eficazes de mitigação de riscos e transformação organizacional, com foco especial na servitização digital, sustentabilidade e inovação tecnológica empresarial                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Data da busca                      | Sem tempo mínimo estipulado com recorte de até 06 de janeiro de 2024.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Atualização da pesquisa            | 25 de outubro de 2024.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Bases consultadas                  | <i>Scopus e ISI Web of Knowledge.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Software de organização            | <i>Software Mendeley</i> e o <i>software R 3.5.2 (R Core Team, 2018)</i> foram utilizados para organizar e armazenar os arquivos encontrados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Tipo de revisão                    | Revisado por pares                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Seleção do idioma                  | Inglês                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Tipo de documento                  | Artigo ou artigo de revisão                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Palavras-chaves                    | <b>Eixo 1:</b> “ <i>servicising</i> ” OR “ <i>servitization</i> ” OR “ <i>servitisation</i> ” OR “ <i>servicizing</i> ”                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                    | <b>Eixo 2:</b> “ <i>transition</i> ” OR “ <i>transformation</i> ” OR “ <i>organizational chang*</i> ” OR “ <i>infusion</i> ” OR “ <i>diffusion</i> ” OR “ <i>dilution</i> ” OR “ <i>process*</i> ” OR “ <i>reduction</i> ” OR “ <i>framework</i> ” OR “ <i>chang*</i> ” OR “ <i>implementacion</i> ” OR “ <i>level</i> ” OR “ <i>strategy</i> ” OR “ <i>service* growth</i> ” OR “ <i>literatur* review</i> ” OR “ <i>systematic literatur* review</i> ” OR “ <i>review</i> ” |
|                                    | <b>Eixo 3:</b> “ <i>deservitization</i> ” OR “ <i>deservitisation</i> ”                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Critérios de filtragem dos artigos | Execução das palavras-chaves de busca nas bases de dados, exportação dos arquivos recuperados em <i>BibTex</i> ou <i>RIS</i> , importação para o <i>software Mendeley</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                    | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                    | Filtro 1      Eliminação dos estudos duplicados encontrados após a busca.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                    | Filtro 2      Seleção dos estudos que apresentam aderência ao tema de servitização digital: leitura do título, resumo e palavras-chaves.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                    | Filtro 3      Seleção dos estudos que apresenta aderência ao tema e abordam o processo de mudança organizacional: após a leitura da introdução e conclusão.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                    | Filtro 4      Seleção dos estudos que apresenta aderência ao tema de servitização e mudança organizacional: após leitura completa dos artigos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Extração de dados                  | Filtro 5      Seleção dos estudos relevantes para o tema dessa pesquisa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                    | Como o termo servitização e servitização digital é abordado nas empresas de manufatura? Quais os tipos de serviços ofertados? Quais os quais fatores contextuais encontrados no processo de mudança organizacional? Como a literatura aborda as etapas do processo de transformação para a área dos serviços? Quais os efeitos que a tecnologia está causando na servitização?                                                                                                |

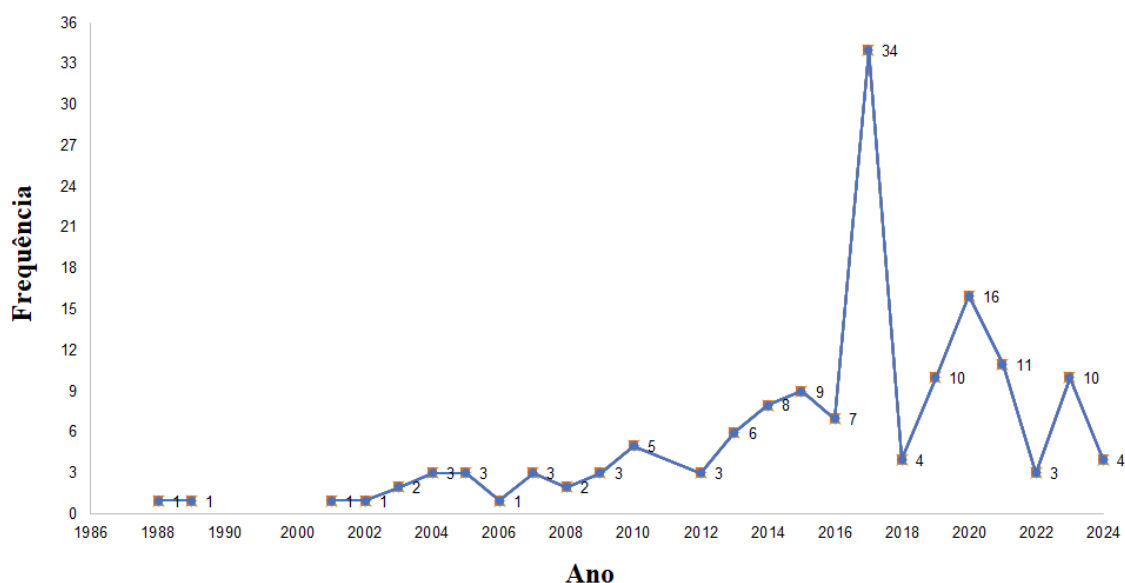
Fonte: elaborada pela autora.

As bases selecionadas exportaram as informações das buscadas, nos formatos *BibTex* e *RIS*. Os termos que remetem a servitização (eixo 1) foram combinados com os termos que se referem a mudança organizacional (eixo 2): (“*servicising*” OR “*servitization*” OR “*servitisation*” OR “*servicizing*”) AND “*transition*” OR “*transformation*” OR “*organizational chang\**” OR “*infusion*” OR “*diffusion*” OR “*dilution*” OR “*process\**” OR “*reduction*” OR “*framework*” OR “*chang\**” OR “*implementacion*” OR “*level*” OR “*strategy*” OR “*service\**

*growth*” “*literatur\* review*” OR “*systematic literatur\* review*” OR “*review*”). A busca pelos termos “*deservitization*” OR “*deservitisation*” foi feita de forma isolada.

Com isso a busca inicial resultou em um total de 740 publicações. Na sequência, os estudos foram selecionados de acordo com o critério de exclusão e inclusão. Nessa etapa, os artigos encontrados nas duas bases científicas foram importados para o *software R 3.5.2* (R Core Team, 2018) e o *software Mendeley*. Esses dois *softwares auxiliaram na* organização e armazenagem dos arquivos. Os artigos duplicados foram então removidos, resultando em 543 publicações e posteriormente foram analisados a aderência ao tema. Dessa forma a pesquisa é composta uma amostra de 140 (Apêndice F) estudos relevantes ao tema, conforme a Figura 11.

Figura 11 – Distribuição das publicações ao longo dos anos



Fonte: elaborado pela autora com base na bibliografia consultada.

A Figura 11, demonstra que o interesse pela servitização, surgiu na década de 1980 (Vandermerwe; Rada, 1988). À medida que o tema se desenvolvia e estruturava, iniciavam-se também as buscas para tentar compreender as dificuldades encontradas ao longo do caminho para a servitização (Oliva; Kallenberg, 2003; Gebauer; Fleisch; Friedli, 2005; Brax, 2005). De acordo com o acompanhamento da literatura, os problemas começaram a ser discutidos na literatura de forma gradual, com a publicação de pelo menos um trabalho por ano. Após isso, observou-se um aumento significativo no ano de 2017, com 34 publicações abordando o tema.

Destaca-se que o ano de 2017 foi significativo para a servitização, pois começou a ser discutido de forma explícita sobre a servitização digital na literatura. Essas publicações ocorreram em 11 periódicos distintos, conforme destacado no Quadro 17.

Quadro 17 – Periódicos com maior número de publicações em 2017

(continua)

| Periódicos                                                             | Autores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Foco de investigação do periódico                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Competitiveness Review</i>                                          | Benyoussef-Zghidi e Zaiem (2017); Ziaee-Bigdeli <i>et al.</i> (2017).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Investigação sobre competitividade global, estratégias de negócios e <i>performance</i> econômica.                   |
| <i>Computers in Industry</i>                                           | Wan <i>et al.</i> (2017).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Aplicação de sistemas de computação e tecnologias de informação na indústria.                                        |
| <i>Ekonomski Pregled</i>                                               | Prester e Peles (2017).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Discussões amplas sobre economia, incluindo macroeconomia, microeconomia e políticas econômicas.                     |
| <i>Energy Efficiency</i>                                               | Kindstrom, Ottosson e Thollander (2017).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Estudos sobre eficiência energética, otimização do uso de energia e tecnologias renováveis.                          |
| <i>Industrial Marketing Management</i>                                 | Benedettini, Swink e Neely (2017); Böhm, Eggert e Thiesbrummel (2017); Brax e Visintin (2017); Kowalkowski <i>et al.</i> (2017); Kowalkowski, Gebauer e Oliva (2017); Luoto, Brax e Kohtamäki (2017); Spohrer (2017); Valtakoski (2017); Yang, Gao e Shen (2017); Forkmann <i>et al.</i> (2017b); Zhang e Banerji (2017); Coreynen, Matthyssens e Van Bockhaven (2017); Vendrell-Herrero <i>et al.</i> (2017). | <i>Marketing</i> no contexto industrial, incluindo gestão de relacionamentos e estratégias de vendas.                |
| <i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i> | Baines <i>et al.</i> (2017); Kreye (2017); Raja e Frandsen (2017); Sousa e Silveira (2017)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Gestão de operações e produção, cobrindo qualidade de produção, logística e otimização de processos.                 |
| <i>International Journal of Production Economics</i>                   | Batista <i>et al.</i> (2017); Burton <i>et al.</i> (2017); Bustinza, Vendrell-Herrero e Baines (2017); Cenamor, Sjödin e Parida (2017); Green, Davies e Ng, (2017); Luetjen, Tietze e Schultz (2017); Martinez <i>et al.</i> (2017); Rabetino, Kohtamaki e Gebauer (2017); Raja, Frandsen e Mouritsen (2017).                                                                                                  | Aspectos econômicos da produção, incluindo análise de custos, produtividade e inovação em processos produtivos.      |
| <i>International Journal on Interactive Design and Manufacturing</i>   | Kamp, Ochoa e Diaz (2017).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>Design</i> interativo e processos de fabricação, focando na integração entre <i>design</i> , engenharia e gestão. |
| <i>Journal of Manufacturing Technology Management</i>                  | Szász <i>et al.</i> (2017).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Gestão de tecnologias aplicadas à manufatura, incluindo seleção, implementação e impacto destas na produção.         |
| <i>Journal of Service Research</i>                                     | Forkmann <i>et al.</i> (2017a).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Pesquisa em serviços, abordando qualidade de serviço, gestão de serviços e inovação no setor                         |

Quadro 17 – Periódicos com maior número de publicações em 2017

(conclusão)

| Periódicos                | Autores       | Foco de investigação do periódico                                                                                  |
|---------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>The Design Journal</i> | Lammi (2017). | Discussões sobre <i>design</i> em várias disciplinas, incluindo <i>design</i> gráfico, de produto e de interiores. |

Fonte: elaborado pela autora com base na bibliografia consultada.

O Quadro 17 apresenta os estudos publicados em periódicos no ano de 2017, relacionados aos desafios e barreiras (Lammi, 2017; Kindstrom; Ottosson; Thollander, 2017; Zhang; Banerji, 2017; Kowalkowski *et al* 2017; Ziaee–Bigdeli *et al* 2017; Valtakoski, 2017; Kamp; Ochoa; Diaz, 2017; Raja; Frandsen, 2017; Raja; Frandsen; Mouritsen, 2017; Luoto; Brax; Kohtamäki 2017; Burton *et al* 2017; Martinez *et al* 2017; Raja; Frandsen; Mouritsen, 2017), contexto econômico e o paradoxo dos serviços (Benedettini; Swink; Neely, 2017; Böhm; Eggert; Thiesbrummel, 2017; Szász *et al* 2017) tendências relacionadas à servitização com foco na desservitização (Kowalkowski, Gebauer; Oliva, 2017; Valtakoski, 2017; Zhang, Banerji (2017); Benedettini, Swink e Neely (2017); Benyoussef–Zghidi e Zaiem (2017); Kowalkowski *et al.* (2017), mapa estratégico da servitização (Rabetino; Kohtamaki; Gebauer, 2017), cocriação de valor (Green; Davies; Ng, 2017) e incertezas do mercado (Kreye, 2017).

Ademais, identificou-se que, no ano de 2017, diversos artigos abordaram o tema da servitização digital, concentrando-se principalmente em três periódicos: *Industrial Marketing Management*, *International Journal of Production Economics* e *International Journal of Production and Operations Management*. Esses periódicos enfatizaram significativamente a importância das tecnologias digitais na promoção da inovação, integração de serviços, criação de valor adicional e obtenção de diferenciação competitiva.

O periódico *Industrial Marketing Management* é referência no tema da servitização, especificamente sobre a dimensão da servitização digital, destacam-se as seguintes pesquisas:

- Spohrer (2017): enfatiza o papel das tecnologias digitais no desenvolvimento de serviços inteligentes e na promoção da servitização digital;
- Kowalkowski *et al.* (2017) e Kowalkowski, Gebauer e Oliva (2017): apresentam modelos de negócio e estratégias para transição aos serviços, frequentemente apoiados por tecnologias digitais para aumentar a captura de valor;
- Luoto, Brax e Kohtamäki (2017): discutem a integração digital necessária para a transformação dos modelos de negócio industriais rumo à servitização;

- d) Valtakoski (2017): explora o papel das plataformas digitais na geração de valor em processos de servitização;
- e) Vendrell-Herrero *et al.* (2017): analisam o uso das tecnologias digitais para superar barreiras tradicionais da servitização.

O segundo periódico que enfatizou a servitização digital é o *International Journal of Production Economics*. O trabalho de Rabetino, Kohtamaki e Gebauer (2017), abordaram a contribuição da digitalização para a inovação nos modelos de negócios servitizados e nas estratégias empresariais. Ainda nesse periódico, Raja, Frandsen e Mouritsen (2017) exploram o papel dos dados e das tecnologias digitais na transformação dos modelos econômicos e operacionais voltados à servitização.

O *International Journal of Production and Operations Management* apresentou contribuições expressivas sobre servitização digital. Destaca-se o estudo de Baines *et al.* (2017), que discute os processos operacionais, que enfatizou como o uso de tecnologias digitais pode otimizar o desempenho em modelos de negócios que incorporam serviços integrados.

Essas análises acadêmicas são fundamentais para compreender os desafios e as oportunidades associados à transformação digital nas empresas industriais e produtivas, oferecendo bases sólidas para explorar estratégias eficazes de servitização. Além disso, a análise das bases de dados permitiu identificar a quantidade de publicações por periódico, abrangendo um total de 62 revistas diferentes. O Quadro 18 apresenta os periódicos com maior número de publicações sobre servitização digital durante o período analisado, permitindo visualizar claramente quais revistas concentram os principais estudos nesse tema.

Quadro 18 – Periódicos que mais publicam sobre o tema

| Periódico                                                              | Frequência dos artigos nos periódicos listados | Autores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Industrial Marketing Management</i>                                 | 24                                             | Davies (2004); Gebauer e Fleisch (2007); Gebauer (2008); Gebauer, Paiola e Saccani (2013); Eggert, Thiesbrummel e Deutscher (2015); Kowalkowski <i>et al.</i> (2015); Benedettini, Swink e Neely (2017); Böhm, Eggert e Thiesbrummel (2017); Brax e Visintin (2017); Kowalkowski <i>et al.</i> (2017); Kowalkowski, Gebauer e Oliva (2017); Luoto, Brax e Kohtamäki (2017); Spohrer (2017); Valtakoski (2017); Vendrell-Herrero <i>et al.</i> (2017a); Yang, Gao e Shen (2017); Forkmann <i>et al.</i> (2017b); Zhang e Banerji (2017); Ambroise, Prim–Allaz e Teyssier (2018); Cui <i>et al.</i> (2019); Raddats <i>et al.</i> (2019); Lexutt (2020); Paschou <i>et al.</i> (2020); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2022); Favaretto <i>et al.</i> (2022). |
| <i>International Journal of Production Economics</i>                   | 13                                             | Wang, Zhao e Voss (2016); Batista <i>et al.</i> (2017); Burton <i>et al.</i> (2017); Bustinza, Vendrell-Herrero e Baines (2017); Cenamor, Sjödin e Parida (2017); Green, Davies e Ng, (2017); Luetjen, Tietze e Schultz (2017); Martinez <i>et al.</i> (2017); Rabetino, Kohtamäki e Gebauer (2017); Raja, Frandsen e Mouritsen (2017); Baines <i>et al.</i> (2020); Kohtamäki, Einola e Rabetino (2020); Zhou <i>et al.</i> (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i> | 9                                              | Voss, Tsikriktsis Trohlich (2002); Brax e Jonsson (2009); Benedettini, Neely e Swink (2015); Durugbo e Erkoyuncu (2016); Baines <i>et al.</i> (2017); Kreye (2017); Raja e Frandsen (2017); Sousa e Silveira (2017); Gomes <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <i>European Management Journal</i>                                     | 6                                              | Vandermerwe e Rada (1988); Gebauer, Fleisch e Friedli (2005); Malleret (2006); Kindström (2010); Paiola <i>et al.</i> (2013); Vandermerwe e Erixon (2023)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <i>Journal of Manufacturing Technology Management</i>                  | 6                                              | Baines <i>et al.</i> (2009); Martinez <i>et al.</i> (2010); Grubic (2014); Dahmani <i>et al.</i> (2016); Grubic e Peppard (2016); Szász <i>et al.</i> (2017)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <i>Journal of Business Research</i>                                    | 4                                              | Martin, Schroeder Bigdeli (2019); Reim, Sjödin e Parida (2019); Sjödin <i>et al.</i> (2020); Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <i>Journal of Service Research</i>                                     | 4                                              | Gebauer <i>et al.</i> (2010); Eggert <i>et al.</i> (2014); Ostrom <i>et al.</i> (2015); Forkmann <i>et al.</i> (2017a)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <i>Technovation</i>                                                    | 4                                              | Visnjic, Neely e Jovanovic (2018); Xing, Liu e Davies (2023); Smania <i>et al.</i> (2024); Upadhayay <i>et al.</i> (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Total de referências</b>                                            | <b>70</b>                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Fonte: elaborado pela autora com base na bibliografia consultada.

O Quadro 18 fornece um panorama bibliográfico que mapeia a frequência e distribuição de artigos acadêmicos publicados em periódicos de prestígios na área de gestão, *marketing* e operações. A análise desses dados fornece uma visão das tendências e focos de pesquisa em diversos periódicos acadêmicos, quais temas têm sido prioritários e quais acadêmicos têm contribuído significativamente para esses campos.

Conforme mencionado anteriormente, o periódico *Industrial Marketing Management* se destaca no tema da servitização. É notável que este periódico possui o maior número de artigos sobre o assunto, com um total de 24 pesquisas. Tal fato evidencia uma concentração de

esforços em *marketing* industrial, abrangendo uma ampla variedade de subtemas e demonstrando a evolução dos conceitos neste campo ao longo do período de 2004 a 2022.

O segundo periódico de destaque é o *International Journal of Production Economics*, que apresenta 13 artigos, refletindo um interesse substancial nos aspectos econômicos da produção. Os artigos abordam uma variedade de tópicos relacionados à eficiência, inovação e estratégia no âmbito da economia de produção, cobrindo o período de 2016 a 2020.

O *International Journal of Operations & Production Management*, como terceiro periódico de renome, apresenta 9 estudos publicados, destacando-se por seu enfoque em Operações e Gerenciamento de Produção. A abrangência temporal dos artigos, que vai de 2002 até 2021, ressalta uma trajetória de pesquisa contínua, refletindo uma evolução significativa nos paradigmas e práticas dessas áreas. Esse padrão de publicação reforça o comprometimento do periódico com a disseminação de conhecimento avançado e aprofundado, evidenciando a importância e a influência das investigações realizadas nesse campo ao longo dos anos.

Além dos periódicos já mencionados, é fundamental reconhecer a contribuição da *European Management Journal*, notável por ter publicado o primeiro estudo sobre servitização na década de 1980, obra dos pioneiros Vandermerwe e Rada (1988). Este marco representa o início de um intenso e produtivo campo de pesquisa. Os periódicos *Journal of Manufacturing Technology Management* e o *Journal of Business Research*, publicaram, cada um com seis artigos, assim como o *Journal of Service Research*, *Technovation*, cada um contribuindo com quatro artigos, refletem a diversidade e a riqueza de interesses e especializações dentro da temática.

Essa variedade editorial demonstra a amplitude e a profundidade do estudo da servitização, abordando diferentes aspectos da gestão e englobando nuances da tecnologia na gestão, pesquisa focada em negócios, serviços e inovações tecnológicas, o que afirma a relevância dessa pesquisa. O Quadro 19 sintetiza essa riqueza de conhecimento, e engloba nove temas principais que têm sido o foco dos estudos.

Este achado surgiu de uma extensa e meticulosa varredura pela literatura, permitindo evidenciar a relevância e a natureza multifacetada da pesquisa sobre servitização no contexto acadêmico global. Tal exame abrangente, destaca a profundidade e a diversidade das investigações realizadas, refletindo o dinamismo e a complexidade do campo, bem como a sua importância estratégica para a compreensão das tendências contemporâneas em gestão, *marketing*, operações e inovação tecnológica.

Quadro 19 – Descrição do foco dos estudos que compõe a pesquisa.

(continua)

| Foco do estudo                                | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Autores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Processo de transição para serviços           | Inúmeros artigos exploram como as empresas de manufatura adicionam serviços aos seus portfólios, observando o: impacto nos processos de negócios, estratégias e organizacional                                                                                                                       | Oliva e Kallenberg (2003); Gebauer, Fleisch e Friedli (2005); Brax (2005); Baines <i>et al.</i> (2009); Matinez (2010); Finne, Brax e Holmström (2013); Parida <i>et al.</i> (2014); Vendrell-Herrero <i>et al.</i> (2014); Finne, Turunen e Eloranta (2015); Rabetino, Kohtamäki e Gebauer (2017); Brax e Visintin (2017); Burton <i>et al.</i> (2017); Martinez <i>et al.</i> (2017); Böhm, Eggert e Thiesbrummel (2017); Bustinza, Vendrell-Herrero e Baines (2017a); Luetjen, Tietze e Schultz (2017); Forkmann <i>et al.</i> (2017); Ziaee Bigdeli <i>et al.</i> (2017); Baines <i>et al.</i> (2017); Baines <i>et al.</i> (2020); Colm, Ordanini e Bornemann (2020); Battisti, Cauchick Miguel e Sousa-Zomer, (2023); Castka, Donovan e Sousa (2024). |
| Paradoxo na servitização                      | Na servitização o termo é utilizado para descrever as dificuldades encontradas no processo de transição produto-serviço ou os desafios de gerenciar modelos de negócios baseados em bens tangíveis e serviços em paralelo.                                                                           | Gebauer, Fleisch e Friedli, (2005); Brax, (2005); Kowalkowski <i>et al.</i> (2015); Visnjic, Wiengarten e Neely, (2016); Kryvinska, Kaczor e Strauss, (2020); Kohtamäki, Einola e Rabetino, (2020); Tóth <i>et al.</i> (2020); Dmitrijeva <i>et al.</i> (2022); Smania <i>et al.</i> (2024).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Estratégias e Modelos de Negócios             | A mudança estratégia do negócio faz com que se altere o modo de encarar o produto, quando ocorre a mudança, ele deixa de ser simplesmente vendido, em alguns casos, a servitização faz com que as organizações realizem contratos de longo prazo, o que gera maiores riscos e incertezas no retorno. | Allmendinger e Lombreglia (2005); Baines, Lightfoot e Kay (2009); Kindström (2010); Kastalli e Van Looy (2013); Kindstrom, Ottosson e Thollander, (2017); Kowalkowski, Gebauer e Oliva (2017).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Desempenho Financeiro e Riscos                | O desempenho financeiro das empresas servitizadas, bem como as implicações estratégicas dessa transição, foram frequentemente examinados pelos autores.                                                                                                                                              | Eggert <i>et al.</i> (2014); Benedettini, Neely e Swink (2015); Benedettini, Swink e Neely (2017); Böhm; Eggert; Thiesbrummel (2017); Ambroise, Prim-Allaz e Teyssier (2018); Zhou <i>et al.</i> (2020).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Servitização e Inovação em Tecnologia Digital | Os estudos focam no papel da inovação e nas mudanças organizacionais necessárias para implementar a servitização. Com relação entre digitalização e servitização é cada vez mais relevante, sugerindo uma convergência entre tecnologia e estratégias de serviço.                                    | Cenamora, Sjödin e Parida (2017); Luetjen, Tietze e Schultz (2017); Coreynen <i>et al.</i> (2018); Cui <i>et al.</i> (2019); Frank <i>et al.</i> (2019); Parida, Sjödin e Reim (2019); Paschou <i>et al.</i> (2020); Sjödin. <i>et al.</i> (2020); Favoretto <i>et al.</i> (2022); Shen, Sun e Parida (2023); Chávez <i>et al.</i> (2023); Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |



## Quadro 19 – Descrição do foco dos estudos que compõe a pesquisa.

(conclusão)

| Foco do estudo                                        | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Autores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Servitização e Gestão de Relacionamento com o Cliente | Os estudos apresentaram os impactos no processo e na prestação de serviços de acordo com as exigências e necessidades dos seus clientes.                                                                                                                                                                                                              | Tuli Kohli e Bharadwaj (2007); Gebauer e Kowalkowski (2012); Wang, Zhao e Voss (2016); Visnjic, Wiengarten e Neely (2016); Chen, Huang e Liu (2020).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Desafios e Barreiras                                  | Os desafios enfrentados pelas empresas ao migrarem para a servitização ganharam atenção significativa nos círculos acadêmicos e profissionais, à medida que as organizações optam pela estratégia de serviços. Os fabricantes precisaram gerenciar simultaneamente diferentes tipos de incertezas em relação ao processo de transição organizacional. | Davies (2004); Gebauer, Fleisch e Friedli (2005); Machuca, González-Zamora e Aguilar-Escobar (2007); Gebauer <i>et al.</i> (2010); Oliva, Gebauer e Brann (2012); Hou e Neely (2013); Durugbo (2014); Nenonen, Ahvenniemi e Martinsuo (2014); Alghisi e Saccani (2015); Confente, Buratti e Russo (2015); Zhu e Zolkiewski (2015); Jovanovic, Engwall e Jerbrant (2016); Durugbo e Erkoyuncu (2016); Nudurupati <i>et al.</i> (2016); Zhang e Banerji (2017); Kowalkowski <i>et al.</i> (2017); Ziaee Bigdeli <i>et al.</i> (2017); Valtakoski (2017); Kamp, Ochoa e Diaz (2017); Raja e Frandsen (2017); Raja, Frandsen e Mouritsen (2017); Luoto, Brax e Kohtamäki (2017); Iriarte <i>et al.</i> (2019); Kamal <i>et al.</i> (2020); Tóth <i>et al.</i> (2020); Kohtamäki, Einola e Rabetino (2020); Gomes <i>et al.</i> (2021) |
| Servitização e Sustentabilidade                       | Investigação sobre a sustentabilidade nos modelos de negócios servitizados.                                                                                                                                                                                                                                                                           | Ghobakhloo (2020); Grybauskas, Stefanini e Ghobakhloo (2022); Broccardo <i>et al.</i> (2023); Vom Scheidt e Staudt (2024); Lv e Chen (2024); Upadhyay <i>et al.</i> (2024).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Desservitização                                       | Alguns artigos reconhecem que a transição para serviços não é sempre bem-sucedida ou sustentável, e estudam a reversão desse processo                                                                                                                                                                                                                 | Kowalkowski, Gebauer e Oliva (2017); Valtakoski (2017); Reim, Sjödin e Parida (2019); Luethen, Tietze e Schultz (2017); Prester e Peles (2017); Iriarte <i>et al.</i> (2019); Zhang, Banerji (2017); Benedettini, Swink e Neely (2017); Benyoussef-Zghidi e Zaiem (2017); Kowalkowski <i>et al.</i> (2017); Kryvinska, Kaczor e Strauss (2020); Battisti, Cauchick-Miguel e Sousa-Zomer (2023).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Fonte: elaborado pela autora com base na bibliografia consultada.

A pluralidade de periódicos e artigos reflete vividamente a multidisciplinaridade e a riqueza intelectual da pesquisa acadêmica nestas esferas. Contribuições de autores com diversas origens enriquecem o corpus do conhecimento, evidenciando não apenas uma continuidade nos estudos – com linhas de pesquisa que passaram por décadas – mas também uma evolução dinâmica, marcada pela emergência de novos temas e abordagens inovadoras. A compilação desses 140 artigos fornece uma panorâmica detalhada, revelando as correntes predominantes, os temas que têm capturado o interesse acadêmico e as contribuições mais impactantes no campo da gestão, economia de produção, operações e disciplinas correlatas, configurando um cenário rico e multifacetado de investigação e descoberta.

### 3.3 ETAPA EMPÍRICA

Esta seção descreve a seleção das empresas que foram aplicadas a pesquisa, bem como os métodos de coleta e análise de dados. Para a seleção das empresas, observou-se um aspecto crítico, importante da pesquisa, que foi garantir a participação das organizações envolvidas na servitização e especificamente, como ocorre o processo de transformação.

Para isso, buscou-se uma empresa que apresenta essa condição, que trabalhe com resultados e desenvolvimento de uma oferta baseada em serviços no setor fotovoltaico. Resgatando o objetivo desse estudo, que é verificar como a empresa de energia solar podem gerenciar eficientemente a transição para a servitização e integrar práticas digitais e sustentáveis para maximizar a inovação e a competitividade no mercado. Ou seja, buscou-se compreender o cenário da situação existente em detalhes e para isso, se aprofundou a partir da coleta e análise de dados empíricos.

#### 3.3.1 Elaboração do questionário e seleção dos pesquisadores

O questionário foi elaborado com o propósito de validar o modelo teórico proposto, buscando reunir percepções e *insights* sobre os desafios, oportunidades e fatores críticos da servitização digital (Apêndice A). O instrumento contou com 29 perguntas, distribuídas entre questões objetivas e abertas. Para as perguntas objetivas, utilizou-se a escala de *Likert* de cinco pontos, permitindo avaliar o grau de concordância dos respondentes. A fim de facilitar a visualização dos resultados, a distribuição percentual das respostas foi representada em gráficos de setores. Além disso, sempre que o respondente discordava parcial ou totalmente de uma

afirmação, era convidado a justificar sua posição em uma questão aberta, possibilitando a coleta de contribuições adicionais para o aprimoramento do modelo.

Para assegurar a qualidade do processo de avaliação, foram selecionados pesquisadores com experiência acadêmica comprovada em temas correlatos, como Sistemas Produto–Serviço (PSS), servitização e servitização digital. A identificação inicial desses estudiosos foi realizada por meio de uma busca estruturada na Plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), reconhecida pela confiabilidade na apresentação de currículos e linhas de pesquisa. Em seguida, foi feita uma busca complementar no Google, com o objetivo de validar os contatos institucionais ou pessoais disponibilizados publicamente, assegurando a precisão das informações e a viabilidade da comunicação.

No total, foram convidados 20 pesquisadores da área. Cada um recebeu um convite formal individualizado por e-mail, acompanhado de uma carta explicativa que ressaltava os objetivos do estudo, a relevância da participação e a garantia de confidencialidade das informações prestadas. A comunicação inicial foi enviada em 11 de março de 2025 e, para aumentar a taxa de retorno, um e-mail de reforço foi encaminhado em 14 de março de 2025. Os textos completos dos convites estão disponíveis nos Apêndices C e D desta tese. Para facilitar o acesso e oferecer flexibilidade, o questionário foi disponibilizado de forma eletrônica, por meio da plataforma Google *Forms*, com prazo para preenchimento até 17 de março de 2025.

A escolha desses pesquisadores como avaliadores do modelo fundamenta-se na necessidade de obter contribuições qualificadas de profissionais com conhecimento consolidado nas áreas de servitização, servitização digital e PSS. Embora nem todos atuem diretamente na indústria fotovoltaica, sua experiência acadêmica e técnica permitiu uma análise crítica consistente, alinhada às tendências internacionais e às lacunas identificadas na literatura. Assim, mais do que especialistas em um segmento específico, trata-se de estudiosos do tema, com capacidade de avaliar a coerência teórica, a consistência metodológica e a aplicabilidade do modelo em diferentes contextos. Dessa forma, as contribuições recebidas não apenas reforçaram a validade científica do modelo, mas também indicaram caminhos para sua adaptação prática às especificidades do setor de energia solar. O Quadro 20 apresenta as informações dos pesquisadores selecionados.

Quadro 20 – Pesquisadores selecionados para a pesquisa

| Nº  | Pesquisador | Pesquisadores das instituições | Titulação     | Situação                                                     |
|-----|-------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------|
| 1.  | A           | UFSC                           | Mestrado      | Respondido                                                   |
| 2.  | B           | UFSC                           | Mestrado      | Respondido                                                   |
| 3.  | C           | UFRGS                          | Doutorado     | Respondido                                                   |
| 4.  | D           | UFSCAR                         | Doutorado     | Respondido                                                   |
| 5.  | E           | UFRJ                           | Pós-Doutorado | Respondido                                                   |
| 6.  | F           | UFSCAR                         | Doutorado     | Respondido                                                   |
| 7.  | G           | UFSC e UNIOESTE                | Pós-Doutorado | Respondido                                                   |
| 8.  | H           | UFSC                           | Doutorado     | Respondido                                                   |
| 9.  | I           | UEPA                           | Doutorado     | Respondido                                                   |
| 10. | J           | UFSC e UFPR                    | Pós-Doutorado | Respondido                                                   |
| 11. | K           | UFSC                           | Doutorado     | Não respondeu                                                |
| 12. | L           | UFSC                           | Doutorado     | Não respondeu                                                |
| 13. | M           | UFSC                           | Doutorado     | Entrou em contato e avisou que não iria responder a pesquisa |
| 14. | N           | UFSCAR                         | Doutorado     | Não respondeu                                                |
| 15. | O           | USP                            | Doutorado     | Não respondeu                                                |
| 16. | P           | UNESP                          | Doutorado     | Não respondeu                                                |
| 17. | Q           | USP                            | Doutorado     | Não respondeu                                                |
| 18. | R           | USP                            | Doutorado     | Entrou em contato e avisou que não iria responder a pesquisa |
| 19. | S           | USP                            | Doutorado     | Não respondeu                                                |
| 20. | T           | UFSCAR                         | Doutorado     | Não respondeu                                                |

Fonte: elaborado pela autora

No Quadro 20, os pesquisadores foram identificados por códigos (letras) para garantir o anonimato e a confidencialidade dos participantes. Essa medida, além de atender aos princípios éticos de coleta e análise de dados, evitou potenciais conflitos de interesse e incentivou respostas livres, honestas e transparentes.

Os participantes possuem formação acadêmica avançada (mestrado, doutorado e pós-doutorado) em áreas correlatas à temática da pesquisa, como Engenharia de Produção, Administração, Gestão de Negócios, Engenharia Elétrica e Transformação Digital, Indústria 4.0. Embora nem todos atuem diretamente com servitização digital no setor fotovoltaico, demonstram sólido conhecimento em transformação digital, integração tecnológica, inovação em serviços e desenvolvimento de novos modelos de negócios, áreas fortemente relacionadas ao contexto investigado.

Assim, a composição do grupo de pesquisadores garantiu uma avaliação qualificada, tanto sob a perspectiva acadêmica quanto da aplicabilidade prática em setores que compartilham características essenciais com o mercado de energia solar.

### 3.3.2 Processo de escolha da empresa

Para garantir a coerência metodológica entre os objetivos da pesquisa e a escolha da empresa, foi elaborado o Quadro 21, que apresenta critérios conceituais comparativos entre PSS, servitização e servitização digital. Essa estrutura analítica foi inserida no capítulo de métodos com o propósito de orientar a seleção da empresa participante, assegurando que o caso estudado refletisse efetivamente as características da servitização digital. A partir desses critérios, buscou-se identificar uma organização que não apenas ofertasse serviços associados a produtos, mas que integrasse tecnologias digitais no processo com intuito de gerar valor, elemento central para o escopo desta investigação.

Quadro 21 – Comparativo entre: PSS *versus* servitização *versus* servitização digital  
(continua)

| Descrição                    | PSS ( <i>Product-Service System</i> )                                                         | Servitização                                                                                             | Servitização Digital                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definição                    | Modelo que integra produtos e serviços para atender a necessidades do cliente (Tukker, 2004). | Processo estratégico de transição de bens tangíveis para a oferta de serviços (Vandermerwe; Rada, 1988). | Evolução da servitização, potencializada por tecnologias digitais (Favaretto <i>et al.</i> , 2022).                                                                                                                                      |
| Foco principal               | Integração funcional entre produto e serviço (Mathieu, 2001).                                 | Oferta de serviços como geradores de valor e receita (Baines <i>et al.</i> , 2009).                      | Criação de valor por meio da digitalização de bens tangíveis e serviços (Parida; Sjödin; Reim, 2019).                                                                                                                                    |
| Papel da tecnologia digital  | Opcional ou incipiente                                                                        | Não é necessariamente digital.                                                                           | Essencial – uso de <i>IoT</i> , <i>big data</i> , <i>IA</i> , <i>apps</i> , nuvem para automação e monitoramento (Opresnik; Taisch, 2015; Cenamor; Sjödin; Parida, 2017; Rymaszewska; Helo; Gunasekaran, 2017; Shen; Sun; Parida, 2023). |
| Valor para o cliente         | Uso facilitado e suporte pós-venda (Tukker, 2004).                                            | Solução completa e contínua baseada em serviços (Visnjic; Neely; Jovanovic, 2018).                       | Experiência integrada, customização, <i>feedback</i> em tempo real e serviços proativos (Frank <i>et al.</i> , 2019; Shen; Sun; Parida, 2023).                                                                                           |
| Modelo de receita            | Venda de uso ( <i>leasing</i> , <i>pay-per-use</i> , resultado) (Baines; Lighfoot (2013)      | Receita recorrente por serviços prestados (Park, 2022; Upadhayay <i>et al.</i> , 2024)                   | Novos fluxos de receita via dados, assinaturas, serviços inteligentes (Eloranta; Turunen, 2015; Cui <i>et al.</i> , 2019; Ruiz-Alba <i>et al.</i> , 2019).                                                                               |
| Relacionamento com o cliente | Baseado em contrato e suporte técnico (Mathieu, 2001).                                        | Proximidade contínua via serviços (Gebauer, 2008; Gebauer <i>et al.</i> , 2010).                         | Interativo, automatizado e digital (Lv; Chen, 2024; Upadhayay <i>et al.</i> , 2024).                                                                                                                                                     |

Quadro 21 – Comparativo entre: PSS *versus* servitização *versus* servitização digital  
(conclusão)

| Descrição                        | PSS ( <i>Product-Service System</i> )                                         | Servitização                                                                                            | Servitização Digital                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Exemplo no setor fotovoltaico    | Empresa instala e faz manutenção sob contrato fixo (Oliva; Kellenberg, 2003). | Empresa oferece consultoria, manutenção, suporte ao cliente como serviço (Paiola <i>et al.</i> , 2023). | Plataforma digital com <i>dashboard</i> de geração, alertas, manutenção preditiva via <i>IoT</i> (Lv; Chen, 2024; Upadhayay <i>et al.</i> , 2024; Nyffenegger <i>et al.</i> , 2025). |
| Integração com economia circular | Foco em extensão de vida útil do bem tangível (Oliva; Kellenberg, 2003).      | Foco em reutilização, manutenção e desempenho (Baines; Lighfoot (2013).                                 | Otimização de uso, redução de desperdícios e decisão baseada em dados (Lv; Chen, 2024; Upadhayay <i>et al.</i> , 2024; Nyffenegger <i>et al.</i> , 2025).                            |

Fonte: elaborado pela autora, com base na literatura.

O PSS remete à integração entre bens tangíveis e serviços para atender a necessidades do cliente. A servitização representa o processo estratégico pelo qual uma empresa passa a incorporar serviços à sua oferta. Já a servitização digital corresponde a um estágio avançado, em que as tecnologias digitais transformam profundamente a forma como produtos e serviços são ofertados, monitorados e geram valor.

Após a definição dos critérios de seleção apresentados no Quadro 21, referentes à caracterização da servitização digital, foram realizados contatos com três empresas de porte médio do setor fotovoltaico. A escolha por analisar organizações com esse perfil fundamenta-se em evidências teóricas que o apontam como particularmente relevante para a compreensão da servitização digital. Segundo Kohtamäki *et al.* (2020) e Lexutt (2020), empresas de médio porte apresentam maior capacidade estrutural e tecnológica em comparação às pequenas empresas, o que favorece a implementação de modelos de negócio servitizados e digitalizados.

Nesse mesmo sentido, Cenamor, Sjödin e Parida (2017) destacam que esse tipo de organização reúne condições favoráveis de adaptação e transformação, configurando-se como um contexto privilegiado para investigações sobre a integração entre bens tangíveis, serviços e tecnologias digitais. Assim, a delimitação do estudo em uma empresa de médio porte não apenas assegura a aderência ao modelo proposto, mas também reforça sua pertinência teórica e metodológica diante da literatura especializada.

Considerando que tais critérios são compatíveis com os objetivos do presente estudo, eles foram adotados. Assim, realizou-se a análise preliminar das organizações contatadas. Verificou-se que duas delas, embora apresentassem elementos de servitização, não atendiam integralmente aos parâmetros necessários para a caracterização da servitização digital,

sobretudo no que se refere à integração de tecnologias digitais para a oferta de serviços avançados. Dessa forma, apenas uma organização demonstrou plena aderência aos requisitos estabelecidos. Após essa identificação, foi enviado um convite formal à empresa, contendo os objetivos da pesquisa, os possíveis benefícios de sua participação e os aspectos éticos envolvidos.

Com o aceite da organização para participar da pesquisa, foram realizados os contatos com os funcionários-chave, responsáveis pelos processos de digitalização, inovação e prestação de serviços. Durante essa etapa, foi apresentado o Termo de Consentimento (Apêndice E), garantindo o anonimato, a confidencialidade das informações e a liberdade de desistência a qualquer momento. As entrevistas foram conduzidas presencialmente, com base em um roteiro semiestruturado.

Paralelamente às entrevistas, foram solicitados documentos e registros internos que servissem como evidências complementares, tais como fluxos operacionais, relatórios de desempenho, dados de monitoramento digital e materiais técnicos. Essa documentação permitiu a triangulação metodológica, reforçando a confiabilidade da análise.

Após a coleta, os dados obtidos nas entrevistas e nos documentos foram organizados e analisados com base na técnica de análise de conteúdo, permitindo o confronto com a literatura previamente revisada (E9). Essa etapa forneceu subsídios para o aprimoramento do modelo proposto (E10), conduzindo à sua versão final (E11), representativa da realidade de empresas fotovoltaicas em processo de transição digital.

A empresa em estudo está localizada no Oeste do Paraná. Foi fundada em 2011, inicialmente, voltada a serviços técnicos e industriais, a empresa expandiu suas atividades ao longo do tempo, diversificando suas áreas de atuação. Em 2018, passou a atuar no segmento de energia solar fotovoltaica, área que constitui o foco do presente estudo.

Atualmente, a organização é de porte médio e conta com 72 colaboradores distribuídos entre diversas atividades, dos quais aproximadamente oito atuam diretamente no setor fotovoltaico. A empresa apresenta um perfil de atuação diversificado, com foco estratégico no segmento de energia solar, em consonância com o escopo da servitização digital analisado nesta pesquisa. Essa diversificação possibilita à organização oferecer soluções integradas e personalizadas tanto para clientes do segmento *Business to Business* (B2B) quanto *Business to Consumer* (B2C).

### 3.3.2.1 Desenvolvimento e aplicação do roteiro (entrevista)

O roteiro da entrevista semiestruturada foi elaborado com base na análise da literatura, visando captar percepções e *insights* relevantes dos profissionais que atuam no setor fotovoltaico. O objetivo das perguntas foi levantar os desafios, oportunidades e fatores críticos associados à servitização digital (Apêndice B). Em novembro de 2023, foi realizada a aplicação de um teste piloto com um roteiro inicial composto por 58 perguntas, o qual demandou aproximadamente 2 horas e 40 minutos para ser executado. A partir dessa experiência, identificou-se a necessidade de revisão e refinamento do instrumento, a fim de torná-lo objetivo e eficiente. Como resultado, o questionário foi reformulado, com a inclusão de perguntas objetivas e a reorganização das seções, resultando em uma versão final composta por 38 perguntas, entre questões de múltipla escolha e abertas, que foram distribuídas em seções identificadas de A a N (Apêndice B).

Além da revisão do roteiro, de fevereiro a agosto de 2024 a pesquisa passou por uma reformulação ampla, com aprimoramentos metodológicos e ajustes no foco analítico, a fim de alinhar a abordagem investigativa aos achados teóricos e às particularidades observadas no setor fotovoltaico. Essa reformulação também orientou a seleção dos participantes da entrevista, sobre o processo de servitização digital.

A entrevista contou com a participação de três profissionais da empresa: dois gestores, identificados nesta pesquisa como Gestor A e Gestor B e uma projetista. O Gestor A é responsável pela área técnica, possui ampla experiência em Manutenção Industrial e lidera as equipes de instalação. Além disso, desempenha um papel estratégico na estruturação dos serviços oferecidos pela empresa, estando vinculado à organização desde 2011. O Gestor B, igualmente vinculado à empresa desde 2011, possui formação em Engenharia de Produção e é responsável pelas decisões estratégicas. Suas atribuições incluem a gestão da cadeia de suprimentos e a expansão do portfólio de serviços, com foco na diversificação e fortalecimento da oferta empresarial. A projetista, por sua vez, é graduada em Engenharia de Energia e trabalha na organização há cerca de quatro anos, tendo iniciado sua trajetória como estagiária. Ela, atua no dimensionamento de projetos, elaboração de orçamentos, relacionamento com concessionárias e monitoramento dos sistemas fotovoltaicos.

O grupo entrevistado representa diferentes níveis hierárquicos e oferece perspectivas complementares sobre a dinâmica da servitização digital na empresa, contribuindo para uma compreensão mais abrangente do fenômeno investigado.



### 3.3.3 Análise dos dados

A análise dos dados qualitativos do estudo de caso utilizou a técnica de análise de conteúdo, conforme Bardin (2011), incluindo as etapas de organização, codificação, categorização e inferência. Foram utilizadas três fontes de evidência empírica: entrevistas com membros da empresa (Apêndice B), análise documental de materiais institucionais e observação direta (*in loco*) realizada nas instalações de dois usuários finais, acompanhada pela equipe técnica.

A análise seguiu uma abordagem de codificação fechada, com categorias previamente definidas a partir do roteiro semiestruturado, como proposta de valor, canais de entrega, desafios da digitalização e impactos da servitização. A triangulação entre as fontes permitiu validar os dados de forma cruzada, reforçando a consistência dos achados e ampliando a compreensão do fenômeno estudado. Os resultados obtidos fundamentaram a discussão do Capítulo 5 e contribuíram diretamente para o aprimoramento do modelo proposto.

### 3.3.4 Tratamento dos dados

As entrevistas foram transcritas manualmente a partir dos áudios gravados, com fidelidade ao discurso dos participantes e sem correções interpretativas, conforme recomendação de Bauer e Gaskell (2017). A transcrição foi complementada por anotações de campo realizadas durante as visitas técnicas.

As falas foram organizadas com base nas categorias do roteiro, agrupadas por similaridade temática e sistematizadas em planilhas do *Microsoft Excel*. Essa etapa permitiu classificar as respostas por tópicos estratégicos da servitização digital, como proposta de valor, capacitação, indicadores digitais e gestão da experiência do cliente.

A codificação dos dados, segundo Bardin (2011), consistiu no recorte e agregação de unidades de sentido, orientada por categorias teóricas definidas a priori. Essa estruturação facilitou a comparação entre os dados empíricos e os referenciais da literatura, permitindo uma interpretação alinhada aos objetivos da pesquisa e embasando as decisões de manutenção, ajuste ou exclusão de elementos no modelo de negócio desenvolvido.

### 3.3.5 Síntese da metodologia aplicada

Com o intuito de reforçar a coerência entre os objetivos definidos para este estudo e os procedimentos metodológicos adotados, o Quadro 22 apresenta uma síntese integrativa das etapas da pesquisa, relacionando cada objetivo aos métodos e técnicas aplicadas ao longo do processo investigativo.

Quadro 22 - Integração entre objetivos, etapas do método e técnicas utilizadas

| Objetivo específico                                                                                                                               | Descrição                                                                                         | Etapas do Método                      | Técnica/Procedimento Utilizado                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Explorar o papel das tecnologias digitais na transição para a servitização no setor energia solar.                                             | Compreender os fundamentos teóricos da servitização digital e sua aplicação no setor energético.  | Etapa teórica                         | Revisão sistemática da literatura nas bases <i>Scopus</i> e <i>ISI Web of Knowledge</i> , conforme método de Tranfield, Denyer e Smart (2003).           |
| II. Avaliar a importância e o impacto das práticas sustentáveis na servitização das empresas de energia solar.                                    |                                                                                                   |                                       |                                                                                                                                                          |
| III. Desenvolver um modelo de negócio que integre práticas digitais e sustentáveis na transição para a servitização em empresas de energia solar. | 2. Propor um modelo de negócio para a transição à servitização digital em empresas fotovoltaicas. | Desenvolvimento do modelo inicial     | Síntese dos achados teóricos da revisão mais estruturação conceitual com base em categorias da literatura.                                               |
|                                                                                                                                                   | 3. Avaliar o modelo proposto com pesquisadores da área.                                           | Pesquisa de campo – avaliação prática | Questionário estruturado e aplicado via <i>Google Forms</i> a pesquisadores da área (Apêndice A), utilizando escala de <i>Likert</i> + questões abertas. |
| IV. Avaliar a eficácia e a aplicabilidade do modelo de negócio proposto nas empresas fotovoltaicas no contexto prático.                           | 4. Analisar a aplicabilidade do modelo em contexto prático (empresa fotovoltaica).                | Pesquisa de campo – estudo de caso    | Entrevistas semiestruturadas com gestores e técnicos (Apêndice B), análise documental e observação direta em instalações fotovoltaicas.                  |
|                                                                                                                                                   | 5. Aprimorar o modelo de negócio com base na triangulação dos dados teóricos e empíricos.         | Aprimoramento do modelo               | Técnica de análise de conteúdo (Bardin, 2011) com codificação fechada; sistematização dos achados empíricos confrontados com a literatura.               |

Fonte: elaborado pela autora.

O Quadro 22 oferece uma visualização clara e objetiva do percurso metodológico, evidenciando o alinhamento entre os objetivos do estudo, os métodos adotados e os

instrumentos aplicados. Esse quadro também reforça a articulação entre fundamentação teórica, avaliação prática e desenvolvimento do modelo de negócio.

Nesse contexto, a combinação da consulta a pesquisadores da área com o estudo de caso fundamenta-se na busca por complementaridade metodológica. Os pesquisadores contribuíram para avaliar a coerência conceitual e a consistência teórica do modelo, enquanto o estudo de caso permitiu examinar sua aplicabilidade prática no setor fotovoltaico. Em ambas as etapas, foram realizados ajustes que aprimoraram o modelo. Esses ajustes contribuíram para aumentar a consistência teórica do modelo e, ao mesmo tempo, tornaram a proposta aderente às condições reais do setor fotovoltaico. Dessa forma, fortalece sua validade acadêmica e relevância prática. Essa abordagem alinha-se à lógica da triangulação metodológica (Yin, 2018), que busca ampliar a robustez da pesquisa ao integrar diferentes perspectivas teóricas e práticas.

## 4 MODELO DE NEGÓCIO PARA EMPRESAS FOTOVOLTAICAS

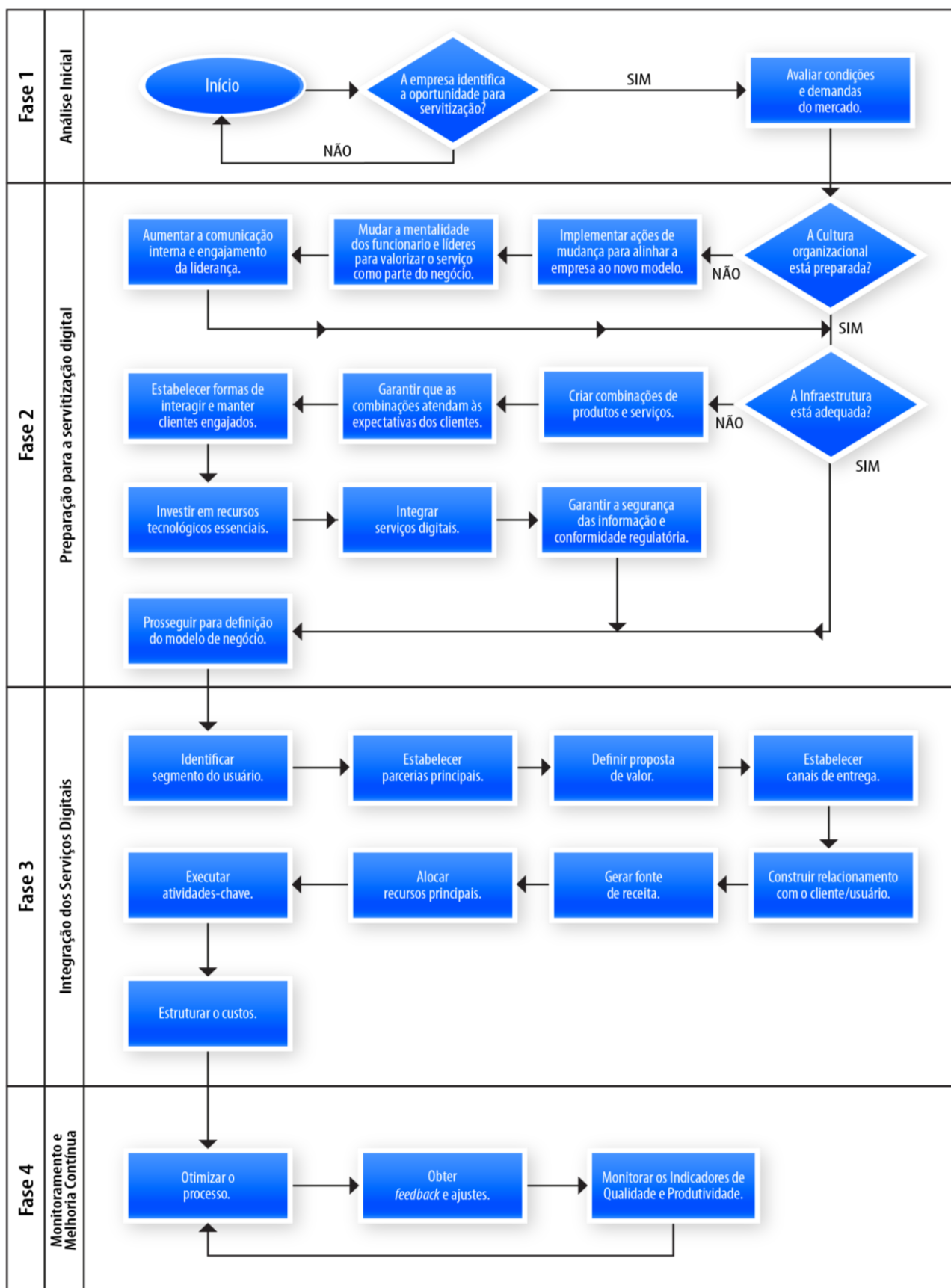
O conceito de modelo, na literatura refere-se a uma representação simplificada da realidade, construída para compreender, explicar ou projetar fenômenos complexos (Morgan; Morrison, 1999; Walls *et al.*, 1992). A adoção de um modelo nesta tese justifica-se pela necessidade de sistematizar os múltiplos fatores que influenciam a transição para a servitização digital.

No setor de energia solar, as empresas precisam se adaptar rapidamente às mudanças tecnológicas e de mercado (Rymaszewska, Helo e Gunasekaran, 2017). A oferta de serviços integrados abrange desde a instalação e manutenção de sistemas solares até a gestão de energia e consultoria para eficiência energética. A servitização digital busca agregar valor aos clientes e proporcionar vantagens competitivas sustentáveis. Os estágios críticos desse processo são apresentados no fluxograma, conforme a Figura 12. O fluxograma detalha o processo de servitização digital no setor de energia solar em quatro fases principais:

1. **Análise inicial do processo de servitização:** avaliar o modelo de negócios atual e verificar se há possibilidades de agregar serviços aos produtos existentes;
2. **Preparação e adaptação organizacional:** alinhar os fatores internos por meio de mudanças culturais, capacitação de equipes e adoção de tecnologias necessárias ao novo modelo de negócios;
3. **Integrar serviços digitais:** desenvolver de estratégias integradas focadas em gestão de recursos e entrega de soluções combinadas;
4. **Melhoria proposta pelo modelo:** acompanhar os indicadores de Qualidade e Produtividade para garantir a evolução e a eficácia do modelo de negócios.

O fluxograma oferece um guia visual prático para apoiar gestores e profissionais do setor na implementação bem-sucedida da servitização digital.

Figura 12 – Etapas para a servitização digital



Fonte: elaborado pela autora.

## 4.1 ANÁLISE INICIAL DO PROCESSO DE SERVITIZAÇÃO

A primeira etapa para implementar a servitização digital em empresas fotovoltaicas consiste na análise de sua viabilidade, considerando os benefícios competitivos e os desafios envolvidos. Essa etapa inicial busca identificar oportunidades de servitização como base para desenvolver um modelo de negócios eficaz, como descrito no Capítulo 2 – Referencial Teórico. Oliva e Kallenberg (2003) argumentam que essas organizações devem avaliar seus modelos atuais e integrar bens tangíveis e serviços. Essa abordagem possibilita a criação de valor agregado por meio da combinação de soluções tecnológicas e sustentáveis, alinhando-se às expectativas dos usuários e às exigências de transição energética.

Adaptar bens tangíveis a serviços é um passo essencial no processo de servitização. Para empresas do setor de energia solar, isso implica identificar serviços complementares que agreguem valor as placas solares. Como observado por Cusumano, Kahl e Suarez (2014) e Sousa e Silveira (2017), serviços como instalação profissional, manutenção periódica, monitoramento remoto, atualizações de *software* e *hardware* são considerados essenciais para agregar valor às ofertas existentes.

Na sequência, a segunda etapa consiste em avaliar as condições e demandas do mercado, identificando as necessidades dos clientes e as ofertas dos concorrentes. Essa análise estratégica inclui a identificação de lacunas no mercado e oportunidades para novos serviços (Oliva; Kallenberg, 2003; Gebauer; Fleisch; Friedli, 2005; Tuli; Kohli; Bharadwaj, 2007; Lv; Chen, 2024). No setor de energia solar, essa avaliação compreende os seguintes aspectos:

1. **Compreender as necessidades dos clientes:** identificar as demandas específicas dos usuários, que podem variar de soluções eficientes em energia renovável a serviços de manutenção e monitoramento contínuo (Baines; Lightfoot, 2013; Kowalkowski *et al.*, 2015; Reim; Sjödin; Parida, 2019; Kohtamäki *et al.*, 2019);
2. **Prover soluções:** oferecer serviços que atendam às necessidades distintas, com foco em eficiência energética (Lv; Chen, 2024), monitoramento remoto de sistemas instalados (Paiola *et al.*, 2021) e personalização de serviços de acordo com o perfil dos clientes (Baines; Lightfoot, 2013);
3. **Analisar o mercado:** entender o crescimento e as tendências da demanda, como a adoção de *IoT* e *big data*, além de identificar lacunas nos serviços oferecidos pelos concorrentes (Shen; Sun; Parida, 2023);

4. **Análise das ofertas dos concorrentes:** examinar detalhadamente os serviços já disponíveis no mercado de energia solar para identificar oportunidades de diferenciação e inovar (Shen; Sun; Parida, 2023).

Essas análises estratégicas fornecem a base para a elaboração de soluções que atendam tanto às demandas dos consumidores quanto aos desafios competitivos do mercado. A próxima seção, apresenta a preparação para Servitização Digital e aprofunda-se nos elementos críticos necessários para estruturar essa transição com foco em tecnologias digitais e práticas sustentáveis.

## 4.2 PREPARAÇÃO PARA SERVITIZAÇÃO DIGITAL

Após identificar oportunidades de servitização, a etapa seguinte envolve a preparação da empresa para a transição. Esse processo é fundamental para garantir que a organização esteja apta a integrar bens tangíveis e serviços de forma eficaz e sustentável, alinhada com a cultura, infraestrutura e processos.

Um dos principais pontos abordados pela literatura é a necessidade de mudança na cultura organizacional. Zhang e Banerji (2017) e Yan *et al.* (2019) afirmam que a empresa deve garantir que sua cultura esteja alinhada com a oferta de serviços. Isso exige mudanças na mentalidade de funcionários e líderes, que devem passar a valorizar os serviços como parte essencial do negócio. Além disso, é imprescindível criar uma cultura voltada para a inovação em serviços (Baines *et al.*, 2020). A adaptação da cultura organizacional é, por vezes, o pré-requisito para qualquer modelo de transição bem-sucedido. Isso envolve: Mudança de Mentalidade, Treinamento e Desenvolvimento e Apoio da Liderança.

A mudança de mentalidade busca promover uma cultura que valorize os serviços tanto quanto os bens tangíveis. Essa transformação incentiva a colaboração entre departamentos e a inovação contínua (Neely, 2008; Dahmani *et al.*, 2016; Zhang; Banerji, 2017; Nudurupati *et al.*, 2016; Ambroise; Prim–Allaz; Teyssier, 2018; Yan *et al.*, 2019; Dmitrijeva *et al.*, 2020).

A adaptação da cultura organizacional em empresas de energia solar requer não apenas uma mudança de mentalidade que valorize igualmente serviços e produtos, mas também um investimento robusto em treinamento e desenvolvimento. Investir em capacitação robusta para garantir que os funcionários possuam as competências necessárias para oferecer serviços de alta qualidade (Baines *et al.*, 2009b; Reim; Sjödin; Parida, 2019). Esse desenvolvimento de habilidades não é apenas um complemento, mas uma parte essencial para sustentar a nova mentalidade organizacional que coloca a servitização no centro de suas operações.

Para que o processo de servitização seja realmente eficiente e eficaz, é indispensável que haja um comprometimento sólido por parte da liderança da empresa. O papel da alta administração é crucial para fornecer a direção estratégica e os recursos necessários para a transição (Alghisi; Saccani, 2015; Kowalkowski *et al.*, 2017b; Dmitrijeva *et al.*, 2020). Ainda, os autores destacam que a liderança deve estar completamente engajada com o processo de servitização, apoiando ativamente as iniciativas e garantindo que a cultura organizacional evolua de maneira a incorporar a prestação de serviços como um elemento central do negócio.

Ao alinhar a cultura organizacional com a oferta de serviços e fomentar um ambiente propício à inovação e colaboração, as empresas de energia solar podem maximizar a eficiência energética e a satisfação dos clientes, garantindo seu sucesso e sustentabilidade no mercado.

Além das mudanças na cultura organizacional, o próximo passo a ser analisado são os investimentos em infraestrutura tecnológica e a integração de processos digitais. A digitalização tem transformado profundamente a forma como as empresas compreendem e atendem seus clientes, possibilitando acesso a dados em tempo real, uso de análises avançadas e práticas como a cocriação de valor. Isso resultou em ferramentas poderosas que ajudam as organizações a identificarem necessidades emergentes e a personalizar experiências.

Um dos pilares da transformação digital é a coleta de dados em tempo real. Tecnologias como a Internet das Coisas (*IoT*) desempenham um papel crucial, permitindo o monitoramento contínuo de atividades e o registro de padrões comportamentais (Singh *et al.*, 2022; Vandermerwe; Erixon, 2023; Scheidt; Staut, 2024). No setor de energia solar, o uso de sensores *IoT* permite prever falhas, adaptar serviços às demandas dos clientes e reforçar a importância do monitoramento preditivo.

Eloranta e Turunen (2016) destacam como tecnologias de monitoramento remoto transformam a relação entre fornecedores e consumidores. Respostas proativas, viabilizadas por essas tecnologias, reduzem custos operacionais e melhoram a confiabilidade de sistemas, um aspecto essencial para empresas do setor fotovoltaico (Baines; Lightfoot, 2013; Kumar *et al.*, 2024).

A análise de grandes volumes de dados, com o uso de Inteligência Artificial (IA) e *Big Data*, possibilita prever comportamentos, antecipar necessidades e gerar *insights* que aprimoram a tomada de decisão (Frank *et al.*, 2019; Vendrell-Herrero *et al.*, 2024). Essa prática, amplamente discutida na literatura sobre servitização, contribui para o desenvolvimento de serviços híbridos e orientados a resultados (Cenamor; Sjödin; Parida, 2017).

Favoretto *et al.* (2022) destacam que a digitalização e o uso de IA permitem que as empresas evoluam de uma abordagem reativa para uma postura proativa, fortalecendo o vínculo



entre análise de dados e inovação de serviços. Isso tem implicações significativas na configuração de modelos de negócios e estratégias competitivas, exigindo a integração das práticas mencionadas em um modelo holístico.

Ao alinhar cultura organizacional, infraestrutura tecnológica e inovação, as empresas de energia solar podem não apenas aumentar a eficiência e a satisfação dos clientes, mas também garantir competitividade e sustentabilidade no mercado. Essas práticas integradas são o alicerce para a transição bem-sucedida à servitização digital.

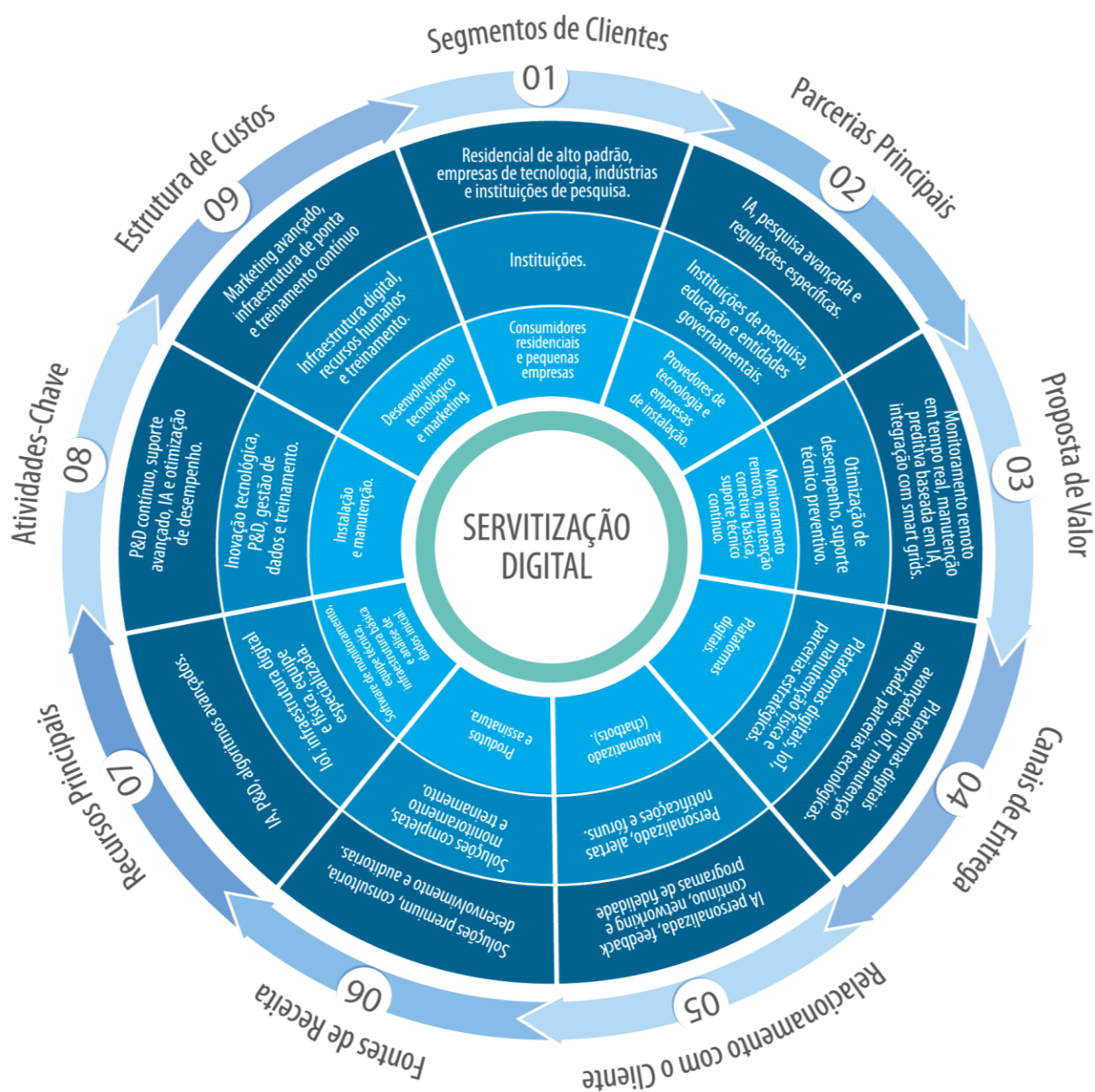
#### 4.3 ESTRUTURA DO MODELO DE NEGÓCIO

Esta seção apresenta integração por níveis de serviços. A estrutura está distribuída em três níveis progressivos: (i) Serviços Digitais Básicos, (ii) Serviços Digitais Intermediários e (iii) Serviços Digitais Avançados. Essa classificação, reflete a evolução na complexidade tecnológica e no valor agregado dos serviços, alinhando-se aos princípios de sustentabilidade e transformação organizacional. Tais aspectos são essenciais para atender às demandas de um mercado, de maneira dinâmica, com o objetivo de superar os desafios inerentes à digitalização (Tóth *et al.*, 2022).

Cada nível é composto por nove segmentos que representam os fatores críticos para a implementação da servitização digital. Os segmentos estão interconectados, formando um ciclo contínuo que evidencia a interdependência entre os elementos do processo. Essa abordagem integrada permite compreender como os componentes se complementam, promovendo uma visão holística e sustentável do modelo.

Os detalhes específicos desses segmentos estão apresentados no Quadro 10 e, posteriormente, são integrados na estrutura conceitual ilustrada na Figura 13, o que proporciona uma compreensão clara e objetiva da dinâmica envolvida da maturidade digital dos serviços.

Figura 13 – Nível de maturidade digital geral



Legenda:

- Implantação para Serviços Digitais Básicos.
- Implantação para Serviços Digitais Intermediários.
- Implantação para Serviços Digitais Avançados.

Fonte: elaborada pela autora com base na bibliografia consultada.

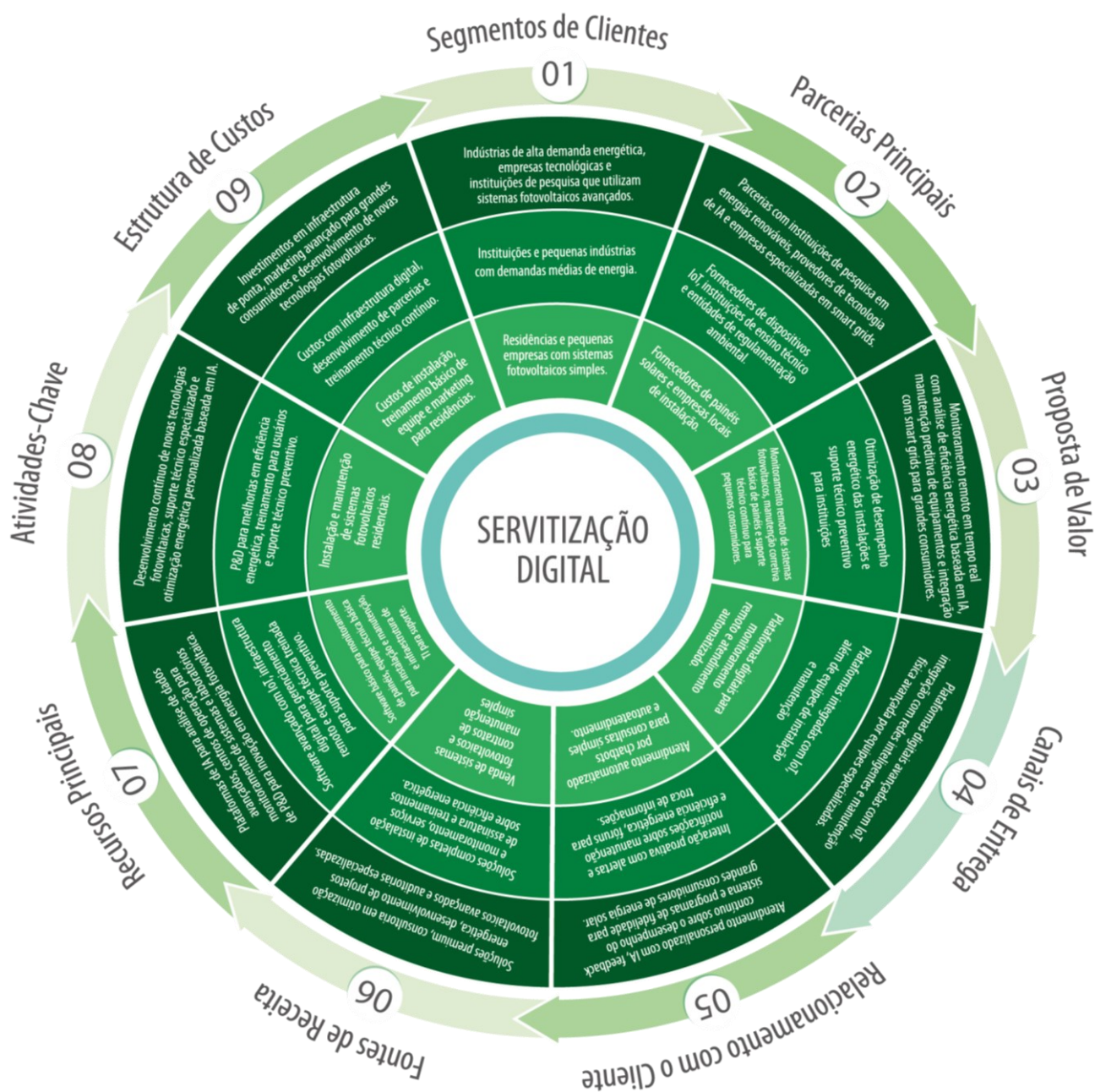
O formato circular da Figura 13, reforça a ciclicidade e integração entre esses componentes, ilustrando como cada segmento influencia os demais para sustentar uma operação de servitização digital eficiente. Os componentes específicos que estruturam o modelo de negócio digital proposto, com foco na integração de serviços digitalizados ao portfólio de empresas fotovoltaicas, estão descritos no Apêndice G. Esse material complementar detalha os elementos operacionais e estratégicos que sustentam a proposta.

Além disso, as camadas progressivas indicam uma transição lógica, na qual a complexidade dos serviços e o valor agregado aumentam de forma gradual e estratégica. Esse modelo promove uma visão sistêmica, enquanto destaca a importância de alinhar a transformação digital aos objetivos organizacionais, promovendo competitividade e sustentabilidade no contexto da servitização digital.

Para complementar esta análise, e direcionar ao setor de estudo da tese, uma nova representação foi estruturada. Essa representa a evolução do modelo de negócio geral da servitização digital, para o modelo de negócio aplicado ao setor fotovoltaico. No setor de energia solar, a integração de tecnologias digitais como *IoT* e a *IA* tem ampliado as possibilidades de oferecer serviços baseados em dados. Esses dados, promovem maior eficiência e personalização (Kowalkowski *et al.*, 2015; Reim; Sjodin; Coreynen *et al.*, 2018; Parida, 2019; Favaretto *et al.*, 2022).

Ademais, práticas de sustentabilidade e mudanças organizacionais têm emergido como fatores críticos para a implementação bem-sucedida de modelos de servitização digital (Lv; Chen, 2024). A Figura 14, apresenta o modelo de negócio para empresas fotovoltaicas. Nela é possível observar os conceitos da servitização digital de maneira aprofundada, tais como: tecnologia, sustentabilidade e inovação para atender às suas demandas específicas da área de estudo.

Figura 14 – Nível de maturidade digital para empresas fotovoltaicas



Legenda:

- Implantação para Serviços Digitais Básicos.
- Implantação para Serviços Digitais Intermediários.

- Implantação para Serviços Digitais Avançados.

Fonte: elaborada pela autora com base na bibliografia consultada.

A Figura 14 apresenta os níveis de maturidade distribuídos em nove segmentos, organizados em uma sequência sugerida para aplicação no contexto do setor fotovoltaico. No entanto, essa ordem pode ser ajustada conforme o progresso e as necessidades da implantação. O primeiro segmento refere-se aos segmentos dos clientes, que abrangem diversos perfis, desde consumidores residenciais (nível básico) até grandes corporações e governos conectados a redes inteligentes (nível avançado). A personalização dos serviços ocorre de forma progressiva, com maior integração nos níveis superiores.

Em seguida, destacam-se as parcerias principais, sendo consideradas essenciais para o suporte e a expansão das soluções no setor fotovoltaico. Para serviços básicos, Paschou *et al.* (2020) e Khanra *et al.* (2021) ressaltam a importância da colaboração com provedores de tecnologia e empresas de instalação. Nos serviços intermediários, Favoretto *et al.* (2022) enfatizam parcerias com instituições educacionais e de pesquisa. Para serviços avançados, Huikkola *et al.* (2021) apontam para a necessidade de colaboração com empresas de *IA* e instituições acadêmicas especializadas, que fornecem os recursos e expertise necessários para desenvolver e manter tecnologias de ponta. A definição dessas parcerias é fundamental para otimizar recursos e maximizar a proposta de valor (Vom Scheidt; Staudt, 2024).

A proposta de valor no contexto da servitização digital está centrada na entrega de soluções que integram bens tangíveis e serviços, alinhando-se às necessidades específicas dos clientes (Eggert *et al.*, 2022). No nível básico, os serviços incluem monitoramento simples e ações corretivas. No nível intermediário, destacam-se o monitoramento digital e os relatórios ambientais. Por fim, no nível avançado, ocorre a incorporação de manutenção preditiva e otimização baseada em *IA* (Tóth *et al.*, 2022).

Os canais de entrega evoluem conforme a maturidade do serviço. Iniciam-se com plataformas digitais simples (nível básico) e progridem para aplicativos inteligentes e integrados (níveis intermediário e avançado). Tóth *et al.* (2022) destacam que essa transformação digital melhora a experiência do cliente e aumenta a eficiência operacional (Kowalkowski; Gebauer; Oliva, 2017), ao reduzir deslocamentos e otimizar o uso de recursos físicos.

O relacionamento com o cliente reflete diretamente a maturidade digital da empresa. No nível básico, o suporte é manual. No nível intermediário, ocorre a integração de automação interativa, com alertas e notificações sobre eficiência energética (Huikkola *et al.*, 2021). No nível avançado, a *IA* proporciona uma experiência proativa e personalizada (Burton *et al.*, 2023). Eggert *et al.* (2022) afirmam que essa evolução fortalece a fidelização dos clientes, um fator crítico para o sucesso da servitização.

As fontes de receita nesse modelo variam de contratos básicos, como a instalação de sistemas, a planos de assinatura e contratos no nível avançado (Ruiz–Alba *et al.*, 2019). Eggert *et al.* (2022) argumentam que a transição para receitas recorrentes aumenta a previsibilidade financeira e fortalece o relacionamento de longo prazo com os clientes (Park, 2022; Upadhayay *et al.*, 2024). Por exemplo, um pacote pode incluir a venda de painéis solares com um contrato de manutenção estendida (Frank *et al.*, 2019; Paschou *et al.*, 2020), monitoramento remoto (Baines; Lightfoot, 2013; Kumar *et al.*, 2024) e suporte técnico (Ruiz–Alba *et al.*, 2019).

Os recursos principais envolvem uma infraestrutura tecnológica robusta, com sistemas para monitoramento e análise em tempo real (Kohtamäki *et al.*, 2019). Investimentos contínuos em tecnologias são indispensáveis para manter a eficiência e o crescimento sustentável (Cenamor; Sjödin; Parida, 2017; Frank *et al.*, 2019). A integração de *IoT* e *IA* exige tanto uma base tecnológica sólida, quanto equipes qualificadas para gerenciar a complexidade dos processos (Lv; Chen, 2024).

As atividades-chave incluem o *design* e a entrega de soluções integradas, análise de dados para manutenção preditiva e cocriação de serviços com os clientes. Bustinza *et al.* (2015) e Sjödin *et al.* (2020) destacam que a colaboração na cadeia de valor amplia a capacidade de inovação e agrega valor ao negócio. Essas atividades evoluem de serviços básicos, como instalação e manutenção, para níveis avançados, que envolvem o desenvolvimento de novas tecnologias, suporte especializado e otimização energética baseada em *IA*. A inovação contínua é indispensável para garantir competitividade (Eggert *et al.*, 2022).

A estrutura de custos varia conforme o nível de serviço. Para serviços básicos, os principais gastos concentram-se no desenvolvimento tecnológico e nas operações de campo (Paschou *et al.*, 2020; Khanra *et al.*, 2021). Nos serviços intermediários, incluem-se investimentos em inovação e infraestrutura digital (Favoretto *et al.*, 2022). Já os serviços avançados demandam maior investimento no desenvolvimento de tecnologias para atender à complexidade das soluções (Frank *et al.*, 2019; Huikkola *et al.*, 2021).

Cabe destacar que o amplo embasamento fornecido pelas referências bibliográficas utilizadas reforça a relevância acadêmica e prática do tema. Essa fundamentação extensa contribui para legitimar as estratégias propostas e destacam a robustez teórica e prática das recomendações sugeridas. Desta forma, o modelo proposto torna-se sustentado por uma base científica consistente, possibilitando às empresas fotovoltaicas realizarem avaliações contínuas, implementar melhorias, fomentar a inovação e garantir um crescimento sustentável, alcançando maior eficiência operacional e maximizando o valor entregue aos clientes.

## 4.4 MELHORIAS PROPOSTA PELO MODELO

Esta seção apresenta as melhorias para aprimorar a implementação da servitização digital no setor fotovoltaico, baseadas nos desafios e oportunidades identificados na literatura, visando um modelo mais eficiente e sustentável.

### 4.4.1 Categorias de melhorias e propostas de otimização

A implementação eficaz da servitização digital no setor fotovoltaico exige uma abordagem estruturada para otimizar processos e maximizar os benefícios da digitalização. A transformação digital apresenta desafios organizacionais, tecnológicos e estratégicos, que devem ser abordados de maneira integrada para garantir eficiência, sustentabilidade e competitividade.

Para isso, as melhorias propostas pelo modelo foram organizadas em três grandes categorias: estratégica, tática e operacional, cada uma delas refletindo um nível distinto de atuação dentro da organização. Essas categorias permitem uma análise detalhada dos pontos que podem ser aprimorados e oferecem diretrizes para a implementação de mudanças estruturais e tecnológicas. O Quadro 23 apresenta as melhorias detalhadas associadas a cada indicador de qualidade, demonstrando como as empresas podem otimizar seus processos e fortalecer sua competitividade no setor de energia solar.

Quadro 23 – Melhorias propostas para o setor fotovoltaicos

(continua)

| Gestão      | Categorias                           | Melhorias propostas                                                                                                                                            |
|-------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estratégico | 1. Alinhamento estratégico           | Alinhar as estratégias digitais aos objetivos gerais da empresa                                                                                                |
|             | 2. Satisfação do cliente digital     | Implementar <i>chatbots</i> inteligentes para atendimento proativo, com base no histórico de interações e dados do sistema fotovoltaico.                       |
|             |                                      | Simplificar a interface das plataformas de monitoramento para melhorar a experiência do usuário.                                                               |
|             |                                      | Adotar técnicas de resolução de problemas baseadas em inteligência artificial para soluções rápidas e precisas.                                                |
| Tático      | 3. Capacitação e treinamento digital | Desenvolver programas de treinamento contínuo e módulos de aprendizagem específicos para novas ferramentas digitais no setor de energia solar.                 |
|             |                                      | Criar <i>workshops</i> regulares sobre práticas de segurança cibernética e proteção de dados, alinhados com as regulamentações vigentes.                       |
|             |                                      | Estabelecer parcerias com fornecedores de tecnologia e instituições acadêmicas para promover atualizações contínuas em novas tecnologias e inovações no setor. |
|             | 4. Melhoria contínua                 | Fomentar a inovação por meio de laboratórios de inovação interna e de desenvolvedores de <i>software</i> focados na criação de novas soluções tecnológicas.    |



## Quadro 23 – Melhorias propostas para o setor fotovoltaicos

(conclusão)

| Gestão      | Categorias                                                   | Melhorias propostas                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Operacional | 5. Integração de serviços digitais                           | Implementar plataformas de integração que consolidem dados de <i>hardware</i> e <i>software</i> , permitindo uma visão unificada das operações do sistema fotovoltaico.                                                                                                              |
|             |                                                              | Projetar soluções que integrem a própria infraestrutura por meio do desenvolvimento de aplicações nativas em nuvem robustas, permitindo a conexão entre diferentes sistemas de monitoramento e controle remoto, e facilitando a interoperabilidade entre dispositivos e plataformas. |
|             |                                                              | Criar um centro de suporte ao cliente digital unificado para fornecer assistência em todas as etapas da jornada do cliente.                                                                                                                                                          |
|             | 6. Eficiência de processos servitizados                      | Utilizar algoritmos de otimização para ajustar as operações do sistema em tempo real, maximizando a eficiência energética e a produção de energia.                                                                                                                                   |
|             |                                                              | Implementar tecnologias de manutenção preditiva baseadas em <i>IoT</i> e análise de dados para prever e prevenir falhas antes que ocorram.                                                                                                                                           |
|             |                                                              | Adotar plataformas de comunicação interna digital que permitam a colaboração em tempo real e a troca de informações entre as equipes, reduzindo a ineficiência e melhorando a tomada de decisão.                                                                                     |
|             | 7. Segurança e privacidade digital no setor de energia solar | Estabelecer um comitê de conformidade que assegure que todas as operações digitais estejam em conformidade com as regulamentações de segurança e privacidade.                                                                                                                        |
|             |                                                              | Implementar sistemas de detecção e resposta a incidentes em tempo real, capazes de identificar e mitigar ameaças de segurança digital rapidamente.                                                                                                                                   |
|             |                                                              | Reforçar as políticas de proteção de dados pessoais, incluindo a criptografia de dados sensíveis e a implementação de protocolos rigorosos de acesso a informações.                                                                                                                  |

Fonte: elaborada pela autora.

No Quadro 23, é possível observar um conjunto de categorias que permite medir a eficácia e acompanhar a evolução do desempenho organizacional. Foram estabelecidas sete categorias para a melhorias das Gestões: Estratégica, Tática e Operacional.

#### 4.4.1.1 Melhorias na gestão estratégica

A categoria estratégica abrange melhorias que impactam diretamente a visão de longo prazo da empresa, que garante a transformação digital esteja alinhada aos objetivos organizacionais. Dois elementos fundamentais para o sucesso da servitização digital são o alinhamento estratégico e a satisfação do cliente.

O alinhamento estratégico digital é crucial para a servitização digital, em setores tecnológicos como o fotovoltaico. Lv e Chen (2024) destacam que ele é fundamental para maximizar a eficiência energética e a competitividade das empresas no setor de energia solar, com o objetivo de promover uma integração coesa entre iniciativas digitais e metas organizacionais. Isso exige a criação de sinergias entre *TI*, operações e *marketing* para fortalecer a eficiência energética e a competitividade. Para garantir essa integração, é necessário:

- a) Definir diretrizes para integração das tecnologias digitais aos objetivos estratégicos da empresa;
- b) Implementar uma governança digital estruturada para garantir coerência entre investimentos em *ti* e crescimento organizacional;
- c) Desenvolver mecanismos de acompanhamento contínuo para avaliar o impacto das iniciativas digitais.

A satisfação do cliente digital é um indicador-chave do sucesso da servitização. Eggert *et al.* (2022) e Chen *et al.* (2022) apontam que ela influencia diretamente a retenção e a fidelização dos clientes, fator decisivo em setores altamente competitivos como o de energia solar. No contexto fotovoltaico, empresas que garantem alta satisfação do cliente tendem a manter relações duradouras e fortalecer seus modelos de negócios baseados em serviços. Para aprimorar essa experiência, são recomendadas as seguintes ações:

- a) Implementar *chatbots inteligentes* e *IA* para fornecer respostas rápidas e personalizadas. Essas ferramentas contribuem para reduzir o tempo de espera, oferecer suporte contínuo e customizado e antecipar necessidades do cliente a partir da análise de dados de interação, aumentando a percepção de valor e a confiança na empresa.

- b) Aprimorar a usabilidade das plataformas digitais de monitoramento e suporte ao cliente. Fornecer interface simples, intuitivas e responsivas que facilitam a interação e reduzem barreiras de uso, permite que diferentes perfis de usuários (desde clientes B2C e B2B) acessem informações de forma clara e rápida. No setor fotovoltaico, plataformas bem estruturadas possibilitam o acompanhamento em tempo real da geração de energia, alertas sobre falhas ou perdas de eficiência e acesso direto a serviços de suporte técnico.
- c) Realizar pesquisas contínuas de satisfação e utilizar análise preditiva para entender as necessidades dos clientes. As pesquisas contínuas captar percepções atualizadas dos clientes em relação aos serviços prestados. Ademais, identificam pontos de melhorias e avaliam a efetividade das soluções digitais implementadas. Esse acompanhamento permite que as empresas não apenas corrijam falhas operacionais, mas também ajustem sua proposta de valor de forma dinâmica, fortalecendo o relacionamento de longo prazo.

A combinação entre alinhamento estratégico e excelência no atendimento digital fortalece a adoção da servitização digital e impulsiona a competitividade da empresa.

#### *4.4.1.2 Melhorias na gestão tática*

A categoria tática envolve mudanças nos processos intermediários que conectam a estratégia organizacional à execução operacional. Seu foco é otimizar a implementação de tecnologias digitais e capacitar a equipe, garantindo que a digitalização seja incorporada de forma eficiente à organização. Os principais elementos dessa gestão incluem capacitação e treinamento e inovação tecnológica contínua.

A capacitação em tecnologias digitais é essencial para a implementação bem-sucedida da servitização digital, em um setor altamente técnico como o de energia solar. Kohtamäki *et al.* (2020) e Tóth *et al.* (2022) destacam que a qualificação da equipe é um fator crítico para atender às demandas tecnológicas do setor. Para isso, recomenda-se:

- a) Estabelecer programas contínuos de capacitação em novas tecnologias, segurança cibernética e análise de dados;
- b) Desenvolver parcerias com universidades e centros de pesquisa para atualização constante em inovações tecnológicas;
- c) Implementar treinamentos práticos com realidade aumentada para potencializar a absorção do conhecimento técnico.

A inovação tecnológica é essencial para a competitividade das empresas fotovoltaicas, pois impulsionam a integração de novos serviços e soluções digitais. Lv e Chen (2024) ressaltam que a inovação contínua aumenta a eficiência e a sustentabilidade no setor. Para fomentar esse processo, é recomendável:

- a) Estruturar laboratórios internos de inovação para o desenvolvimento de soluções digitais personalizadas;
- b) Criar mecanismos de cocriação com os clientes, incentivando feedbacks contínuos e melhorias incrementais.

Essas ações visam mitigar os desafios encontrados ao longo do processo e asseguram que a digitalização ocorra de maneira estruturada, permitindo que a organização se adapte rapidamente às transformações do setor e maximize sua competitividade.

#### 4.4.1.3 Melhorias na gestão operacional

A categoria operacional foca na otimização da eficiência diária dos processos empresariais para promover a integração digital entre *hardware*, *software* e serviços. Essas melhorias aumentam a confiabilidade, a segurança e a eficiência dos sistemas de energia solar, e com isso, reduz os custos e fortalece a competitividade no setor. Três pilares sustentam essa transformação: Integração de Serviços Digitais, Eficiência de Processos Servitizados e Segurança e Privacidade Digital.

A integração de serviços digitais é essencial para garantir a continuidade operacional, melhorar a eficiência e aprimorar a experiência do cliente. Eggert *et al.* (2022) destacam que a conexão eficiente entre *hardware* e *software*, em sistemas de monitoramento e controle remoto, é determinante para o sucesso da servitização digital. Para isso, é necessário:

- a) Desenvolver plataformas de monitoramento integradas, que consolide os dados de sensores *IoT*, análise preditiva e desempenho do sistema fotovoltaico;
- b) Criar uma plataforma centralizada, que reúna diferentes tipos de conteúdo ou serviços em uma única interface, com o objetivo de facilitar o acesso dos usuários;
- c) Implementar tecnologias de interoperabilidade, que garantam a compatibilidade entre sistemas de diferentes fornecedores.

A digitalização dos processos servitizados impulsiona a otimização de recursos, promove melhorias contínuas e fatores essenciais para a competitividade das empresas fotovoltaicas. Segundo Tóth *et al.* (2022), a adoção de tecnologias digitais aprimora a gestão

dos recursos e reduz significativamente os custos operacionais. Entre as estratégias recomendadas estão:

- a) Utilizar *big data* para prever falhas nos sistemas solares e otimizar a manutenção preditiva;
- b) Implementar automação de processos robóticos, com a finalidade de reduzir o tempo de resposta no suporte técnico e atendimento ao cliente;
- c) Desenvolver algoritmos inteligentes de otimização de energia, que permita ajustes dinâmicos na geração e no consumo energético.

Por fim, a segurança e privacidade digital são aspectos críticos na servitização digital, dada a sensibilidade dos dados gerados no setor de energia solar. Eggert *et al.* (2022) enfatizam a importância da conformidade com regulamentações de segurança e a adoção de estratégias robustas contra ciberataques, que garantem a confiança dos clientes e a integridade da infraestrutura digital. Para isso, recomenda-se:

- a) Adotar protocolos avançados de cibersegurança e certificações para mitigar riscos de ataques cibernéticos;
- b) Implementar autenticação multifator e criptografia de ponta a ponta, que se propõe a proteger as informações sensíveis.

A implementação estruturada dessas melhorias, fortalece a competitividade das empresas de energia solar e garante a sustentabilidade do setor. Na próxima seção, as categorias serão detalhadas e associadas a indicadores de desempenho específicos. Esses indicadores avaliam a efetividade das melhorias e permitem um acompanhamento contínuo e mensurável do impacto das transformações implementadas.

#### **4.4.2 Indicadores de desempenho para servitização digital no setor fotovoltaico**

A implementação de melhorias na servitização digital no setor fotovoltaico exige um sistema estruturado de indicadores de desempenho. Esses indicadores permitem mensurar a eficácia das mudanças e garantir que as estratégias adotadas resultem em ganhos concretos na qualidade dos serviços e processos empresariais.

Com base nessas categorias estabelecidas no Quadro 23, foram definidos indicadores para monitorar o impacto das melhorias, assegurar o acompanhamento contínuo e permitir ajustes estratégicos. Esse monitoramento garante que as iniciativas implementadas estejam alinhadas às demandas do setor e às expectativas dos clientes. Além disso, a análise contínua dos indicadores facilita a identificação de ajustes necessários, o que proporciona um ciclo

permanente de aprimoramento e inovação, conforme apresenta a Fase 4 do fluxograma (Figura 12).

Esse processo fortalece a integração entre digitalização e servitização e impulsiona avanços concretos, alinhamento da inovação e eficiência operacional. O Quadro 24 apresenta os critérios de avaliação que classifica os indicadores em estratégicos, táticos e operacionais. Cada categoria é representada por um ou mais indicadores. A análise destaca as características dos indicadores para a servitização digital.

Quadro 24 – Estrutura dos indicadores de desempenho

(continua)

| Gestão      | Categorias                           | Indicador                                                               | Objetivo                                                                                         | Justificativa                                                                                                                                | Ambiente        | Padrão |
|-------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|
| Estratégico | 1. Alinhamento estratégico           | 1.1 Estratégia digital                                                  | Alinhar a área estratégica digital no setor de energia solar                                     | Alinhamento estratégico garante que todas as iniciativas digitais estejam focadas em maximizar a eficiência energética e a sustentabilidade. | <i>On-line</i>  |        |
|             | 2. Satisfação do cliente digital     | 2.1 Satisfação com o atendimento <i>on-line</i> sobre sistemas solares  | Medir a satisfação com o suporte digital oferecido para clientes de energia solar.               | A satisfação do cliente é um indicador-chave de sucesso, e influencia diretamente a retenção dos clientes.                                   | <i>On-line</i>  |        |
|             |                                      | 2.2 Satisfação com a usabilidade das plataformas de monitoramento solar | Medir a satisfação com a usabilidade das plataformas digitais de monitoramento de energia solar. | Plataformas digitais bem-sucedidas devem ser intuitivas e agradáveis de usar para garantir a adesão e fidelidade dos clientes.               | <i>On-line</i>  |        |
|             |                                      | 2.3 Satisfação com a resolução de problemas                             | Medir a satisfação com a resolução de problemas técnicos nos sistemas solares digitais.          | A resolução rápida e eficaz de problemas aumenta a confiança dos clientes nos serviços digitais oferecidos.                                  | <i>On-line</i>  |        |
| Tático      | 3. Capacitação e treinamento digital | 3.1 Capacitação em ferramentas digitais para gestão de energia solar    | Avaliar a eficácia do treinamento em ferramentas digitais específicas para o setor solar.        | A capacitação adequada garante que a equipe esteja preparada para utilizar as ferramentas digitais de maneira eficaz                         | <i>Off-line</i> |        |

Quadro 24 – Estrutura dos indicadores de desempenho

(continua)

| Gestão      | Categorias                              | Indicador                                                                     | Objetivo                                                                                                                                             | Justificativa                                                                                                     | Ambiente        | Padrão |
|-------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|
|             |                                         | 3.2 Capacitação em segurança digital                                          | Avaliar a eficácia do treinamento em segurança digital para sistemas solares.                                                                        | A segurança digital é crucial para proteger dados sensíveis e manter a integridade dos sistemas solares.          | <i>Off-line</i> |        |
|             |                                         | 3.3 Capacitação em novas tecnologias                                          | Avaliar a eficácia do treinamento em novas tecnologias no setor solar.                                                                               | A capacitação em novas tecnologias é vital para manter a empresa competitiva e adaptada às mudanças do mercado.   | <i>Off-line</i> |        |
| Tático      | 4. Melhoria contínua                    | 4.1 Inovação e desenvolvimento tecnológico                                    | Monitorar o desenvolvimento e a implementação de novas tecnologias digitais que melhorem a eficiência e a competitividade no setor de energia solar. | A inovação tecnológica é vital para manter a relevância e competitividade da empresa no mercado de energia solar. | <i>Off-line</i> |        |
| Operacional | 5. Integração de serviços digitais      | 5.1 Integração de <i>Hardware</i> e <i>Software</i> no setor de energia solar | Avaliar a integração entre dispositivos físicos e <i>software</i> .                                                                                  | A integração é essencial para garantir a eficiência na geração de energia e na manutenção dos sistemas solares.   | <i>In-line</i>  |        |
|             |                                         | 5.2 Integração de sistemas de monitoramento e controle remoto                 | Avaliar a integração entre sistemas de monitoramento de desempenho dos painéis solares e plataformas de controle remoto.                             | A integração melhora a precisão na gestão de energia e permite intervenções rápidas e eficazes.                   | <i>In-line</i>  |        |
|             |                                         | 5.3 Integração de suporte ao cliente em plataforma digitais                   | Avaliar a integração entre sistemas de suporte e plataformas digitais.                                                                               | A integração assegura um suporte ao cliente eficiente e ágil, essencial para resolver problemas técnicos.         | <i>In-line</i>  |        |
|             | 6. Eficiência de processos servitizados | 6.1 Eficiência na operação digital de sistemas solares                        | Avaliar a eficiência na operação dos sistemas solares digitais.                                                                                      | Melhorar a eficiência operacional é crucial para maximizar a geração de energia e reduzir custos.                 | <i>In-line</i>  |        |

Quadro 24 – Estrutura dos indicadores de desempenho

(conclusão)

| Gestão      | Categorias                                                   | Indicador                                                                                    | Objetivo                                                                                        | Justificativa                                                                                                                  | Ambiente       | Padrão |
|-------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------|
|             |                                                              | 6.2 Eficiência na manutenção preditiva dos sistemas solares                                  | Avaliar a eficiência na manutenção preditiva digital dos sistemas solares.                      | Falhas evitadas podem ser subjetivas ou subnotificadas. Indicadores operacionais clássicos ajudam a validar o dado             | <i>In-line</i> |        |
|             |                                                              | 6.3 Eficiência na comunicação interna usando ferramentas digitais no setor de energia solar. | Avaliar a eficiência da comunicação interna entre equipes de instalação e manutenção.           | Comunicação interna eficaz é fundamental para a coordenação e execução bem-sucedida das atividades de instalação e manutenção. | <i>In-line</i> |        |
| Operacional | 7. Segurança e privacidade digital no setor de energia solar | 7.1 Conformidade com regulamentações de segurança digital                                    | Avaliar a conformidade com regulamentações de segurança aplicáveis a sistemas solares digitais. | Conformidade com regulamentações é essencial para evitar penalidades legais e manter a confiança dos clientes.                 | <i>In-line</i> |        |
|             |                                                              | 7.2 Incidentes de segurança                                                                  | Monitorar e reduzir os incidentes de segurança cibernética em sistemas solares.                 | Reduzir incidentes de segurança é fundamental para proteger a reputação da empresa e garantir a continuidade dos negócios.     | <i>In-line</i> |        |
|             |                                                              | 7.3 Proteção de dados pessoais                                                               | Avaliar a proteção de dados pessoais dos clientes de energia solar.                             | A proteção de dados pessoais é uma exigência legal e um fator crítico para manter a confiança dos clientes.                    | <i>In-line</i> |        |

Fonte: elaborada pela autora.

O Quadro 24 apresenta 17 indicadores que sustentam a transformação digital e a servitização no setor de energia solar. Esses indicadores foram elaborados com base nas três categorias de gestão: estratégica, tática e operacional, que garantem uma avaliação abrangente e estruturada da digitalização no setor.



#### 4.4.2.1 Indicadores estratégicos: sustentabilidade e alinhamento digital

Os indicadores estratégicos desempenham um papel essencial na avaliação do impacto das mudanças no longo prazo e garantem que as iniciativas digitais estejam alinhadas com os objetivos organizacionais. No contexto de servitização digital, esses indicadores são fundamentais para monitorar a integração das soluções tecnológicas com a estratégia da empresa, na forma de assegurar que os investimentos em digitalização resultem em maior eficiência operacional, sustentabilidade e vantagem competitiva.

Entre esses indicadores, destaca-se a satisfação do cliente digital, que é um fator crítico para o sucesso da servitização. No entanto, a integração dessas tecnologias com sistemas legados representa um grande desafio e exige a adoção de arquiteturas digitais escaláveis e protocolos de interoperabilidade que facilitem a comunicação entre diferentes plataformas e parceiros (Cenamor; Sjödin; Parida, 2017; Frank *et al.*, 2019; Huikkola *et al.*, 2021; Burton *et al.*, 2023).

Além disso, a experiência do cliente nos serviços digitais pode variar desde autoatendimentos automatizados até interações personalizadas. Embora a automação reduza custos e aumente a eficiência, muitos clientes ainda preferem um atendimento humanizado, o que reforça a necessidade de um modelo híbrido que equilibre eficiência e personalização (Ruiz-Alba *et al.*, 2019). Para atender a essa demanda, empresas podem investir em *chatbots* inteligentes e assistentes virtuais baseados em *IA*, que oferecem suporte automatizado sem comprometer a qualidade da experiência do usuário (Khanra *et al.*, 2021).

Diante desse cenário, foram criados três indicadores para mensurar a qualidade da experiência digital. Esses indicadores avaliam aspectos como:

- a) Satisfação com o atendimento *on-line*: mede a percepção do cliente sobre a eficiência do suporte digital;
- b) Usabilidade das plataformas digitais: avalia a facilidade de navegação, intuitividade e funcionalidade das soluções tecnológicas;
- c) Resolução de problemas: verifica a eficácia dos canais digitais na solução de demandas e reclamações dos clientes.

A análise desses indicadores é essencial, pois influencia diretamente a retenção e fidelização dos clientes, com o objetivo de garantir que a experiência digital atenda às suas expectativas. Além disso, com a dependência crescente das plataformas digitais, torna-se indispensável a adoção de estratégias centradas na experiência do usuário, que inclui: melhorias na interface, personalização do atendimento e otimização do tempo de resposta. Monitorar de

forma contínua esses fatores, permite que as empresas ajustem suas soluções digitais e promova maior engajamento e satisfação do cliente.

#### 4.4.2.2 Indicadores táticos: capacitação e inovação

Os indicadores táticos são fundamentais para avaliar a eficácia das melhorias implementadas na capacitação dos colaboradores e na inovação tecnológica. A transformação digital exige profissionais qualificados para operar novas tecnologias. Dessa maneira, se assegura que as mudanças estratégicas sejam corretamente aplicadas e tragam impactos positivos aos processos organizacionais.

Esses indicadores, medem a adesão dos funcionários a programas de treinamento em ferramentas digitais, segurança digital e novas tecnologias. Baines *et al.* (2009b) e Reim, Sjödin e Parida (2019) apontam que empresas que investem continuamente na capacitação de seus colaboradores aumentam significativamente a eficiência na implementação da servitização digital, e com isso, reduz falhas operacionais e amplia a adoção de novas práticas.

A resistência à mudança é um dos desafios mais críticos da digitalização, frequentemente associada à falta de treinamento adequado e comunicação ineficiente (Neely, 2008; Dahmani *et al.*, 2016; Zhang; Banerji, 2017; Nudurupati *et al.*, 2016; Ambroise; Prim–Allaz; Teyssier, 2018; Yan *et al.*, 2019; Dmitrijeva *et al.*, 2020; Chirumalla; Leoni; Oghazi, 2023). Assim, estratégias educacionais como *workshops*, treinamentos imersivos e certificações em novas tecnologias são fundamentais para mitigar essa resistência e acelerar a adoção de práticas digitais (Cenamor; Sjödin; Parida, 2017; Broccardo *et al.*, 2023; Lv; Chen, 2024).

Além disso, o conceito de “serviços como produto”, conforme descrito por Paiola *et al.* (2023), reforça que a capacitação não se restringe apenas ao uso técnico de novas ferramentas, mas também à compreensão da experiência do cliente e à integração dos serviços no cotidiano dos usuários. Essa abordagem amplia a funcionalidade das soluções digitais e faz do suporte técnico e da consultoria elementos indispensáveis para o sucesso do modelo servitizado.

A ausência de práticas adequadas de comunicação e treinamento representa um obstáculo significativo para a adoção de soluções digitais pelos clientes. O levantamento da literatura apresenta que, apesar de amplamente discutido, esse ainda é um desafio relevante (Shen; Sun; Parida, 2023; Vendrell-Herrero *et al.*, 2024; Chávez *et al.*, 2024). Muitas empresas implementam novas tecnologias sem uma estratégia clara para apresentar seus benefícios e funcionalidades aos usuários (Baines *et al.*, 2009b; Reim; Sjödin; Parida, 2019).

Portanto, a capacitação deve ser complementada por um modelo eficaz de comunicação, que garanta aos usuários finais, compreensão das vantagens dos serviços digitais e deixe-os confiantes ao utilizá-los. Ferramentas como tutoriais interativos, suporte digital automatizado (*chatbots* inteligentes) e programas de engajamento podem minimizar barreiras à adoção e maximizar a usabilidade dos sistemas.

A evolução dos serviços digitais está diretamente ligada à colaboração com empresas de tecnologia, instituições acadêmicas e órgãos reguladores. A necessidade de alinhamento entre diferentes parceiros e a integração tecnológica são desafios constantes, que exige a implementação de estratégias e padrões de interoperabilidade para garantir a eficiência operacional (Tronvoll *et al.*, 2020).

A integração com inovação tecnológicos e programas de co-desenvolvimento também desempenha um papel importante nesse processo, que facilita a implementação de soluções inovadoras a custos reduzidos e promove agilidade na adaptação de novas tecnologias (Upadhyay *et al.*, 2024).

A inovação e o desenvolvimento tecnológico são avaliados pelo grau de implementação de novas tecnologias e pelo impacto dessas inovações na eficiência operacional. Esses indicadores permitem identificar: (i) o nível de maturidade digital das empresas, (ii) a efetividade das estratégias de inovação e (iii) o retorno sobre investimento em tecnologias emergentes.

A adoção de tecnologias da *IoT* e *IA* representa um diferencial competitivo, que permite as empresas: monitorar sistemas em tempo real, prever falhas e otimizar a gestão da energia gerada (Chávez *et al.*, 2023). Esses avanços melhoram não apenas a eficiência operacional, mas também a segurança dos sistemas e a experiência do cliente, o que de fato, agrega valor aos serviços.

Assim, os indicadores táticos são ferramentas essenciais para avaliar a eficácia da capacitação dos colaboradores e a adoção de inovações tecnológicas. O sucesso da transformação digital não depende apenas da introdução de novas tecnologias, mas também da habilidade da organização em capacitar sua equipe e estabelecer parcerias estratégicas.

A adoção de estratégias estruturadas de comunicação e treinamento, aliada à colaboração com empresas de tecnologia e aceleradores de inovação, pode minimizar barreiras e garantir que as inovações sejam implementadas de forma eficaz. Dessa maneira, as empresas conseguem alcançar maior eficiência operacional, maturidade digital e vantagem competitiva sustentável no setor de serviços digitais.

#### 4.4.2.3 Indicadores operacionais: eficiência e segurança digital

Os indicadores operacionais desempenham um papel essencial na avaliação da eficiência diária das operações, ou seja, asseguram que a digitalização proporcione ganhos concretos em produtividade e segurança empresarial. A eficácia da integração entre *hardware*, *software* e plataformas digitais é mensurada por indicadores que analisam a conectividade dos sistemas e a integração das tecnologias (Coreynen *et al.*, 2017; Rymaszewska; Helo; Gunasekaran, 2017; Kohtamäki *et al.*, 2019; Paiola *et al.*, 2021; Shen; Sun; Parida, 2023). Quando bem implementada, essa integração aprimora a capacidade de resposta operacional, reduz custos e otimiza o desempenho dos sistemas fotovoltaicos.

Indicadores como eficiência na operação digital (Paschou *et al.*, 2020; Shen; Sun; Parida, 2023), manutenção preditiva Tóth *et al.* (2022) e comunicação interna (Baines *et al.*, 2009b; Reim; Sjödin; Parida, 2019) são fundamentais para garantir que a digitalização otimize os processos internos. A manutenção preditiva, por exemplo, contribui para a redução de custos ao evitar falhas inesperadas, enquanto uma comunicação digital eficaz, aprimora a coordenação entre as equipes. A digitalização também permite que as empresas realizem ajustes operacionais baseados em análises de dados e inteligência preditiva, o que torna os processos ágeis e menos suscetíveis a falhas.

A proteção dos dados dos clientes e a conformidade com regulamentações de segurança (Baines; Lightfoot, 2013; Kumar *et al.*, 2024) são aspectos essenciais da servitização digital. Indicadores como conformidade regulatória (Eggert *et al.*, 2022), incidentes de segurança (Shen; Sun; Parida, 2023) e proteção de dados pessoais (Parida; Sjödin; Reim, 2019) garantem que a infraestrutura digital seja confiável e segura. Empresas que investem em segurança digital reduzem significativamente os riscos de ataques cibernéticos (Kumar *et al.*, 2024) e fortalece a confiança dos clientes nos serviços digitalizados.

## 5 AVALIAÇÃO DO MODELO

Este capítulo está estruturado três tópicos principais: avaliação do modelo, estudo de caso e aprimoramento do modelo. O primeiro tópico trata da avaliação do questionário com os pesquisadores da área, com o objetivo de garantir a clareza, relevância e precisão dos itens ao contexto da servitização digital no setor de energia solar. O segundo descreve o estudo de caso realizado em uma empresa fotovoltaica de médio porte localizada na região oeste do Paraná. Nessa seção são detalhados a aplicação da entrevista semiestrutura (apêndice B), a análise qualitativa dos dados e os principais achados práticos. Por fim, o terceiro tópico apresenta o aprimoramento do modelo proposto, fundamentado na triangulação entre os dados empíricos obtidos no estudo de caso e as contribuições dos estudiosos que resultaram em um modelo robusto, aplicável e alinhado às necessidades reais do setor fotovoltaico.

### 5.1 ANÁLISE DESCRITIVA DO QUESTIONÁRIO

Esta subseção apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação do questionário (conforme Apêndice A), direcionado a pesquisadores com experiência prática ou acadêmica em servitização digital ou em temas correlatos, como transformação digital, inovação em serviços e modelos de negócios. O objetivo dessa etapa foi obter contribuições para avaliar a coerência, relevância e aplicabilidade dos elementos do modelo proposto.

A aplicação do instrumento resultou em uma taxa de retorno de 50%, ou seja, dez respostas completas do questionário, valor considerado satisfatório na área de gestão de operações. De acordo com Cauchick-Miguel (2012), taxas iguais ou maiores que 50% são desejáveis, pois garantem maior validade interna e capacidade de generalização dos resultados.

A análise das respostas permitiu identificar pontos fortes, lacunas e sugestões de melhoria, que foram fundamentais para orientar o aprimoramento do modelo, conforme detalhado na Seção 5.3 – Aprimoramento do Modelo. A seguir, apresentam-se os resultados dessa avaliação, considerando a percepção dos pesquisadores quanto à estrutura, às categorias e às contribuições práticas do modelo desenvolvido.

### 5.1.1 Percepção dos pesquisadores da área

Com o objetivo de apresentar uma visão clara do perfil e das percepções dos estudiosos participantes, a análise foi estruturada em dois quadros complementares. O Quadro 25 apresenta as perguntas do questionário, abrangendo aspectos relacionados à formação acadêmica, experiência profissional e em pesquisa, além da avaliação do modelo proposto. Já o Quadro 26 reúne as respostas fornecidas por cada estudioso, identificadas por códigos alfanuméricos, de modo a preservar o anonimato dos participantes e facilitar a comparação entre diferentes perfis e percepções.

Quadro 25 – Perguntas realizadas no questionário

(continua)

| Número | Pergunta                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Qual é o seu maior nível de escolaridade concluído?                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2      | Quanto tempo você atuação na área de pesquisa de servitização ou áreas correlatas?<br>Obs.: Respostas em anos                                                                                                                                                                                                       |
| 3      | Qual ou quais instituições você realizou pesquisas sobre o tema servitização ou áreas correlatas?                                                                                                                                                                                                                   |
| 4      | Qual a sua área de atuação principal?                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5      | Já trabalhou diretamente com o tema servitização digital?<br>( ) Sim ( ) Não, mas estudo sobre o tema servitização digital<br>( ) Não, mas já trabalhei diretamente com servitização<br>( ) Nunca trabalhei com servitização.                                                                                       |
| 6      | Qual a sua experiência com servitização e modelos de negócios digitais?<br>( ) Menos de 2 anos ( ) Entre 2 e 5 anos<br>( ) Mais de 5 anos ( ) Nunca trabalhei/estudei com servitização digital.                                                                                                                     |
| 7      | O modelo apresentado é estruturado e de fácil compreensão?<br>( ) Concordo totalmente ( ) Concordo parcialmente ( ) Neutro<br>( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo totalmente                                                                                                                                     |
| 8      | O modelo representa de forma coerente a transição para a servitização digital?<br>( ) Concordo totalmente ( ) Concordo parcialmente ( ) Neutro<br>( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo totalmente                                                                                                                 |
| 9      | O fluxograma abrange os fatores críticos para a implementação da servitização digital?<br>( ) Concordo totalmente ( ) Concordo parcialmente ( ) Neutro<br>( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo totalmente                                                                                                         |
| 10     | O Fluxograma está conceitualmente alinhado com a literatura sobre servitização digital?<br>( ) Concordo totalmente ( ) Concordo parcialmente ( ) Neutro<br>( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo totalmente                                                                                                        |
| 11     | Com relação a Figura 2 (questionário), a descrição da etapa representa a relação dos desafios atuais da digitalização?<br>( ) Concordo totalmente ( ) Concordo parcialmente ( ) Neutro<br>( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo totalmente                                                                         |
| 12     | Na sua opinião, o detalhamento da Figura 2 (questionário), pode ser ajustada para contemplar organizações de diferentes portes (pequenas, médias e grandes) que adotam a servitização digital?<br>( ) Concordo totalmente ( ) Concordo parcialmente ( ) Neutro<br>( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo totalmente |
| 13     | Na sua opinião, o detalhamento da Figura 2(questionário), pode ser ajustado para atender diferentes tipos/segmentos de empresas que desejam implementar a servitização digital?<br>( ) Concordo totalmente ( ) Concordo parcialmente ( ) Neutro<br>( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo totalmente                |

Quadro 25 – Perguntas realizadas no questionário

(conclusão)

| Número | Pergunta                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14     | Com relação ao detalhamento da Figura 3 (questionário), a descrição da etapa representa a relação dos desafios atuais da digitalização no setor fotovoltaico?<br>( ) Concordo totalmente ( ) Concordo parcialmente ( ) Neutro<br>( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo totalmente |
| 15     | A Figura 3 (questionário), considera barreiras reais para a implementação da servitização digital nas empresas do setor fotovoltaico?<br>( ) Concordo totalmente ( ) Concordo parcialmente ( ) Neutro<br>( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo totalmente                         |
| 16     | O fluxograma apresenta um impacto significativo na melhoria da eficiência operacional?<br>( ) Impacto muito alto ( ) Impacto alto ( ) Impacto moderado<br>( ) Impacto baixo ( ) Impacto zero                                                                                       |
| 17     | Qual é o impacto deste modelo na melhoria do atendimento e da experiência do cliente?<br>( ) Impacto muito alto ( ) Impacto alto ( ) Impacto moderado<br>( ) Impacto baixo ( ) Impacto zero                                                                                        |
| 18     | Qual é o impacto deste modelo na otimização dos processos internos e na tomada de decisão?<br>( ) Impacto muito alto ( ) Impacto alto ( ) Impacto moderado<br>( ) Impacto baixo ( ) Impacto zero                                                                                   |
| 19     | O Modelo abrange as barreiras críticas do processo de servitização digital?<br>( ) Sim ( ) Sim, porém parcialmente ( ) Não abrange completamente                                                                                                                                   |
| 20     | Você acredita que o modelo poderia ser utilizado no processo de servitização digital no setor fotovoltaico?<br>( ) Sim, já está pronta para a aplicação prática ( ) Sim, porém com ajustes<br>( ) Não, ainda precisa de refinamento conceitual                                     |

Fonte: elaborado pela autora.

Cabe destacar que a numeração das perguntas no Quadro 25 está diretamente relacionada à ordem das respostas apresentadas no Quadro 26, permitindo realizar a correspondência direta entre os itens investigados e as percepções individuais dos respondentes.

As perguntas sete a dezoito avaliaram a percepção dos pesquisadores por meio da escala *likert* de cinco pontos. Como o instrumento de coleta não previa espaço para comentários em respostas com nota igual ou superior a três, não foi possível compreender em profundidade os fatores que motivaram essa avaliação. O campo para justificativa foi disponibilizado apenas para os casos em que os respondentes atribuíram nota dois ou um na escala *likert*, com o intuito de qualificar as discordâncias e captar as razões que levaram à atribuição de notas mais baixas às afirmações apresentadas.

Embora o questionário completo esteja disponível no **Apêndice A**, optou-se por apresentar as perguntas também no corpo do texto para facilitar o entendimento da análise subsequente. Essa abordagem evita remissões constantes ao apêndice e contribui para uma leitura fluida e contínua.

Quadro 26 – Perfil e respostas dos pesquisadores

(continua)

| Número | A                                                          | B                            | C                                | D                         | E                                | F                                                        | G                                | H                            | I                                                          | J                                                  |
|--------|------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1      | Mestrado                                                   | Mestrado                     | Doutorado                        | Doutorado                 | Pós-doutorado                    | Doutorado                                                | Pós-doutorado                    | Doutorado                    | Doutorado                                                  | Pós-doutorado                                      |
| 2      | 2                                                          | 5                            | 6                                | 6                         | 10                               | 5                                                        | 4                                | 5                            | 14                                                         | 1                                                  |
| 3      | UFSC                                                       | UFSC                         | UFRGS                            | UFSCAR                    | UFRJ                             | UFSCAR                                                   | UFSC e Unioeste                  | UFSC                         | UEPA                                                       | UFSC e UFPR                                        |
| 4      | Engenharia de Produção                                     | Engenharia de Produção       | Administração/Gestão de Negócios | Engenharia de Produção    | Administração/Gestão de Negócios | Engenharia de Produção                                   | Administração/Gestão de Negócios | Engenharia de Produção       | Engenharia de Produção                                     | Desenvolvimento de Produtos e Tecnologia Assistiva |
| 5      | Nunca trabalhei com servitização                           | Não, mas estudo sobre o tema | Sim                              | Sim                       | Não, mas estudo sobre o tema     | Não, mas já trabalhei com servitização em outros setores | Não, mas estudo sobre o tema     | Não, mas estudo sobre o tema | Não, mas já trabalhei com servitização em outros setores   | Não, mas estudo sobre o tema                       |
| 6      | nunca trabalhei/estudei a servitização digital diretamente | Entre 2 e 5 anos             | Mais de 5 anos                   | Entre 2 e 5 anos          | Entre 2 e 5 anos                 | Entre 2 e 5 anos                                         | Entre 2 e 5 anos                 | Mais de 5 anos               | nunca trabalhei/estudei a servitização digital diretamente | Menos de 2 anos                                    |
| 7      | (5) Concordo totalmente                                    | (5) Concordo totalmente      | (5) Concordo totalmente          | (4) Concordo parcialmente | (4) Concordo parcialmente        | (4) Concordo parcialmente                                | (5) Concordo totalmente          | (4) Concordo parcialmente    | (5) Concordo totalmente                                    | (4) Concordo parcialmente                          |
| 8      | (4) Concordo parcialmente                                  | (5) Concordo totalmente      | (4) Concordo parcialmente        | (5) Concordo totalmente   | (4) Concordo parcialmente        | (2) Discordo parcialmente                                | (5) Concordo totalmente          | (4) Concordo parcialmente    | (3) Neutro                                                 | (4) Concordo parcialmente                          |
| 9      | (4) Concordo parcialmente                                  | (4) Concordo parcialmente    | (4) Concordo parcialmente        | (4) Concordo parcialmente | (4) Concordo parcialmente        | (2) Discordo parcialmente                                | (1) Discordo totalmente          | (4) Concordo parcialmente    | (3) Neutro                                                 | (4) Concordo parcialmente                          |
| 10     | (5) Concordo totalmente                                    | (5) Concordo totalmente      | (4) Concordo parcialmente        | (4) Concordo parcialmente | (4) Concordo parcialmente        | (4) Concordo parcialmente                                | (5) Concordo totalmente          | (4) Concordo parcialmente    | (3) Neutro                                                 | (3) Neutro                                         |
| 11     | (4) Concordo parcialmente                                  | (5) Concordo totalmente      | (5) Concordo totalmente          | (5) Concordo totalmente   | (4) Concordo parcialmente        | (2) Discordo parcialmente                                | (5) Concordo totalmente          | (5) Concordo totalmente      | (3) Neutro                                                 | (4) Concordo parcialmente                          |



Quadro 26 – Perfil e respostas dos pesquisadores

(conclusão)

| Número | A                         | B                                          | C                        | D                                          | E                         | F                                            | G                                          | H                                          | I                         | J                                          |
|--------|---------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|
| 12     | (5) Concordo totalmente   | (3) Neutro                                 | (5) Concordo totalmente  | (4) Concordo parcialmente                  | (2) Discordo parcialmente | (5) Concordo totalmente                      | (5) Concordo totalmente                    | (5) Concordo totalmente                    | (3) Neutro                | (4) Concordo parcialmente                  |
| 13     | (5) Concordo totalmente   | (5) Concordo totalmente                    | (5) Concordo totalmente  | (5) Concordo totalmente                    | (4) Concordo parcialmente | (5) Concordo totalmente                      | (4) Concordo parcialmente                  | (5) Concordo totalmente                    | (4) Concordo parcialmente | (5) Concordo totalmente                    |
| 14     | (4) Concordo parcialmente | (3) Neutro                                 | (5) Concordo totalmente  | (3) Neutro                                 | (3) Neutro                | (3) Neutro                                   | (5) Concordo totalmente                    | (4) Concordo parcialmente                  | (3) Neutro                | (4) Concordo parcialmente                  |
| 15     | (4) Concordo parcialmente | (3) Neutro                                 | (5) Concordo totalmente  | (3) Neutro                                 | (3) Neutro                | (3) Neutro                                   | (5) Concordo totalmente                    | (5) Concordo totalmente                    | (3) Neutro                | (4) Concordo parcialmente                  |
| 16     | (4) Impacto Alto          | (4) Impacto Alto                           | (3) Impacto moderado     | (4) Impacto Alto                           | (3) Impacto moderado      | (1) Impacto Zero                             | (4) Impacto Alto                           | (5) Impacto Muito Alto                     | (4) Impacto Alto          | (5) Impacto Muito Alto                     |
| 17     | (4) Impacto Alto          | (4) Impacto Alto                           | (4) Impacto Alto         | (3) Impacto moderado                       | (3) Impacto moderado      | (2) Impacto Baixo                            | (4) Impacto Alto                           | (4) Impacto Alto                           | (3) Impacto moderado      | (4) Impacto Alto                           |
| 18     | (5) Impacto Muito Alto    | (4) Impacto Alto                           | (4) Impacto Alto         | (4) Impacto Alto                           | (3) Impacto moderado      | (3) Impacto moderado                         | (4) Impacto Alto                           | (5) Impacto Muito Alto                     | (4) Impacto Alto          | (5) Impacto Muito Alto                     |
| 19     | Sim, porém, parcialmente  | Sim, porém, parcialmente                   | Sim, porém, parcialmente | Sim, porém, parcialmente                   | Sim, porém, parcialmente  | Não abrange.                                 | Sim, porém, parcialmente                   | Sim, porém, parcialmente                   | Sim, porém, parcialmente  | Sim                                        |
| 20     | Sim, mas com ajustes      | Sim, já está pronto para aplicação prática | Sim, mas com ajustes     | Sim, já está pronto para aplicação prática | Sim, mas com ajustes      | Não, ainda precisa de refinamento conceitual | Sim, já está pronto para aplicação prática | Sim, já está pronto para aplicação prática | Sim, mas com ajustes      | Sim, já está pronto para aplicação prática |

Fonte: elaborado pela autora, com base nas respostas da pesquisa via Google Forms.

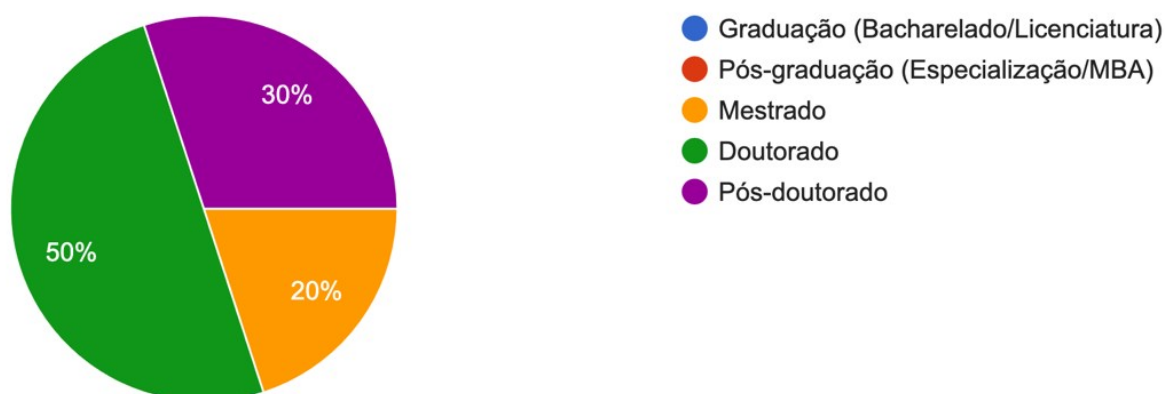
A separação entre as perguntas (Quadro 25) e as respostas (Quadro 26) foi adotada com o objetivo de tornar a leitura clara e organizada, evitando a sobrecarga visual de informações em um único quadro. Nas subseções seguintes, as perguntas e respostas são analisadas de forma articulada e aprofundada, permitindo uma compreensão dos fatores críticos, das oportunidades identificadas e dos desafios percebidos pelos pesquisadores em relação à implementação da servitização digital no setor fotovoltaico.

### 5.1.2 Formação e experiência acadêmica

Este subitem apresenta a análise do perfil dos pesquisadores que participaram da etapa de avaliação do modelo. Conhecer o perfil dos respondentes ajuda compreender a consistência das contribuições obtidas. A análise considerou o nível de formação acadêmica e o tempo de atuação na área, fatores que influenciam diretamente a profundidade dos *insights* gerados. Os dados foram organizados para evidenciar a escolaridade e a experiência dos participantes em servitização, revelando um grupo heterogêneo e qualificado, com sólida base teórica, vivência prática e diferentes níveis de atualização profissional.

Todos os pesquisadores selecionados possuem experiência comprovada nas áreas de: *Product-Service Systems*, servitização e a própria servitização digital. Além disso, incluem-se temas como transformação digital, gestão de serviços, inovação tecnológica e digitalização de processos industriais. Essa convergência temática foi considerada crucial e adequada para garantir contribuições alinhadas ao escopo da pesquisa. A Figura 15 apresenta a distribuição do nível de escolaridade dos pesquisadores participantes e corresponde à pergunta 01 do Quadro 25, evidenciando o perfil acadêmico dos respondentes.

Figura 15 – Nível de escolaridade concluído dos pesquisadores



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

Os dados revelam que 50% dos respondentes possuem a titulação de doutorado (C, D, F, H, I), 30% possuem pós-doutorado (E, G, J) e 20% possuem mestrado (A e B). Esse resultado evidencia a predominância de participantes com formação acadêmica avançada, o que tende a fortalecer a profundidade teórica das contribuições e a confiabilidade da avaliação realizada. A titulação elevada dos pesquisadores, sugere familiaridade com metodologias de pesquisa e domínio conceitual sobre temas relacionados à servitização e à transformação digital, ampliando a qualidade das análises e interpretações decorrentes desta etapa.

Com relação ao tempo de atuação na área de servitização, observou-se uma variação entre 1 e 14 anos entre os pesquisadores participantes, conforme indicado na pergunta 02. Aqueles com mais de cinco anos de experiência (B, C, D, E, I) tendem a demonstrar conhecimento consolidado, reflexo de vivências práticas e observações de longo prazo. Essa experiência pode favorecer a identificação de padrões, desafios recorrentes e boas práticas relacionadas à evolução do campo. Já os profissionais com menor tempo de atuação (A, F, G, H, J) podem contribuir com visões recentes e menos influenciadas por modelos tradicionalmente estabelecidos.

Nesse contexto, destaca-se o estudioso J, que, embora possua apenas um ano de experiência especificamente com o tema da servitização digital, demonstra sólido envolvimento na área. Sua tese de doutorado tratou da modularidade em PSS, uma abordagem conceitualmente correlata a esta pesquisa. Essa formação, aliada às publicações acadêmicas na temática, amplia sua capacidade analítica e reforça sua relevância no debate.

Participantes em estágio de consolidação do conhecimento, podem ampliar a abertura a abordagens emergentes e familiaridade com métodos contemporâneos, o que potencialmente enriquece o processo de avaliação do modelo proposto. Assim, a diversidade de tempo de atuação entre os pesquisadores sugere uma composição complementar, que pode ampliar a profundidade e a pluralidade das análises realizadas, ao combinar experiências consolidadas com perspectivas inovadoras.

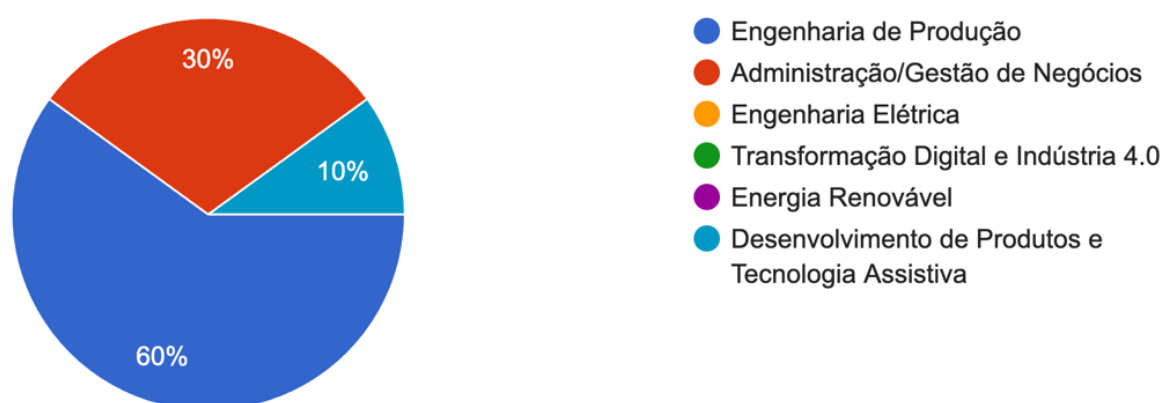
### **5.1.3 Instituições e áreas de atuação**

Os pesquisadores consultados estão relacionados a diversas universidades federais, como UFSC, UFSCAR, UFRGS, UFRJ e UEPA (conforme indicado na resposta à pergunta 03). Entre os dez participantes, cinco realizaram pesquisas sobre o tema ou pesquisas correlatas na UFSC, evidenciando uma concentração importante nessa instituição. Destaca-se ainda que

dois estudiosos desenvolveram suas pesquisas em mais de uma universidade: um com atuação na UFSC e na UFPR, e outro na UFSC e na Unioeste, o que amplia a troca de experiências entre instituições e fortalece a interdisciplinaridade.

Apesar dessa concentração em algumas universidades, a distribuição geral dos participantes demonstra uma abrangência geográfica e institucional significativa, e com isso, favorece a diversidade de perspectivas e a incorporação de abordagens metodológicas distintas. Buscou-se a diversificação do perfil de pesquisadores com intuito de trazer novas abordagens sobre serviços associados a bens tangíveis, e assim, ampliar o escopo de investigação. A Figura 16 apresenta as áreas de atuação dos pesquisadores, reforçando a heterogeneidade presente no grupo (pergunta 04).

Figura 16 – Área de atuação dos pesquisadores

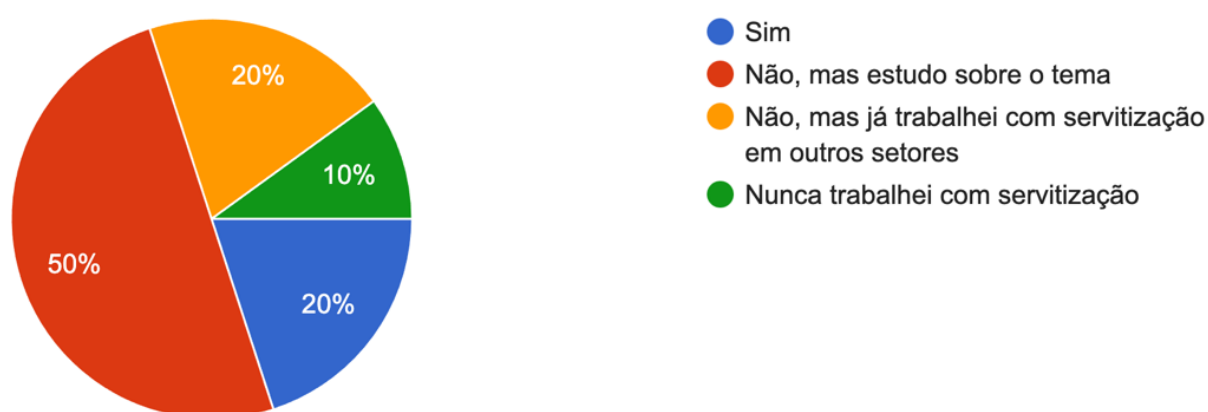


Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

Foi possível observar que a área de atuação principal dos pesquisadores, concentra-se em Engenharia de Produção (60%) e 30% em Administração/Gestão de Negócios, enquanto apenas um pesquisador (J) atua em Desenvolvimento de Produtos e Tecnologia Assistiva. Esse cenário sugere alguns pontos consideráveis, que destacam o caráter multidisciplinar e integração entre engenharia e gestão. A predominância de profissionais de Engenharia de Produção e Administração/Gestão de Negócios reforça a característica multifacetada da servitização, que exige tanto conhecimentos técnicos (engenharia) quanto competências gerenciais e de negócios. A presença de um pesquisador com foco em Desenvolvimento de Produtos e Tecnologia Assistiva amplia a perspectiva, agregando uma visão orientada à inovação e a soluções específicas para necessidades humanas e sociais.

A Figura 17 (pergunta 05) apresenta a experiência dos participantes com a temática da servitização. A partir da análise, foi possível identificar dois grupos distintos: o primeiro composto por pesquisadores que já atuaram diretamente com servitização digital ou em setores correlatos e o segundo por aqueles que, embora não tenham vivência prática direta, demonstram familiaridade com o tema por meio de estudos, pesquisas acadêmicas ou interesse profissional.

Figura 17 – Nível de experiência: trabalho/estudo com servitização digital

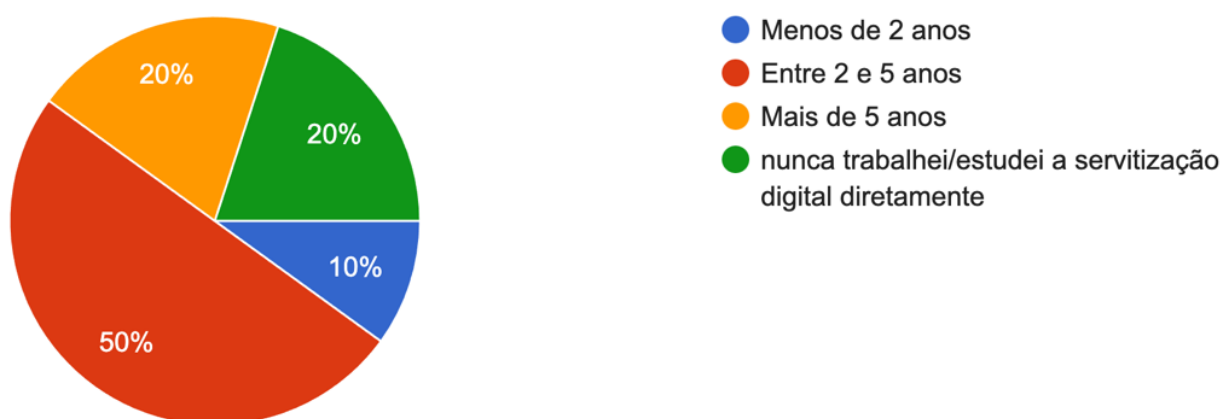


Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

Pesquisadores como C e D relataram já ter atuado diretamente com servitização digital, enquanto os estudiosos F e I indicaram experiência com servitização em outros setores. Por sua vez, os participantes A, B, E, G, H e J, embora não atuem diretamente com o tema, demonstram envolvimento por meio de estudos, pesquisas ou familiaridade conceitual. Esse grupo tende a apresentar um embasamento teórico consistente ou vivências correlatas, o que pode enriquecer a análise de aspectos conceituais, metodológicos e estratégicos do processo de servitização digital.

Ademais, a Figura 18 (pergunta 06) apresenta a variação no tempo de experiência dos participantes em relação ao tema, permitindo uma visão complementar sobre a profundidade e a diversidade dos perfis considerados.

Figura 18 – Nível de experiência com servitização e modelos de negócios digital



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

Com essa composição, é possível perceber um equilíbrio entre quem domina a prática (por ter vivenciado projetos de servitização digital) e quem domina a teoria (por pesquisar o assunto ou ter experiências correlatas). Esse cenário tem alguns desdobramentos importantes:

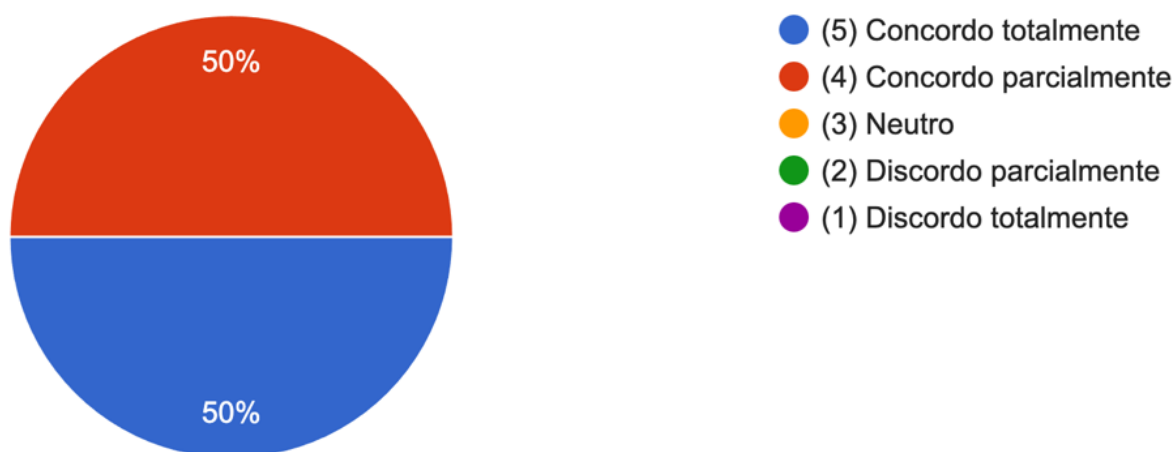
- a) troca de conhecimentos: o grupo com experiência prática compartilha desafios e soluções concretas, enquanto quem vem de uma formação mais teórica pode questionar e sistematizar esses achados em modelos ou *frameworks*;
- b) Diferentes níveis de maturidade: entre os que já trabalharam com servitização digital, há variações no tempo de experiência (menos de 2 anos, entre 2 e 5 anos, mais de 5 anos), o que cria uma pluralidade de visões sobre a adoção e evolução dos serviços digitais no mercado;
- c) Oportunidade de sinergia: a convergência entre prática e teoria abre espaço para a formulação de perguntas de pesquisa específicas e soluções aplicáveis, unindo rigor científico e viabilidade prática.

Dessa forma, a diversidade de experiências, combinado com profissionais que experimentaram a aplicação real de servitização digital e aqueles que aprofundam o tema na academia, tende a gerar discussões fundamentadas, que favorecem tanto o avanço conceitual quanto o desenvolvimento de soluções inovadoras na área.

#### 5.1.4 Percepção sobre a estrutura e clareza do fluxograma

O questionário avaliou a estrutura e clareza do modelo proposto, perguntando aos pesquisadores: “*O fluxograma apresentado é estruturado e de fácil compreensão?*” (questão 07). As respostas são apresentadas na Figura 19, oferecem uma visão preliminar sobre a eficácia visual e interpretativa do modelo.

Figura 19 – Estrutura e clareza do modelo proposto



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

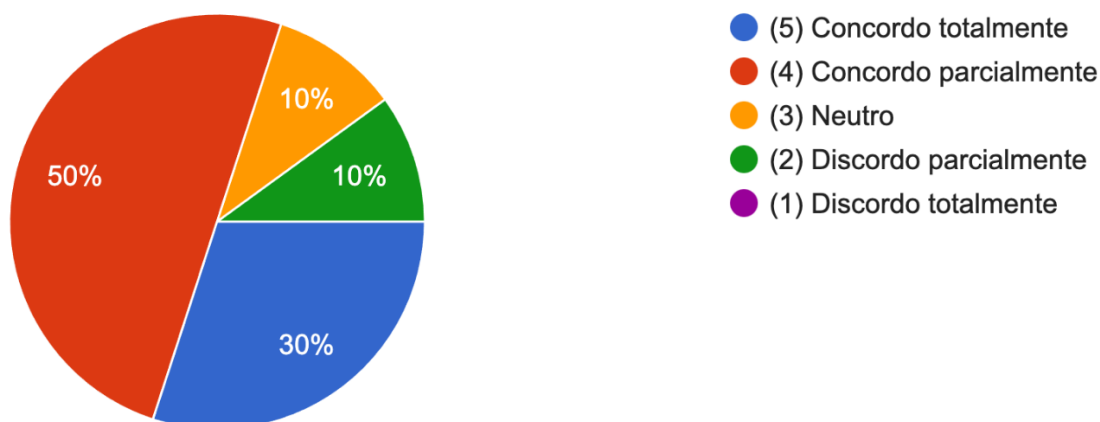
A Figura 19 indica que metade dos estudiosos (50%) concorda totalmente e a outra metade (50%) concorda parcialmente que o fluxograma apresentado é estruturado e de fácil compreensão. Não houve avaliações neutras ou discordâncias. A inexistência de respostas neutras ou negativas revela consenso em relação à clareza do fluxograma. Isso evidencia que o modelo cumpre sua função de ilustrar processos de transição de forma compreensível. Mesmo com avaliações favoráveis, algumas pessoas “concordam parcialmente” o que sinalizou alguns ajustes para tornar o fluxograma ainda mais claro e detalhado.

#### 5.1.5 Coerência em relação a transição para servitização digital

A fim de avaliar se o modelo desenvolvido representa de forma coerente a transição para a servitização digital, foi inserida uma pergunta no questionário direcionada aos estudiosos. Essa etapa da avaliação foi essencial para verificar a percepção prática e conceitual

dos respondentes em relação à aplicabilidade do fluxograma proposto às realidades organizacionais. A Figura 20 (questão 08) apresenta as respostas obtidas.

Figura 20 – Avaliação dos pesquisadores sobre a coerência do processo de transição



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

Os dados obtidos revelam que 80% dos pesquisadores atribuíram notas 4 (A, C, E, H, J) ou 5 (B, D, G), indicaram concordância parcial ou total com a coerência do modelo proposto. Esse resultado corrobora a validade estrutural do modelo no que tange à representação das exigências envolvidas na transformação digital e na integração de serviços no contexto analisado. Tal percepção positiva sugere que o modelo atende, na grande maioria, aos critérios esperados por pesquisadores com experiência no tema.

No entanto, é importante destacar a presença de duas avaliações que destoam da tendência majoritária. O estudioso I atribuiu nota 3 (neutro), o que pode indicar uma percepção intermediária quanto à coerência do modelo, sem posicionamento claro de concordância ou discordância.

Já o pesquisador F marcou nota 2 (discordo parcialmente), manifestando a ausência de elementos relacionados à “estrutura física” necessária à implementação do processo de digitalização. Segundo sua observação, “*o fluxograma não apresenta de forma explícita: como a empresa deveria se preparar fisicamente e isso pode gerar dúvidas sobre a aplicabilidade prática de determinadas etapas do modelo*”.

Essa crítica é válida, sobretudo em contextos em que a infraestrutura organizacional representa uma barreira real à adoção de soluções digitais. Estudos como os de Kohtamäki *et al.* (2019) e Vendrell-Herrero *et al.* (2024) reconhecem que a infraestrutura tecnológica e física



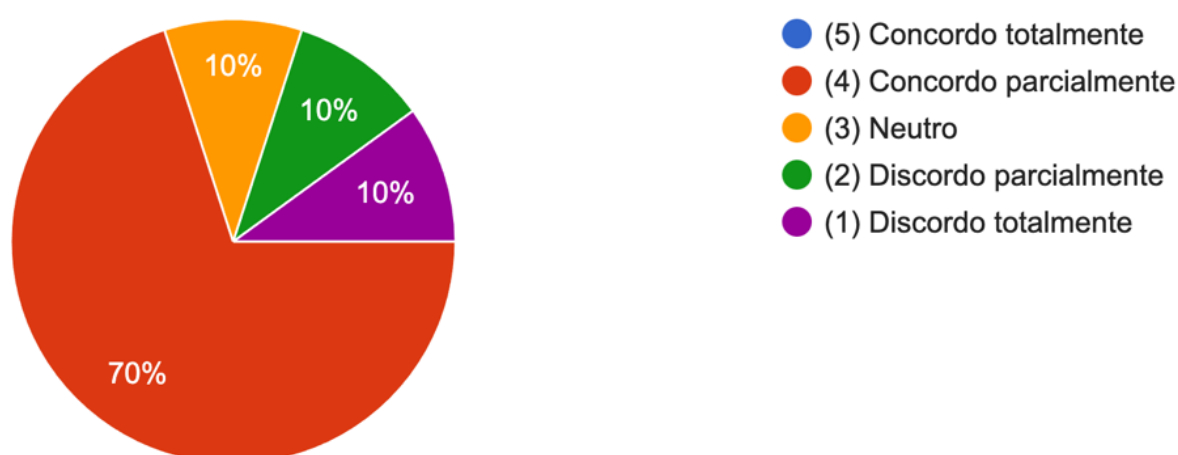
é uma das condições habilitadoras fundamentais da servitização digital, em empresas que lidam com ativos físicos complexos, como no setor de energia solar.

No entanto, vale destacar que a estrutura física, embora não detalhada de forma explícita no fluxograma (Figura 1 do questionário), apresenta etapas como “investimento em recursos tecnológicos” e “integração dos serviços digitais”, presentes na Fase 2 e Fase 3 do modelo. Ainda assim, diante do apontamento, reconhece-se a importância de tornar essa dimensão explícita no modelo.

Essa melhoria está alinhada à própria natureza iterativa do modelo proposto, que se propõe a ser adaptável às realidades organizacionais e capaz de evoluir a partir das contribuições dos pesquisadores consultados. Assim, o *feedback* do estudioso F não invalida a lógica do modelo, mas contribui para sua evolução em direção a uma representação mais concreta e aplicável das condições necessárias à servitização digital.

Para avaliar se o fluxograma contempla os fatores críticos da servitização digital, os pesquisadores analisaram sua percepção quanto à coerência e abrangência do modelo. A Figura 21 (pergunta 09) apresenta a distribuição das respostas, evidenciando o grau de aderência do fluxograma aos elementos considerados essenciais para a transição rumo à servitização no contexto digital.

Figura 21 – Avaliação dos fatores críticos na servitização digital



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

Ao analisar as respostas quanto à coerência do modelo em representar a transição para a servitização digital, observou-se que 70% dos pesquisadores (A, B, C, D, E, H e J) atribuíram nota 4, o que indica concordância parcial com a estrutura lógica do processo proposto. Esse

resultado evidencia uma aceitação majoritária do modelo, reconhecendo sua consistência conceitual e aplicabilidade prática no contexto investigado.

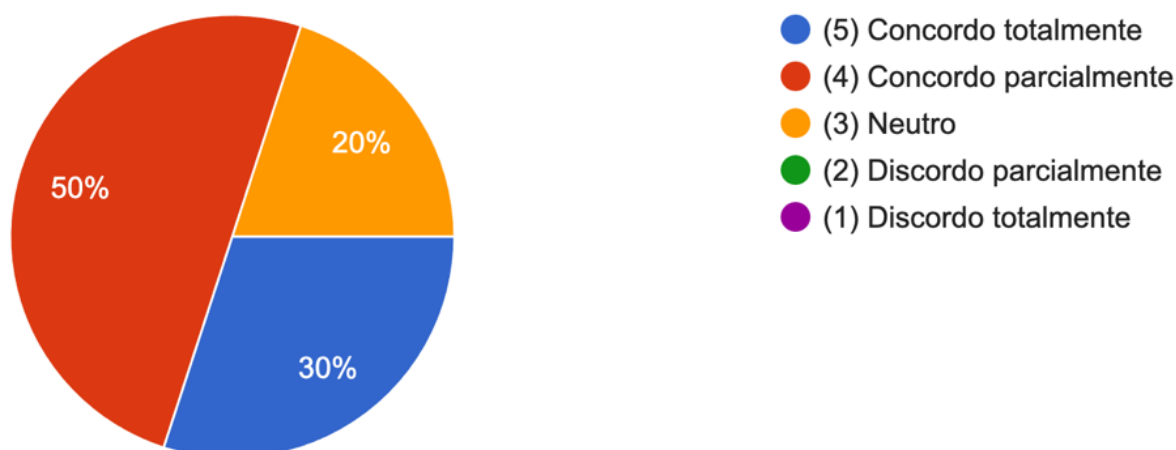
Por outro lado, três avaliações destoaram dessa tendência. O pesquisador I (atribuiu nota 3, e expressou uma percepção neutra, sem manifestação adicional que justificasse a escolha. Já o estudioso F marcou nota 2 (discorda parcialmente) e destacou: *“Percebi apenas a questão da comunicação. Talvez outros aspectos tenham de estar mais claros”*. Essa observação sugere que, embora o modelo apresente coerência, elementos relacionados a parte de comunicação ainda requerem clareza e/ou detalhamento.

A avaliação mais crítica partiu do pesquisador G, que atribuiu nota 1 (discordo totalmente), fundamentando sua posição referente a *“ausência de elementos relacionados à desservitização no modelo”*. Embora pertinente, essa crítica reflete uma expectativa não compatível com o escopo desta pesquisa. Conforme definido na seção 1.5, o foco do estudo está restrito à transição rumo à servitização digital, não abrangendo movimentos opostos, como a desservitização.

De maneira geral, a predominância de avaliações positivas reforça a adequação do modelo proposto para representar a transformação digital. As críticas pontuais, como as do pesquisador F e a menção feita pelo pesquisador G, são consideradas relevantes para o aprimoramento contínuo da proposta e foram aprofundadas na seção 5.3.

No intuito de compreender a robustez do modelo, é fundamental verificar se ele apresenta consonância com estudos e referenciais teóricos já consolidados. Diante disso, a próxima questão do questionário buscou avaliar se o fluxograma proposto se encontra conceitualmente alinhado à literatura sobre servitização digital, conforme destaca a Figura 21 (pergunta 10).

Figura 22 – Avaliação do alinhamento do fluxograma com a literatura



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

Ao analisar a percepção dos pesquisadores sobre o alinhamento conceitual do fluxograma à literatura, nota-se que a maioria (50% atribuíram nota 4; 30% atribuíram nota 5), ou seja, concordam com o modelo esteja adequado de forma parcial ou total. Já dois pesquisadores (I e J) escolheram pela posição neutra (nota 3). Esse cenário indica que, de modo geral, o fluxograma é visto como conceitualmente consistente com as bases teóricas de servitização digital. A ausência de notas negativas confirma certo grau de aceite do modelo em termos de embasamento na literatura.

### 5.1.6 Estrutura detalhada do modelo (Fase 3)

Com base no fluxograma geral (Figura 12 da tese ou Figura 1 do questionário), a Fase 3 – Integração dos Serviços Digitais aprofunda-se ao detalhar nove segmentos (etapas) para cada nível de serviço (básico, intermediário e avançado). Nesse estágio, o modelo enfatiza a adoção de tecnologias como *IoT*, *Big Data* e *IA*, além de ajustes estratégicos para otimizar a entrega de serviços.

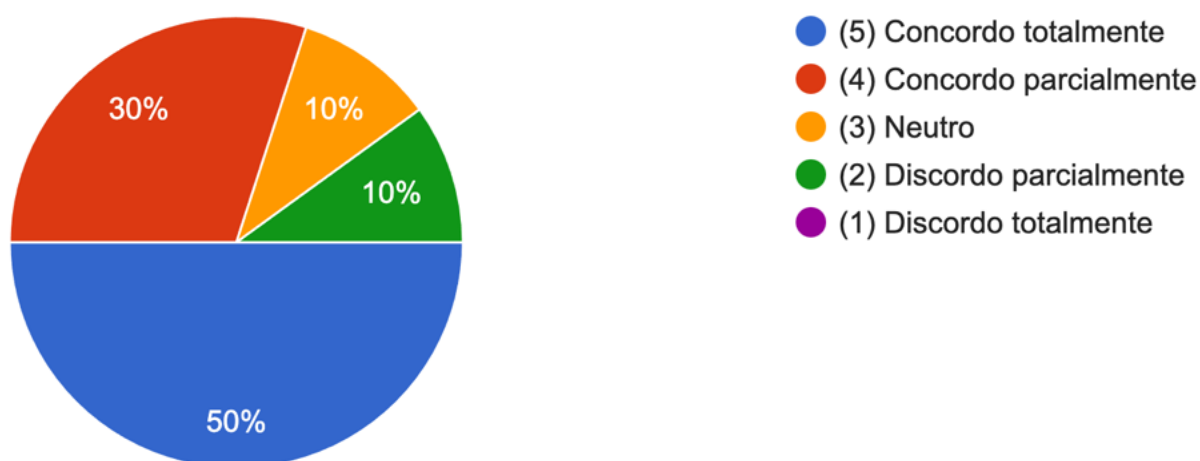
As Figuras 13 e Figura 14 (da tese, ou Figura 2 e Figura 3 do questionário) ilustram essa etapa de maneira detalhada. A primeira oferece um detalhamento que pode ser ajustado a outros setores que pretendem passar pelo processo de transição, ou seja, uma representação geral do processo. No entanto, a Figura 3, foca especificamente no setor fotovoltaico. Dessa maneira, destaca-se que essa abordagem não só contribui para validar a aplicabilidade da servitização em diferentes contextos, mas também fortalece o embasamento acadêmico,

possibilitando estudos e práticas voltados à implementação eficaz do processo no setor em estudo.

#### 5.1.6.1 Integração dos serviços digitais geral

A fim de aferir como os pesquisadores perceberam as etapas propostas, no que diz respeito aos desafios atuais da digitalização, foi formulada a seguinte questão: “*Com relação à Figura 2, a descrição da etapa representa a relação dos desafios atuais da digitalização de forma geral?*”. Desse modo, buscou-se verificar se o modelo e seus elementos norteadores estavam adequadamente alinhados às demandas e cenários práticos em que a servitização digital se desenvolve, conforme apresenta a Figura 23 (questão 11).

Figura 23 – Avaliação dos pesquisadores sobre os desafios da digitalização



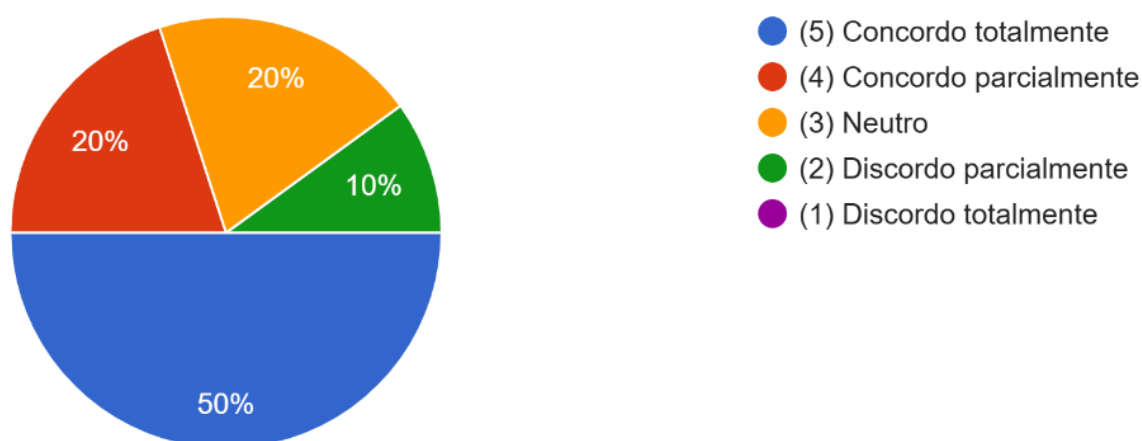
Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

A Figura 23 apresenta o grau de concordância dos pesquisadores quanto à abrangência dos desafios atuais da digitalização, conforme descritos na Figura 2. Essa análise fornece subsídios para verificar se a abordagem proposta reflete, os principais obstáculos vivenciados pelas organizações no processo de servitização digital. Ao avaliar a descrição detalhada dessa etapa, nota-se um bom índice de aprovação: 50% dos participantes concordam totalmente (B, C, D, G, H) e 30% concordam parcialmente (A, E, J), o que totalizam 80% de avaliações positivas. Por outro lado, o participante (I) demonstrou neutralidade e o participante F discordou parcialmente. Dessa forma é possível destacar que houve:

- a) Predominância de aceitação: 80% dos pesquisadores reconhecem a etapa descrita como representativa dos desafios que as organizações enfrentam em meio à digitalização;
- b) Possíveis pontos de aprimoramento: os aspectos específicos, tecnológicos, culturais ou de mercado, que não estejam plenamente contemplados na versão atual;
- c) Discordância parcial: o estudioso F, observa que a figura 2 aborda as “micro etapas” e compreende seu propósito. Contudo, discorda que essas etapas se enquadram e sejam chamadas de desafios;
- d) Ausência de discordância total: nenhum participante demonstrou discordância total.

Os dados indicam que a descrição da etapa abordada está majoritariamente alinhada à percepção dos pesquisadores sobre os desafios contemporâneos da digitalização. Ainda assim, ajustes pontuais podem ampliar a compreensão e o alcance do modelo, principalmente no que diz respeito a diferentes contextos organizacionais. Dando sequência a essas reflexões, a Figura 24 (questão 12) apresenta a percepção dos pesquisadores sobre a possibilidade de contemplar organizações de diferentes portes (pequenas, médias e grandes) que adotam a servitização digital.

Figura 24 – Adequação do detalhamento por portes organizacional



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

Os resultados indicam que 50% dos participantes (A, D, F, G, H) concordam totalmente com a viabilidade de adaptar o modelo, enquanto 20% concordam parcialmente (D, J) e outros 20% mostram-se neutros (B, I). Esse conjunto de opiniões positivas (total ou parcial) sugere que há um consenso de que o detalhamento pode ser apropriado.

No entanto, o estudioso (E) discorda parcialmente, e chama a atenção para a necessidade de cuidados específicos de alguns pontos do modelo: *“As evidências sugerem muitas dificuldades no processo de servitização em empresas de pequeno e médio porte. Acredito que para avaliar a figura precisaria de mais elementos sobre a problematização destes aspectos. Além disso, de forma geral, o modelo se apresenta de maneira linear, sem prever a ocorrência simultânea de muitas fases. Sinto falta também de lugar para serviços completamente novos, não apenas como adição de serviços”*.

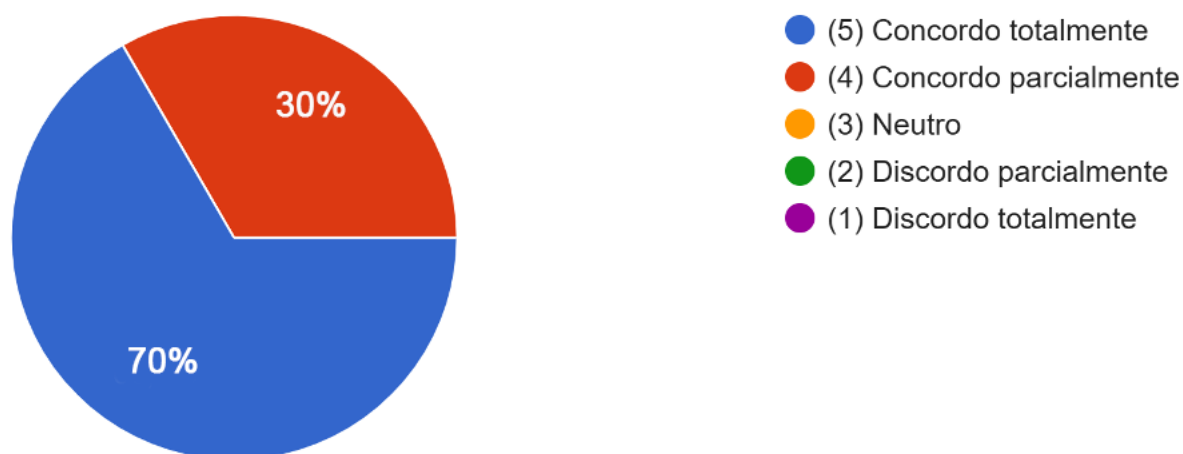
A observação do estudioso E é pertinente e contribui significativamente para o aprimoramento crítico do modelo. De fato, o modelo, embora representado de forma sequencial para fins didáticos, não tem a intenção de sugerir um caminho estritamente linear. Essa linearidade visual visa apenas facilitar a compreensão das fases típicas envolvidas na transição para a servitização digital, mas reconhece-se que, na prática, tais fases podem ocorrer de forma simultânea, sobreposta ou em ciclos iterativos, conforme destacado por Kohtamäki *et al.* (2019) e Lütjen, Tietze e Schultz (2017), ao abordarem a natureza dinâmica e não-linear da transformação digital nos modelos de negócio.

Além disso, a crítica relacionada as dificuldades no processo de servitização em empresas de pequeno e médio porte (PMEs) também é válida. O modelo parte de uma lógica generalista, mas sua aplicabilidade requer, de fato, uma análise contextualizada das restrições e capacidades da empresa. Conforme argumentam Cenamor, Sjödin e Parida (2017), as PMEs enfrentam barreiras distintas, como limitação de recursos, menor maturidade digital e dependência de redes externas para inovação.

Cabe destacar, que não houve registro de manifestações de discordância total, o que indica que o conceito mantém coerência no cenário de servitização digital. Contudo, o *feedback* recebido aponta para a necessidade de ajustes adicionais. Esses foram abordados na seção 5.3 Aprimoramento do Modelo. As ressalvas levantadas pelo pesquisador convidam a uma reflexão, sobre como tornar o modelo suficiente e adaptável. Isso reforça a importância de uma perspectiva de maneira granular, capaz de considerar peculiaridades econômicas, culturais e tecnológicas, a fim de garantir que o processo de servitização digital seja eficaz tanto para pequenos negócios quanto para grandes organizações.

Ademais, levantou-se a percepção dos pesquisadores sobre a possibilidade de ajustar o detalhamento da Figura 2 (questionário) para diferentes tipos de empresas interessadas em implementar a servitização digital. Esse panorama amplia o debate acerca da flexibilidade do modelo e da importância de considerar variáveis como porte, cultura organizacional e maturidade tecnológica. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 25 (questão 13).

Figura 25 – Implementação dos serviços digitais em diferentes segmentos/setores



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

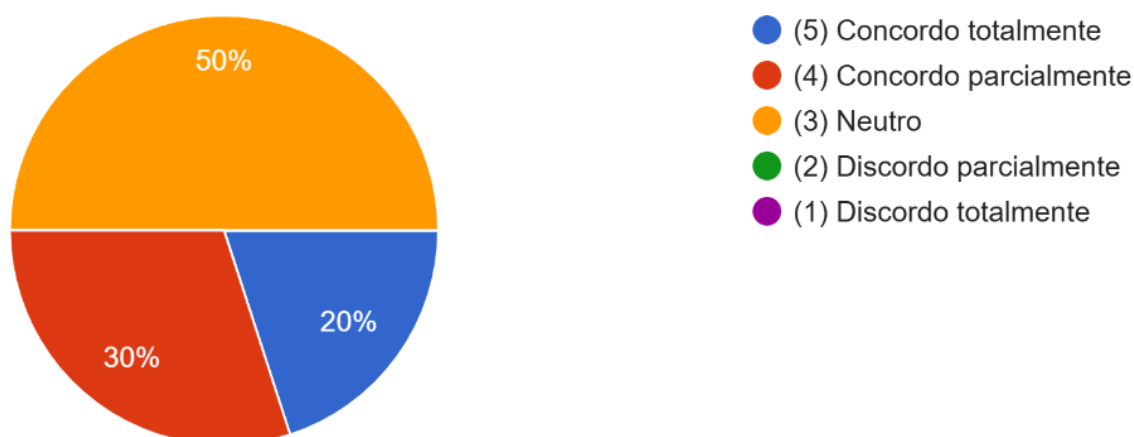
Conforme observado, 70% (A, B, C, D, F, H, J) dos respondentes concordam totalmente que o modelo pode ser adaptado para variadas realidades organizacionais, enquanto 30% concordam parcialmente (E, G, I). Nenhum participante expressou discordância total, o que reforça a coerência e a aplicabilidade do conceito apresentado. Esses dados indicam que, apesar das dificuldades apontadas em etapas anteriores, os pesquisadores reconhecem o potencial do modelo, por sua capacidade de adaptação.

O detalhamento apresentado é visto como uma estrutura-base que pode ser moldada conforme o porte, o setor e a maturidade digital das empresas. A Figura 2, nesse sentido, fornece um direcionamento, um “norte”, apresentado de forma detalhada e adaptável para organizações que desejam iniciar ou aprimorar seu processo de servitização digital.

#### 5.1.6.2 Integração dos serviços digitais fotovoltaicos

Este item descreve a percepção dos respondentes em relação à adequação do detalhamento da etapa que descreve os desafios atuais da digitalização no setor fotovoltaico. A questão teve como objetivo verificar se o modelo proposto, especificamente a etapa representada na Figura 26 (questão 14), reflete de maneira adequada os desafios enfrentados pelas organizações durante a transição para a servitização digital no setor fotovoltaico.

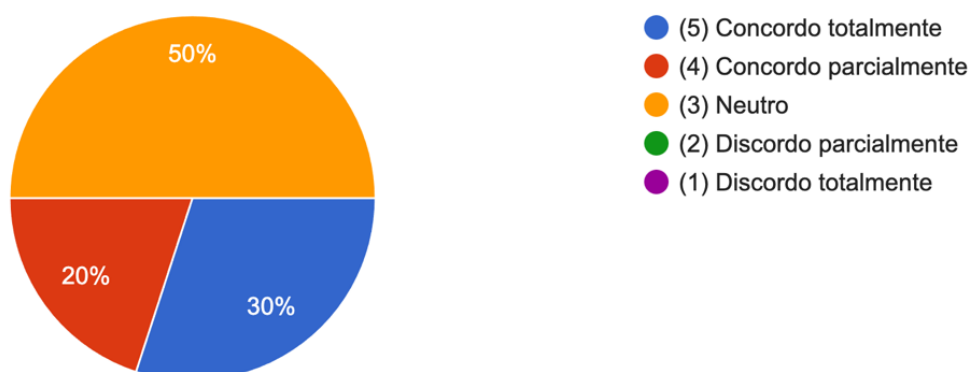
Figura 26 – Desafios da digitalização no setor fotovoltaico: percepção dos pesquisadores



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

Os dados revelam uma distribuição relativamente equilibrada entre as percepções. Metade dos respondentes (B, D, E, F, I) (50%) optaram pela alternativa “Neutro”. Por outro lado, 30% dos respondentes (A, H, J) indicaram concordar parcialmente com a descrição (nota 4), e 20% (C, G) afirmaram concordar totalmente (nota 5), totalizando 50% de aprovação. Essa parcela demonstra que há reconhecimento da relevância e pertinência da etapa descrita, embora existam pontos que ainda podem ser melhorados explorados ou evidenciados. O fato de nenhum respondente ter optado por “discordo parcialmente” (2) ou “discordo totalmente” (1) reforça que o material apresentado não gerou rejeição ou desacordo, o que é um indicativo positivo do conteúdo. A Figura 27 (questão 15) apresenta as percepções dos pesquisadores frente as barreiras da digitalização no setor fotovoltaico.

Figura 27 – Percepção de pesquisadores sobre barreiras à digitalização no setor em estudo



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.



Em ambas as situações observadas nas Figuras 26 e Figura 27, identificou-se um padrão nas respostas: 50% foram neutras e 50% concordaram total ou parcialmente. Contudo, não houve nenhuma discordância total ou parcial. Esse resultado pode ter ocorrido devido à forma como as questões foram apresentadas, vinculando as etapas diretamente a barreiras ou desafios.

As etapas do modelo (segmentos de clientes, parcerias, proposta de valor etc.) não são necessariamente barreiras ou desafios em si, mas sim dimensões que precisam ser desenvolvidas para viabilizar a servitização digital. Na prática, cada etapa pode envolver tanto barreiras quanto desafios, dependendo do contexto de cada empresa, algo que talvez não tenha ficado claro para os pesquisadores ao responderem o questionário.

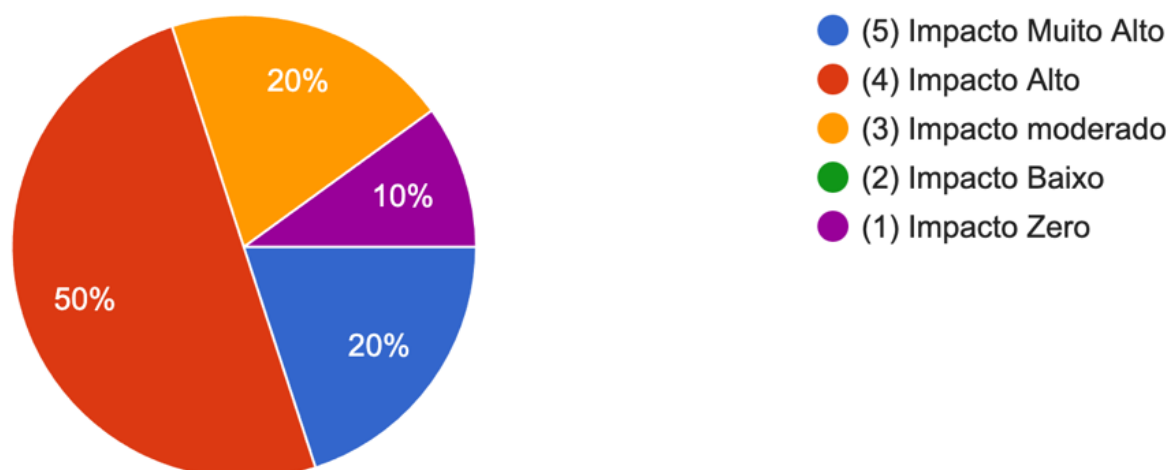
Por exemplo, a falta de infraestrutura mínima ou de competências essenciais para implementar determinada etapa (como canais digitais ou recursos principais) constitui uma barreira, pois bloqueia o avanço e precisa ser removida ou contornada. Já quando a empresa possui o básico, mas ainda necessita de ajustes, mudanças de processo ou capacitação de equipes, essa etapa se torna um desafio, pois exige esforço e investimento, mas não impede totalmente o progresso. Em resumo, cada etapa do modelo pode gerar barreiras e desafios. O que define se é uma coisa ou outra é o grau de impacto e a urgência em resolver cada questão.

### **5.1.7 Impacto do modelo proposto**

A avaliação da percepção dos pesquisadores quanto ao modelo proposto, representado pelo fluxograma, teve como objetivo identificar seu impacto percebido em diferentes dimensões organizacionais. Essa análise é essencial para compreender se a estrutura desenvolvida é considerada útil, aplicável na prática.

O questionário contemplou três eixos principais de impacto: eficiência operacional, experiência do cliente e suporte à tomada de decisão. Esses aspectos possibilitam uma análise integrada sobre a contribuição do modelo para os propósitos centrais da servitização digital, no que se refere à geração de valor, digitalização de processos e aprimoramento contínuo dos serviços prestados. Nesse contexto, a Figura 28 (questão 16) apresenta os resultados relacionados ao primeiro eixo: a eficiência operacional.

Figura 28 – Impacto do fluxograma na eficiência operacional



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

Do total de respondentes, 50% atribuíram impacto “Alto” (A, B, D, G, I) e 20% indicaram impacto “Muito Alto” (H, J). Isso significa que 70% dos participantes veem o fluxograma como uma ferramenta com alto potencial para promover melhorias operacionais, o que reforça a ideia de que a padronização e a clareza dos processos são essenciais na transformação digital associada à servitização.

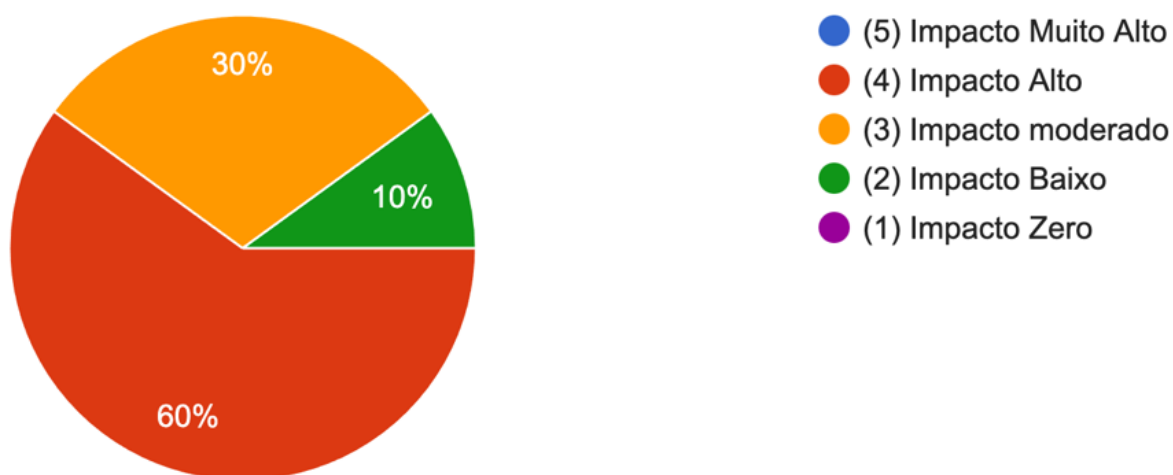
Os demais pesquisadores (20%) classificaram o modelo como impacto “Moderado” (C, E). A efetividade do fluxograma pode variar conforme o grau de maturidade dos processos, a cultura organizacional e a adesão às práticas digitais. Apenas um pesquisador (F) apontou “Impacto Zero”, sem justificar sua resposta, o que indica baixa rejeição ao uso dessa ferramenta entre os respondentes.

Esses achados estão alinhados com a literatura sobre servitização digital (Kohtamäki *et al.*, 2019; Paschou *et al.*, 2020), que destaca os fluxogramas como recursos importantes para mapear processos, identificar falhas e apoiar melhorias contínuas. Essa forma de representação, favorece a visualização sistêmica das atividades, tornando os fluxos transparentes e passíveis de intervenções estratégicas.

No setor de energia solar, marcado por operações complexas, os fluxogramas contribuem para integrar processos técnicos e digitais, que facilitam o controle, a rastreabilidade e a agilidade nas decisões. A eficiência operacional, nesse contexto, vai além da produtividade ou da redução de custos, mas se conecta à criação de valor por meio de serviços conectados e inteligentes, pilar central da servitização digital.

A avaliação também contemplou a percepção dos pesquisadores sobre o impacto do modelo na melhoria do atendimento e da experiência do cliente, dimensão fundamental no avanço da servitização digital. A Figura 29 (questão 17) apresenta a distribuição das respostas obtidas.

Figura 29 – Impacto do fluxograma na experiência do cliente



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

De acordo com os dados, 60% dos pesquisadores atribuíram impacto “Alto” (A, B, C, G, H, J) ao modelo, enquanto 30% indicaram impacto “Moderado” (D, E, I) e o pesquisador (F) apontou impacto “Baixo”. Novamente, o pesquisador não quis justificar sua resposta. Isso demonstra que há um consenso sobre o potencial do modelo em aprimorar a interação com o cliente, ao integrar soluções digitais, atendimento eficiente e serviços personalizados.

Esses achados vão ao encontro com a literatura, e destacam a centralidade da experiência do cliente na transição para modelos servitizados. Coreynen *et al.* (2017) destacaram que a adoção de tecnologias digitais no processo de servitização permite ampliar o engajamento do cliente ao oferecer serviços ágeis, conectados e baseados em dados. Na visão de Kohtamäki *et al.* (2020) a digitalização amplia as oportunidades de relacionamento e fidelização ao viabilizar serviços personalizados, suporte remoto e respostas rápidas. Ademais, Rymaszewska *et al.* (2017) ressaltam que, em mercados tecnicamente exigentes como o de energia solar, o sucesso da servitização depende da capacidade das empresas em entregar valor ao cliente de forma contínua, sendo a experiência percebida um indicador-chave desse valor.

A integração entre fluxos operacionais digitalizados e pontos de contato com o cliente é, portanto, estratégica. Essa percepção está alinhada à literatura recente (Vendrell-Herrero *et*

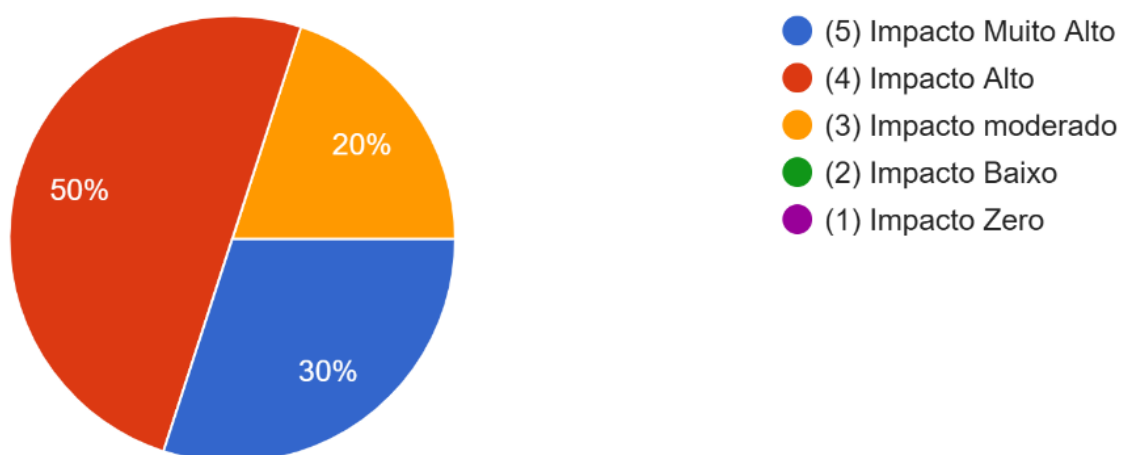
*al.*, 2024; Chávez *et al.*, 2024), que destaca a experiência do cliente como pilar estratégico da servitização digital, quando associada à digitalização de serviços, suporte remoto e respostas rápidas às demandas do consumidor.

No setor fotovoltaico, a experiência do cliente é potencializada pelo uso de monitoramento inteligente, canais digitais de atendimento, alertas automatizados, serviços preditivos e assistência técnica remota, conforme apontado por Parida *et al.* (2019). O modelo proposto, ao estruturar esses elementos em uma lógica integrada, tende a fortalecer a relação com o usuário e promover confiança, satisfação e percepção de valor agregado.

Eggert *et al.* (2022) destacam que a experiência do cliente em ambientes digitalmente servitizados vai além do produto adquirido. Esse vínculo dá continuidade da solução, à previsibilidade da *performance* e à proatividade no atendimento. Os dados desta pesquisa reforçam essa perspectiva, demonstrando que o modelo analisado é percebido como eficaz não apenas operacionalmente, mas também na construção de uma jornada satisfatória e conectada ao cliente final.

O último eixo avaliado refere-se à tomada de decisão, e a Figura 30 (questão 18) ilustra a percepção dos pesquisadores quanto ao impacto positivo do modelo na otimização dos processos internos, fortalecendo a capacidade analítica e estratégica das organizações.

Figura 30 – Otimização dos processos internos para a tomada de decisão



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

A Figura 30 apresenta que 80% dos pesquisadores avaliaram o modelo com impacto "Muito Alto" (A, H, J) ou "Alto" (B, C, D, G, I), enquanto os 20% restantes atribuíram impacto "Moderado" (E, F), sem registros de avaliações negativas. Esses resultados evidenciam que o

modelo pode apresentar uma solução eficaz para a otimização de processos internos e promover o aprimoramento do fluxo de informações, a padronização de rotinas e maior assertividade na tomada de decisões.

Essas capacidades são fundamentais para sustentar estratégias orientadas por dados e integrar tecnologia à geração de valor (Frank *et al.*, 2019; Kohtamäki *et al.*, 2023). O principal diferencial do modelo proposto, em relação à literatura existente, está em sua estruturação clara, esquematizada e aplicada das etapas do processo de servitização digital. Embora diversos autores tratem dessas etapas em suas contribuições teóricas, muitas vezes o fazem de forma fragmentada e conceitual, o que dificulta sua aplicação prática.

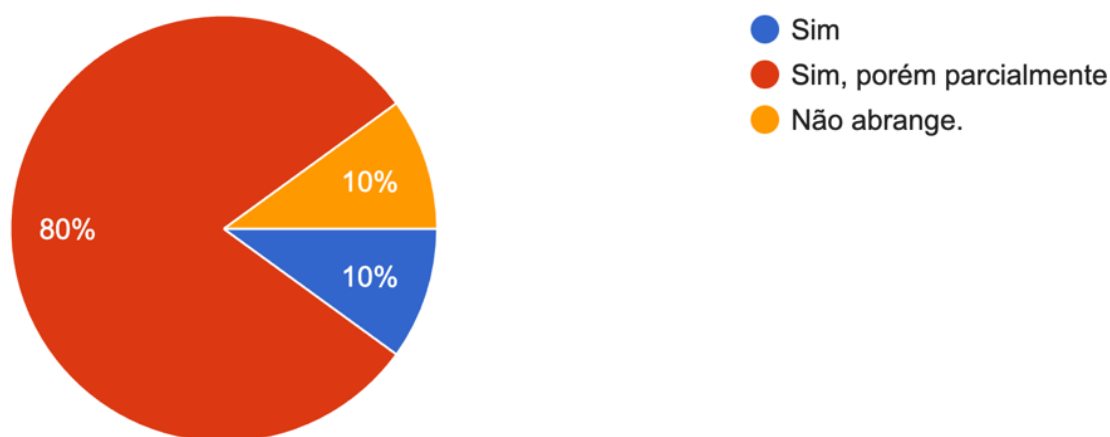
Essa lacuna já é reconhecida por estudos como o de Paschou *et al.* (2020), que apontam que a literatura sobre servitização digital ainda apresenta cobertura limitada, com ênfase em tecnologias específicas, como *IoT*, e sem a devida sistematização do processo decisório. De forma semelhante, Shen, Sun e Parida (2023) destacam a necessidade de aprofundar a compreensão sobre o impacto das tecnologias digitais nos modelos de negócio e nos processos de cocriação de valor, reforçando a ausência de estruturas práticas e integradas. Dessa forma, a análise dos três eixos avaliados revela uma percepção positiva e consistente entre os pesquisadores quanto à aplicabilidade do modelo, o que reforça a aderência às demandas reais de empresas que buscam integrar produtos e serviços por meio da digitalização.

#### **5.1.8 Sugestões e melhorias para o modelo**

Com base nas análises anteriores e nas contribuições dos pesquisadores ao longo do questionário, este último item dedica-se à consolidação das sugestões e melhorias propostas para o aperfeiçoamento do modelo de servitização digital. A partir das percepções obtidas nas etapas anteriores, no que tange às barreiras parcialmente ou não contempladas, buscou-se captar recomendações que pudessem tornar o modelo mais robusto, prático e aderente à realidade enfrentada pelas organizações.

Assim, esse subitem apresenta uma síntese crítica das contribuições recebidas, com o propósito de trabalhar nos ajustes necessários para a melhoria do modelo. As propostas aqui discutidas refletem não apenas a experiência técnica dos pesquisadores consultados, mas também o compromisso desta pesquisa em alinhar teoria e prática na construção de soluções aplicáveis ao contexto da servitização digital no setor empresarial. A Figura 31 (questão 19) ilustra a distribuição percentual das respostas dos pesquisadores quanto à abrangência do modelo frente às barreiras críticas da servitização digital.

Figura 31 – Abrangência do modelo frente as barreiras críticas de servitização digital



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

A Figura 31 indica que 80% dos estudiosos (A, B, C, D, E, G, H, I) reconhecem que o modelo aborda as barreiras críticas da servitização digital, embora parcialmente. Observa-se uma visão otimista do pesquisador J, que acredita que essas barreiras estão plenamente contempladas no modelo. No entanto, à uma visão mais crítica do pesquisador F, que afirma que essas barreiras não são abordadas.

Com a intenção de aprimorar o modelo proposto, foi direcionada uma pergunta específica aos pesquisadores que indicaram as opções “Sim, porém parcialmente” e “Não abrange” sobre as barreiras críticas. A intenção foi compreender, quais barreiras ainda exigem maior atenção. As respostas destacaram os: custos elevados de implementação, infraestrutura tecnológica inadequada, resistência organizacional, além de questões relacionadas à cultura organizacional e à falta de capacitação das equipes. Essas questões são amplamente reconhecidas na literatura como desafios centrais nos processos de servitização e digitalização, o que de fato, evidencia a complexidade da transformação organizacional, conforme observado nos estudos de Vendrell-Herrero *et al.* (2017) e Luetjen, Tietze e Schultz (2017). Ao analisar o fluxograma do modelo (Figura 1 do questionário), observa-se que algumas dessas barreiras já são abordadas, embora de forma implícita ou parcial. Por exemplo:

1. **Cultura e resistência organizacional:** na segunda fase, a *preparação para a servitização digital*, incluem-se etapas como "mudar a mentalidade dos funcionários e líderes para valorizar o serviço como parte do negócio" e "implementar ações de mudança para alinhar a empresa ao novo modelo". essas

etapas refletem uma preocupação com a gestão da mudança e o engajamento interno. Baines e Lightfoot (2013) destacam que o comprometimento da liderança e a comunicação interna são essenciais para engajar os colaboradores e superar resistências culturais. Kohtamäki *et al.* (2019) reforçam essa visão ao apontar que a transição demanda uma transformação cultural profunda, com o reposicionamento da lógica de valor da empresa.;

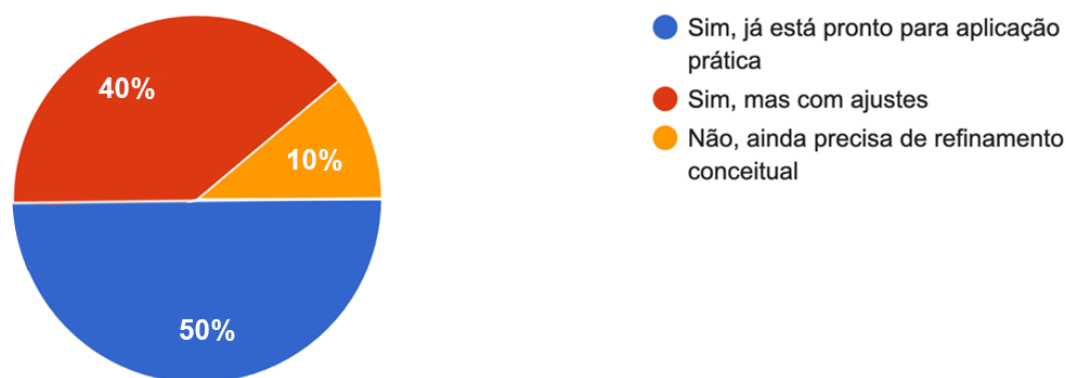
2. **Infraestrutura tecnológica:** também na fase 2, há a etapa "investir em recursos tecnológicos essenciais", e na fase 3, "integração de serviços digitais". Essas etapas reconhecem a importância das bases tecnológicas.

Contudo, aspectos como a capacitação de equipes e os custos de implementação não aparecem explicitamente no modelo, o que pode explicar a percepção de cobertura parcial ou ausência desses pontos por parte dos pesquisadores. Diante disso, tais elementos foram incorporados e discutidos no item 5.3 Aprimoramento do Modelo, visando alinhar às necessidades práticas das organizações que enfrentam esses desafios.

O *feedback* dos avaliadores é valioso, pois demonstra que, apesar de o modelo apresentar uma estrutura robusta e integrada, ainda há oportunidades de aprimoramento, deixando-o explícitas as etapas voltadas ao desenvolvimento de competências internas e à gestão financeira da transformação digital. Portanto, os dados não invalidam a proposta do modelo, ao contrário, evidenciam seu potencial de evolução. Com ajustes, como a inclusão de ações específicas para planejamento orçamentário e capacitação de equipes, o modelo pode se tornar ainda mais aderente à realidade das empresas e mais completo na abordagem das barreiras críticas à servitização digital.

Nesse sentido, a Figura 32 (questão 20) sintetiza as percepções dos pesquisadores consultados sobre a aplicabilidade prática do modelo proposto. Dessa maneira, foi possível verificar o grau de aceitação e os pontos que ainda demandam atenção. A análise dos dados obtidos por meio do questionário reforça os apontamentos anteriores e amplia a discussão ao revelar tendências relevantes quanto à maturidade do modelo, sua flexibilidade e suas oportunidades de refinamento conceitual.

Figura 32 – Uso do modelo na servitização digital: *feedback* dos pesquisadores



Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

A Figura 32 mostra que 50% pesquisadores (B, D, G, H, J) acreditam que o modelo está pronto para ser aplicado na prática. Esse resultado demonstra sua maturidade conceitual e potencial para ser operacionalizado efetivamente. Essas opiniões sugerem que a estrutura atual do modelo atende às necessidades da indústria e está em consonância com os estudos realizados por Frank *et al.* (2019) e Favoretto *et al.* (2022), os quais sustentam que a combinação entre servitização e transformação digital requer modelos capazes de orientar a mudança e a reformulação dos processos. Essas ideias também conversam com o trabalho de Cennamor *et al.*, (2017), ao enfatizar a importância das plataformas online como impulsionadoras da criação de valor.

Por outro lado, 40% participantes (A, C, E, I) indicaram que o modelo pode ser utilizado, mas necessita de algumas modificações permitidas para melhorar seu desempenho. Esta observação está em linha com as pesquisas realizadas por Sánchez-López *et al.* (2018) e Cui *et al.* (2019), os quais enfatizam que a mudança para a digitalização dos serviços é um processo gradual que requer flexibilidade estratégica e aprendizado contínuo por parte da organização. Além disso, o estudioso (F) observa que o modelo precisa de melhorias conceituais adicionais.

Os achados evidenciam que o modelo apresenta potencial de aceitação entre os pesquisadores, ao mesmo tempo em que indicam áreas de aprimoramento, voltadas à capacitação interna e viabilidade econômica da transição. Tais percepções reforçam a importância de abordagens dinâmicas, ajustáveis e sensíveis às barreiras contextuais da servitização digital.



### 5.1.8.1 Feedback dos pesquisadores: refinamentos necessários

Com o objetivo de aprofundar a análise qualitativa, o questionário direcionou uma etapa para a coleta de sugestões específicas de ajustes que possam tornar o modelo proposto aplicável à realidade organizacional. Essa etapa foi essencial para capturar percepções detalhadas dos pesquisadores sobre a clareza conceitual, a estrutura metodológica e as limitações práticas do modelo.

As contribuições revelam alguns pontos a serem trabalhados com base na realidade de empresas de diferentes portes e maturidade digital. Assim, se reforça a importância de considerar aspectos como abstração *versus* concretude, linearidade *versus* simultaneidade nas fases, limitações tecnológicas e necessidade de contextualização. Ademais, buscou-se compreender o potencial do modelo como contribuição acadêmica, evidenciando seu papel como ferramenta teórica para avanços na compreensão da integração entre transformação digital e servitização. O Quadro 27 convida os respondentes a sugerirem ajustes ou melhorias no fluxograma, com o intuito de torná-lo mais claro, preciso e alinhado às práticas e teorias contemporâneas da servitização digital.

Quadro 27 – Sugestões para aprimorar o fluxograma

| Pesquisadores | Respostas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A             | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| B             | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| C             | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| D             | <i>“A fase 3 a princípio me pareceu um pouco vaga, mas depois compreendi que haveria outras figuras de suporte. Talvez não seja o foco do estudo, mas senti falta de alguns fatores externos”.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| E             | <i>A simultaneidade de etapas, os feedbacks entre as etapas. O modelo precisa ser mais dinâmico para representar o dinamismo da servitização digital.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| F             | <i>Apenas adaptar o título.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| G             | <i>O Fluxograma que apresentou está muito bom, no entanto, tenho algumas sugestões: 1– Acho que após a ação: avaliar as condições e demandas do mercado precisa ter alguma ação antes de ir diretamente perguntar se a cultura organizacional está preparada; 2– Faço um seguinte questionamento: não seria interessante primeiro definir o modelo de negócio para depois preparar internamente para o processo de servitização? Penso que o modelo em si pode nortear esta preparação e preparar a criação das ofertas, alinhar a estrutura e possibilitar investimentos em tecnologias. 3– Acredito que as ações em prol das mudanças de mentalidade e redução da resistência ao novo modelo de negócio deve contemplar tanto a preparação interna e depois da implantação do novo modelo de negócio.</i> |
| H             | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| I             | <i>Sim.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| J             | <i>“O fluxograma ou, algum documento anexo ao mesmo, poderia indicar com mais precisão os métodos e ferramentas mais recomendados para o desenvolvimento de cada uma das etapas da servitização no referido contexto”.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

Fonte: Elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

As contribuições apresentadas no Quadro 27 revelam uma avaliação predominantemente positiva quanto à estrutura geral do fluxograma proposto, sendo as sugestões concentradas em melhorias pontuais que visam refinar a clareza, a lógica interna e o alinhamento com a prática da servitização digital. Tais comentários confirmam que o modelo apresenta consistência estrutural, mas que pode se beneficiar de ajustes para refletir de forma mais precisa a complexidade e o dinamismo do processo de transformação digital orientada a serviços.

Uma das observações recorrentes diz respeito à necessidade de representar melhor a simultaneidade entre etapas (conforme já apontado anteriormente), o que foi pontuado pelos pesquisadores E e G. Assim, a inclusão de setas de *feedback*, ciclos iterativos ou marcações de simultaneidade pode tornar o fluxograma fiel à realidade organizacional em ambientes de alta incerteza ou inovação.

O segundo ponto foi abordado pelo estudioso G, que propôs reorganizar a sequência de algumas ações-chave, como antecipar a definição do modelo de negócio antes da preparação interna. Essa lógica sugere que o modelo de negócio pode atuar como elemento estruturante e direcionador da transformação digital, alinhando recursos, cultura e investimentos. Tal argumento encontra respaldo em autores como Cenamor, Sjödin e Parida (2017) e Frank *et al.* (2019) e que destacam que a inovação em modelos de negócio é central para viabilizar a transição servitizada e digital, influenciando diretamente a forma como a organização se estrutura para operacionalizá-la.

Ainda no que se refere à clareza visual e compreensibilidade do modelo, o estudioso D observou que a Fase 3 do fluxograma lhe pareceu vaga em um primeiro momento. No entanto, após examinar com atenção as representações complementares apresentadas (Figura 2 e a Figura 3) que detalham as etapas correspondentes a essa fase, o pesquisador reconheceu que os elementos estavam descritos com detalhes. Essa percepção evidencia a importância de reforçar visualmente as conexões entre as figuras e as fases do modelo, a fim de facilitar a interpretação imediata por diferentes perfis de usuários e avaliadores.

O pesquisador J complementa essa ideia ao sugerir que o fluxograma ou seus anexos indiquem ferramentas ou métodos recomendados para apoiar o desenvolvimento de cada etapa, o que tornaria o modelo aplicável e próximo da prática empresarial. Uma contribuição adicional do pesquisador G diz respeito à inclusão de fatores externos como mercado, regulação ou redes de colaboração, que impactam diretamente a viabilidade e o ritmo da servitização digital, principalmente em setores como o fotovoltaico. Essa visão está alinhada à literatura de

servitização sustentável e contextualizada, como discutido por Upadhyay *et al.* (2024) e Chávez *et al.* (2024), que enfatizam a influência de elementos externos na adoção de práticas digitais e verdes. O Quadro 28 apresenta ajustes sugeridos pelos pesquisadores.

Quadro 28 – Ajustes sugeridos para adequação do modelo proposto

(continua)

| Pesquisador | Respostas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A           | <p><i>“Na minha experiência com pesquisa sobre serviços e transformação de modelos de negócios eu entendo que um dos principais desafios é que esses temas são abstratos, diferente de um produto visual e tangível.</i></p> <p><i>Nesse sentido, compreendo que um dos principais desafios é trazer o abstrato para o concreto, principalmente em ambientes não acadêmicos.</i></p> <p><i>Na Figura 1 quando você coloca “a empresa identifica oportunidades de servitização?”, uma possibilidade de melhoria seria deixar essa questão mais concreta, trazendo para o lado do produto. Se a intenção é ajudar a empresa a identificar quais produtos podem ter potencial para servitização, a pergunta pode ser estruturada assim:</i></p> <p><i>“Quais produtos da sua empresa poderiam ser acompanhados por serviços para melhorar sua utilização, manutenção ou impacto para o cliente?”</i></p> <p><i>“Dentro do seu portfólio, existem produtos que demandam suporte, customização ou acompanhamento que poderiam ser transformados em uma oferta de serviço?”</i></p> <p><i>“Há produtos em seu portfólio cujos clientes frequentemente precisam de assistência, treinamento ou atualizações que poderiam ser oferecidos como serviço?”</i></p> <p><i>“Quais dos seus produtos poderiam gerar mais valor para os clientes se fossem oferecidos com serviços adicionais, como manutenção, consultoria ou personalização?”</i></p> <p><i>Na minha percepção se isso não está claro (como achar a oportunidade de servitização), a empresa nem prosseguiria para a questão cultural (como apresentado no fluxograma). Outro ponto é que a fase 2 e 3 (preparação e integração) podem ocorrer em ordem invertida ou ao mesmo tempo o que vemos na prática com Pequenas e Médias Empresas (PMEs) por exemplo). Isso poderia ser citado em algum local se você achar necessário.</i></p> <p><i>Ainda sobre as PMEs, os recursos delas são escassos, e elas são mais conservadoras em relação à inovação, devido aos seus riscos inerentes (PMES em geral, start up são um pouco diferentes). Muitas vezes esse processo de servitização digital tem que ser gradual, ou com auxílio de provedores de tecnologia ou políticas públicas, principalmente em se tratando de PMEs imaturas tecnologicamente. Então para essas empresas, a avaliação de recursos e estabelecimento de parcerias vem antes de qualquer etapa, considerando que obter as tecnologias e operar com elas (no caso de uma digitalização mais complexa) é inviável para muitas dessas empresas. Assim sendo, acho que no seu modelo tem que deixar claro para que tipo de empresa ele quer atender e onde você sugere alterar o processo para adaptações. Se seu modelo é focado em empresas que já estão nesse nicho e tem alguma habilidade digital, isso deve ser citado. Porque a trajetória é muito diferente (mudando o processo) de onde essas empresas partem. Se o modelo não for alterado, considero importante que sua tese faça uma reflexão sobre isso, que seja na discussão.</i></p> <p><i>Finalmente, compreendo que o modelo tem objetivo do modelo é acadêmico e suficiente para fins de obtenção do título. Mas, se o objetivo da pergunta é sobre ajustes necessários para a aplicação nas empresas, outra coisa que aprendi como anos de experiência é que intermediários são importantes nesse processo conectando indústria e pesquisa. Esse intermediário pode até ser você, mas consultorias, ou contatos com empresas podem ajudar a ajustar o modelo para que ele seja mais “palatável” para quem trabalha com isso. As vezes o vocabulário, o tipo de Figura, como o processo é apresentado, influencia na aceitação e aplicação por parte das empresas”.</i></p> |

## Quadro 28 – Ajustes sugeridos para adequação do modelo proposto

(conclusão)

| Pesquisador | Respostas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B           | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| C           | <i>“No fluxograma (Figura 1), entendo ser relevante refletir sobre a inserção de uma fase intermediária, entre as fases 1 e 2, na qual seria avaliada a receptividade do mercado para serviços digitais. Também entendo ser necessário, na atual fase 2, explorar melhor as restrições relativas à incorporação, implementação, e operação de tecnologias digitais que suportam serviços. Por fim, em termos de impactos na melhoria de eficiência operacional, é preciso diferenciar e detalhar em que termos a implementação da servitização digital incrementará a eficiência do cliente e da empresa que oferece os serviços. Neste último ponto, sugiro consultar: "Frank, A., Mendes, G.H.S., Ayala, N.F., Ghezzi, A. (2019). Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: a business model innovation perspective. Technological Forecasting and Social Change, 141 (2019), 341–351".</i> |
| D           | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| E           | <i>“O modelo tem por característica um fluxograma. Há pouco espaço para interações e simultaneidade de fases identificadas. Há ainda pouca problematização sobre aspectos específicos das tecnologias digitais. Por fim, a ideia de passar de uma servitização básica para uma avançada não pode ser vista como fases necessariamente a serem cumpridas. Justamente a digitalização pode fazer com que níveis avançados de servitização sejam implementados sem seguir etapas precedentes”.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| F           | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| G           | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| H           | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| I           | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| J           | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Fonte: Elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

O Quadro 28 apresentou três sugestões de melhorias ao modelo, propostas pelos pesquisadores (A, C, E). Como esperado em uma abordagem aplicada e em constante construção, surgiram sugestões para otimização do modelo e maior aderência à realidade organizacional, principalmente no que se refere à flexibilidade estrutural.

O primeiro ponto enfatizado diz respeito à necessidade de tornar o modelo mais concreto e aplicável ao contexto prático e não apenas acadêmico. A sugestão foi no sentido de reformulação da etapa de identificação de oportunidades de servitização, conforme apresentada pelo pesquisador A. Em vez de perguntas amplas e abstratas, recomendou-se a adoção de questionamentos específicos, voltados para o portfólio dos bens tangíveis para a experiência prática das empresas. Esse ponto fortaleceu a proposta do modelo como ferramenta aplicável ao contexto real, e se alinha diretamente à literatura, como nos estudos de Sánchez-López *et al.* (2018), que reforçam a importância da clareza operacional para a transição digital dos serviços.

O segundo levantamento diz respeito à estrutura linear do modelo, entre a preparação (fase 1) e integração (fase 2). Os estudiosos (A, C) sugerem que, na prática, essas etapas podem ocorrer de maneira simultânea ou até mesmo em ordem invertida em contextos de pequenas e médias empresas. Essa observação está em consenso com Tronvoll *et al.* (2020) e Paschou *et al.* (2020), que defendem abordagens iterativas e adaptáveis, em oposição a modelos prescritivos rígidos. A crítica, portanto, não compromete o modelo, mas o enriquece, oferecendo insumos para sua evolução e customização de acordo com o porte e maturidade digital das organizações.

Uma das contribuições desta pesquisa reside no reconhecimento da heterogeneidade dos contextos organizacionais, especialmente no que se refere à maturidade digital das empresas. A incorporação, no modelo proposto, de três níveis de maturidade digital, básica, intermediária e avançada, representa um avanço em relação a modelos anteriores da literatura, os quais, em sua maioria, partem de uma lógica única ou homogênea de transformação digital.

Essa abordagem reconhece que PMEs com baixa maturidade digital frequentemente carecem de infraestrutura tecnológica, competências internas e cultura organizacional voltada à inovação, o que torna inviável a aplicação direta de modelos complexos ou altamente digitalizados. Nesse contexto, o modelo propõe trajetórias diferenciadas de transformação, possibilitando que empresas em estágios iniciais avancem gradualmente, com o suporte de intermediários estratégicos, como consultorias, redes de inovação, núcleos tecnológicos ou mesmo ações coordenadas por pesquisadores e agentes de desenvolvimento local.

Esse argumento encontra respaldo em Vendrell-Herrero *et al.* (2017), ao destacarem que a superação das barreiras da servitização digital requer colaboração entre diferentes agentes, o que pode incluir não apenas os atores internos da organização, mas também parceiros externos capazes de traduzir modelos acadêmicos em soluções práticas e operacionalizáveis. Dessa forma, o modelo proposto se posiciona como uma ponte entre academia e mercado, ao mesmo tempo em que oferece um caminho escalonado para inserção digital e servitização, útil para empresas de base tecnológica emergente, como as do setor fotovoltaico.

O modelo proposto não tem pretensão de ser rígido ou prescritivo, mas sim desempenhar um papel orientativo. Apresenta-se possíveis caminhos e elementos críticos que as organizações devem considerar ao longo do processo de transição para a servitização digital. Ao invés de um fluxo fixo, o modelo se alinha à lógica dos ciclos adaptativos, em que fases podem ser revisitadas, antecipadas ou desenvolvidas em paralelo, dependendo da realidade específica da organização.

Ademais, ao contemplar diferentes níveis de maturidade, o modelo se alinha às diretrizes de modelos de avaliação de prontidão digital presentes na literatura (Adrodegari; Saccani, 2020), mas avança ao conectar essa avaliação com ações concretas e adaptadas para a realidade de empresas em diferentes estágios de desenvolvimento. Nesse sentido, buscou-se aprofundar a discussão sobre sua contribuição para o campo acadêmico. As respostas dos pesquisadores à pergunta “O modelo gera contribuição efetiva para a área acadêmica?”, são apresentadas no Quadro 29 e evidencia as percepções sobre originalidade, aderência teórica e potencial de avanço nas pesquisas sobre o tema.

Quadro 29 – O modelo gera contribuição efetiva para a área acadêmica?

| Pesquisador | Respostas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A           | <i>Sim.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| B           | <i>Sim.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| C           | <i>Na versão atual, entendo que as contribuições são marginais. Porém, isto pode ser incrementando, conforme coloco nas respostas das próximas perguntas. A literatura apresenta alguns modelos nesta linha. Por exemplo:<br/>1) Adrodegari, F., Saccani, N. (2020). A maturity model for the servitization of product-centric companies. Journal of Manufacturing Technology Management, 31 (4), 775–797. <a href="https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2019-0255">https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2019-0255</a>;<br/>2) Rapaccini M., Saccani, N., Pezzotta, G., Burger, T., Ganz, W. (2013). Service development in product–service systems: a maturity model. The Service Industries Journal, 33 (3–4), 300–319. <a href="http://dx.doi.org/10.1080/02642069.2013.747513">http://dx.doi.org/10.1080/02642069.2013.747513</a>;<br/>3) Wallin, J., Parida, V., Isaksson, O. (2015). Understanding product–service system innovation capabilities development for manufacturing companies. Journal of Manufacturing Technology Management, 26 (5), 763–787.</i> |
| D           | <i>Sim, acredito que o modelo apresenta diferentes perspectivas e fornece uma visão geral do processo de transformação.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| E           | <i>Entendo que sim.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| F           | <i>Consideravelmente! Não para falar sobre desafios. Mas sim para etapas de implantação ou estruturação organizacional.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| G           | <i>Sim.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| H           | <i>Sim, acredito que foi bem elaborado e abrange os principais conceitos inerentes à Servitização. Acredito que com poucos ajustes ele renderá muitos frutos para a estudante e para a academia.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| I           | <i>Para responder adequadamente a esta pergunta eu precisaria ter acesso à fundamentação que levou a ele.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| J           | <i>Há potencial contribuição, sim.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

As respostas dos pesquisadores revelam uma percepção majoritariamente positiva quanto à contribuição acadêmica do modelo de servitização digital proposto. A maioria dos respondentes reconhece o valor da estrutura apresentada e destaca a capacidade de sistematizar e organizar o processo de transição digital orientado a serviços, além de consolidar os principais conceitos da literatura recente.

Pesquisadores como A, B, D, E, F, G e H afirmam explicitamente que o modelo gera contribuição efetiva para a academia, pela abordagem estruturada, clara e abrangente dos elementos centrais da servitização digital. Além disso, apontam que, mesmo com a possibilidade de ajustes pontuais, a proposta tem potencial para servir de base para novas pesquisas, no que tange à implantação de estratégias servitizadas em empresas tecnológicas e sustentáveis, como é o caso do setor fotovoltaico.

O estudioso F oferece uma distinção interessante ao considerar que a contribuição do modelo se concentra menos na identificação dos desafios e mais em sua utilidade para orientar a estruturação e implementação organizacional da servitização digital. Essa distinção é pertinente e fortalece o entendimento de que o modelo atua como uma ferramenta aplicável e direcionada à ação, dialogando com autores como Frank *et al.* (2019) e Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023), que enfatizam a importância de *frameworks* voltados para a transição prática de empresas para modelos servitizados.

O pesquisador H, por sua vez, reforça que o modelo foi “*bem elaborado*”, cobre os principais conceitos da literatura e, com pequenos ajustes, tem potencial de alto impacto acadêmico, tanto para esta pesquisa, quanto para futuras pesquisas. Essa percepção é valiosa, pois valida a consistência teórica da pesquisa e reconhece seu valor de contribuição ao campo de estudos emergentes sobre transformação digital e servitização.

Por outro lado, o estudioso C apresenta uma crítica construtiva, ao considerar que, na versão atual, o modelo apresenta contribuições ainda marginais, embora reconheça que isso pode ser incrementado. Ele sugere o aprofundamento teórico com base em modelos de maturidade da literatura (Adrodegari; Saccani, 2020; Rapaccini *et al.*, 2013; Wallin; Parida; Isaksson, 2015), o que representa uma oportunidade para fortalecer a fundamentação do modelo com referências consolidadas. Essa crítica evidencia uma oportunidade concreta de expansão da base teórica e de integração com *frameworks* reconhecidos internacionalmente, o que poderá elevar o grau de originalidade e sofisticação do trabalho.

Por fim, o pesquisador J sintetiza o espírito dessa avaliação ao afirmar que há, sim, potencial de contribuição acadêmica, uma percepção que reforça o papel da pesquisa como base para avanços teóricos, desenvolvimento de *frameworks* aplicáveis e proposição de caminhos futuros no campo da servitização digital.

Os achados do Quadro 29 reconhecem que o modelo é estruturado e academicamente promissor, mesmo com margens para aprimoramentos. O retorno positivo da maioria dos pesquisadores corrobora a intenção de gerar uma pesquisa cientificamente relevante e confirma

que a trajetória adotada está alinhada às demandas teóricas e práticas da área e às lacunas apontadas na literatura considerada.

No entanto, para que a proposta cumpra plenamente seu papel transformador, é essencial que também apresente aplicabilidade prática e gere valor para o setor produtivo. Nesse sentido, o próximo passo foi investigar se o modelo gera contribuição efetiva para as empresas do setor fotovoltaico. As percepções dos pesquisadores quanto a esse aspecto são sistematizadas no Quadro 30, permitindo avaliar sua utilidade como ferramenta estratégica, seu potencial de orientação à tomada de decisão e sua capacidade de apoiar a transição digital em organizações inseridas no contexto das energias renováveis.

Quadro 30 – O modelo gera contribuição efetiva para as empresas do setor fotovoltaicos?

| Pesquisador | Respostas                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A           | <i>Sim.</i>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| B           | <i>Sim.</i>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| C           | <i>Especificamente para o setor, sim.</i>                                                                                                                                                                                                                        |
| D           | <i>Sim, o modelo pode orientar as tomadas de decisões e ser um roteiro prático.</i>                                                                                                                                                                              |
| E           | <i>Apenas analisando a figura, sem conhecer o embasamento específico para o setor, é difícil afirmar. Mas certamente ele tem potencial.</i>                                                                                                                      |
| F           | <i>Não consigo responder.</i>                                                                                                                                                                                                                                    |
| G           | <i>Sim.</i>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| H           | <i>Em relação ao setor, não acompanho muito sobre as tendências e inovações. No entanto, em se tratando de servitização digital, compreendo que o setor pode se beneficiar e muito deste modelo para a transformação de modelos de negócios baseados em PSS.</i> |
| I           | <i>Não conheço o setor de forma suficiente para avaliar.</i>                                                                                                                                                                                                     |
| J           | <i>Sim, há potencial contribuição.</i>                                                                                                                                                                                                                           |

Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

A análise das respostas dos pesquisadores, indica que o modelo proposto também apresenta potencial de contribuição prática para o setor fotovoltaico, direcionada para a transição de empresas rumo à servitização digital. A maioria dos respondentes reconhece que o modelo pode orientar decisões estratégicas, estruturar etapas de implementação e promover a integração de tecnologias digitais a partir de uma lógica centrada em serviços.

Pesquisadores como A, B, C, D, G, H e J afirmaram de forma direta que o modelo pode ser aplicado ao setor ou tem potencial de gerar valor prático para as empresas fotovoltaicas. O estudioso D, por exemplo, destaca que o modelo “*pode orientar as tomadas de decisões e ser um roteiro prático*”, e indica que sua aplicabilidade vai além do campo teórico e oferece instrumentos úteis para gestores atuantes no setor de energia solar.

O estudioso C reforça esse posicionamento ao afirmar que “*especificamente para o setor, sim*”, demonstrando que a estrutura proposta dialoga com as características e desafios



enfrentados pelas empresas fotovoltaicas. Diante da crescente digitalização e da necessidade de oferecer soluções integradas aos seus clientes, conforme também apontado por Favoretto *et al.* (2022).

Ainda que alguns pesquisadores (como E, F e I) tenham demonstrado limitações no conhecimento aprofundado do setor ou tenham preferido não emitir juízo definitivo, é importante destacar que nenhum deles refutou a aplicabilidade do modelo. Mesmo com ressalvas, houve reconhecimento do potencial do modelo quando observado sob a ótica da servitização digital como vetor de transformação de negócios.

Esses achados revelam um cenário promissor para o modelo proposto, ao evidenciar sua versatilidade e aplicabilidade prática em um setor estratégico e em expansão como o de energia solar. Além disso, reforçam a proposta da tese de atuar na interseção entre servitização, digitalização e sustentabilidade, que se alinha aos estudos contemporâneos que tratam da transformação verde–digital como alavanca para competitividade e inovação (Upadhayay *et al.*, 2024; Chávez *et al.*, 2024). Nesse contexto, o Quadro 31 reúne as contribuições finais dos pesquisadores.

Quadro 31 – Contribuição adicionais e finais dos respondentes

| Pesquisadores | Respostas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A             | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| B             | <i>“O modelo está muito bem estruturado. Apresenta as etapas relevantes que devem servir de conhecimento o setor”.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| C             | <i>“Para incrementar a contribuição teórica do modelo, a inclusão de uma fase que avalie o quanto o mercado está preparado para oferta de serviços digitais parece ser fundamental. Esta fase pode direcionar a empresa para a implementação de serviços básicos, intermediários ou avançados. Em paralelo, a inclusão do detalhamento de como a oferta de serviços digitais pode incrementar a eficiência operacional, tanto para o cliente, quanto para a empresa que oferece os serviços, também é um elemento-chave neste sentido. De maneira geral, os estudos sobre servitização digital ignoram o quanto o mercado aceita os serviços digitais, concentrando-se em analisar barreiras/competências internos das empresas. Também avaliam muito pouco o quanto a oferta de serviços digitais pode incrementar a eficiência operacional da empresa ofertante dos serviços (por exemplo: utilizando os dados dos serviços, relativos ao desempenho dos produtos, para melhorar os processos de produção)”.</i> |
| D             | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| E             | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| F             | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| G             | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| H             | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| I             | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| J             | Não apresentou resposta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da pesquisa via Google Forms.

As contribuições finais oferecidas pelos pesquisadores reiteram a qualidade estrutural do modelo proposto, ao mesmo tempo em que apontam oportunidades de refinamento conceitual pontuais que ampliam seu potencial teórico e prático. A avaliação positiva apresentada pelo pesquisador B reforça que o modelo contempla as principais etapas que devem ser conhecidas e internalizadas pelas empresas, validando sua clareza e aplicabilidade como ferramenta de orientação estratégica.

A contribuição do estudioso C, por sua vez, traz *insights* particularmente valiosos para o aprimoramento teórico da proposta. O pesquisador sugere a inclusão de uma fase que avalie a prontidão do mercado para a oferta de serviços digitais, o que permitiria graduar as ações empresariais de acordo com a maturidade do ambiente externo. Essa observação é extremamente pertinente, pois, como apontam Vendrell-Herrero *et al.* (2024) e Chávez *et al.* (2024), o êxito da servitização digital depende não apenas das capacidades internas da organização, mas também do nível de aceitação e demanda dos clientes por soluções digitalizadas.

Essas observações reforçam que o modelo proposto está alinhado com as principais premissas da literatura e possui estrutura sólida, mas também demonstram que há espaço legítimo para avanço teórico, ao incorporar dimensões como análise de mercado e avaliação de impacto operacional, o que pode ampliar ainda mais sua capacidade de contribuição para a academia e para o setor produtivo.

## 5.2 ESTUDO DE CASO: EM UMA EMPRESA FOTOVOLTAICA

A empresa estudada é classificada como porte médio. Está localizada na região oeste do Paraná e atende a toda essa região, demonstrando capilaridade em sua atuação territorial. Conta com 72 colaboradores, distribuídos entre diferentes áreas de atuação. Uma parte significativa da equipe atua diretamente no setor de energia solar, segmento estratégico para a organização. Além do setor fotovoltaico, a empresa também opera em outros ramos, e adota uma estratégia de diversificação que potencializa a oferta de soluções integradas e adaptáveis tanto para B2B tanto para B2C.

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas com gestores e projetistas, além da análise documental. A investigação revelou como a empresa evoluiu progressivamente na integração de bens tangíveis, serviços e soluções digitais. A partir da experiência relatada, foram identificadas estratégias, desafios, capacidades organizacionais e práticas que sustentam essa trajetória.

A organização oferece sistemas completos que abrangem o fornecimento de módulos solares, inversores, estruturas de fixação, cabeamentos, instalação e ativação dos sistemas. Desde a sua inserção no setor solar, tem investido na integração de produtos e serviços, focando na criação de valor por meio de soluções completas.

Entre os principais serviços agregados destacam-se: monitoramento remoto dos sistemas, manutenção preditiva, consultoria técnica especializada, limpeza de módulos, suporte à homologação junto às concessionárias (COPEL) e atendimento técnico personalizado. A estrutura organizacional é enxuta e favorece a flexibilidade nas decisões operacionais e estratégicas.

Com foco inovação tecnológica e orientação ao cliente, a empresa vem consolidando sua atuação na servitização digital. No entanto, enfrenta desafios típicos de organizações em expansão em um mercado dinâmico e em constante evolução. O Quadro 32 apresenta uma síntese das informações obtidas na entrevista semiestruturada realizada com os profissionais da empresa especializada em sistemas solares fotovoltaicos.

Quadro 32 – Síntese das entrevistas semiestruturada

| Seção                            | Principais informações coletadas                                                                                                                              |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A - Dados do Entrevistado        | Entrevistados com experiência prática; formação em engenharia e manutenção industrial; cargos de gestão e projeto.                                            |
| B - Informação da Empresa        | Empresa de porte médio, com cerca de 72 funcionários com foco em sistemas elétricos.                                                                          |
| C - Tipo de Serviços Associados  | Serviços oferecidos: manutenção, monitoramento, consultoria, reparos e limpeza.                                                                               |
| D - Proposta de Valor            | Diferenciação pela qualidade e transparência; foco no atendimento; não concorre apenas por preço.                                                             |
| E - Segmento dos Clientes        | Cliente final (B2B e B2C); adaptação conforme perfil do cliente.                                                                                              |
| F - Canais de Entrega            | Integração física e digital com foco em experiência do cliente.                                                                                               |
| G - Relacionamento com o Cliente | Relação próxima, ativa e confiável com o cliente; fidelização baseada em serviços de valor agregado e pós-venda de qualidade.                                 |
| H - Fonte de Receita             | Venda e instalação; manutenção e revisão; serviços digitais.                                                                                                  |
| I - Recursos Principais          | Recursos tangíveis (equipamentos) e intangíveis (conhecimento técnico); treinamentos; dependência de sistemas externos.                                       |
| J - Atividades-Chave             | Projetos, instalações, monitoramento digital e consultorias.                                                                                                  |
| K - Estrutura de Custos          | Custos com equipamentos, mão de obra, retrabalho.                                                                                                             |
| L - Parcerias Principais         | Atua com cinco fornecedores principais (Fronius, Sungrow, Solis, Growatt e Bedin); diversidade estratégica; foco em parceria confiável e logística eficiente. |
| M - Perspectivas e Desafios      | Desafios: qualificação da equipe, integração digital, incerteza do mercado. Perspectiva: automação e integração de dados.                                     |
| N - Encerramento                 | Entrevistados apresentaram-se disponíveis para novas contribuições e reconheceram a importância da sistematização do conhecimento do processo digital.        |

Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da entrevista semiestruturada.

A escolha por uma empresa de porte médio reforça sua representatividade no contexto da servitização digital, uma vez que esse perfil organizacional possui condições favoráveis de adaptação e transformação. Conforme destacam Cenamor, Sjödin e Parida (2017), as médias empresas oferecem um terreno fértil para a integração entre produtos, serviços e tecnologias digitais, refletindo a realidade predominante de grande parte das organizações do setor fotovoltaico.

Além do porte da empresa, a seleção foi fundamentada em outras razões que reforçam sua representatividade. Primeiramente, a organização atua no mercado fotovoltaico há um período significativo (desde 2018), o que assegura experiência consolidada e maturidade em suas práticas. Em segundo lugar, é reconhecida pelo mercado pela qualidade dos serviços prestados, elemento que amplia sua credibilidade como referência no setor. Em terceiro lugar, encontra-se em um processo evolutivo que se alinha às características centrais desta tese, ao avançar para modelos sofisticados de servitização digital. Ademais, destaca-se por possuir uma estrutura gerencial organizada, capaz de apoiar a implementação de transformações estratégicas. Esses atributos, somados, asseguram que a empresa analisada represente adequadamente tanto as especificidades do setor fotovoltaico brasileiro quanto as condições necessárias para avaliar a aplicabilidade e a robustez do modelo proposto nesta pesquisa.

As informações coletadas serviram de base empírica para refletir sobre os elementos críticos à implementação de modelos servitizados e digitalmente orientados, fornecendo subsídios tanto para a discussão teórica quanto para a avaliação e aprimoramento do modelo proposto nesta pesquisa.

Cabe destacar que a seleção dos profissionais entrevistados considerou a necessidade de garantir representatividade em relação ao setor de energia solar e à temática da transformação digital. Os três participantes possuem experiência consolidada nas áreas de atuação investigadas, com vivência prática em projetos de inovação, digitalização de processos e integração de serviços no segmento fotovoltaico. Dessa forma, seus relatos refletem de maneira consistente as oportunidades e os desafios enfrentados no contexto de adoção da servitização digital, conferindo robustez e alinhamento às análises realizadas neste estudo. Ao longo desta subseção, esses pontos serão discutidos com profundidade, permitindo uma análise detalhada das práticas, desafios e oportunidades identificadas no contexto investigado.

### 5.2.1 Evolução da oferta: da venda de bens tangíveis às soluções integradas

A trajetória da empresa revela uma transição gradual de um modelo centrado na venda e instalação de sistemas fotovoltaicos para a entrega de soluções completas. Com essa mudança, a empresa focou no monitoramento remoto, manutenção preditiva e serviços de consultoria incorporados ao projeto.

A motivação surgiu da constatação de que os serviços pós-venda eram não apenas um diferencial competitivo, mas também uma necessidade para garantir a satisfação e a fidelização do cliente. Como parte dessa evolução, a empresa incorporou progressivamente o monitoramento digital dos sistemas instalados, o que possibilita acompanhar o desempenho em tempo real e agir preventivamente em eventuais falhas.

Este ponto reflete o alinhamento com a servitização digital, que envolve a digitalização dos serviços e o uso de dados como base para novos modelos de negócios (Chávez *et al.*, 2024). Conforme o crescimento da empresa, criou-se a necessidade de controlar o que estava sendo entregue (o produto: sistema solar), com o objetivo de melhorar a entrega ao cliente. Segundo o relato do gestor A *"a gente começou a perceber que precisava disso, que os nossos clientes já vinham... tipo assim, ficou um mês desligado o solar, ninguém viu. A gente percebeu que a culpa caía para a gente"*. Essa colocação ilustra o gatilho para a evolução dos serviços oferecidos, motivada pela necessidade de manter a satisfação do cliente e garantir a continuidade do funcionamento dos sistemas. Tal movimento configura um avanço em direção ao que a literatura reconhece como servitização digital (Favaretto *et al.*, 2022).

Assim, o movimento de incorporar novos recursos e manter o controle contínuo do sistema fotovoltaico representa um passo rumo à servitização descrita na literatura (Gebauer *et al.*, 2021). A oferta de um pacote completo que abrange desde a venda e instalação até o monitoramento e suporte contínuo, reforça o compromisso da empresa em assegurar o bom funcionamento dos sistemas e a satisfação de seus clientes.

### 5.2.2 Proposta de valor

A partir de um conjunto de quatro perguntas-chave, buscou-se identificar como a empresa percebe e implementa essa integração, quais estratégias foram adotadas para entender as necessidades de seus clientes, quais diferenciais competitivos se considera relevantes em sua oferta, bem como, os principais canais utilizados para o atendimento ao cliente. O Quadro 33

apresenta a percepções dos gestores sobre inviabilidade de vender apenas o equipamento fotovoltaico.

Quadro 33 – Inviabilidade da venda exclusiva de equipamentos fotovoltaicos

| <b>Tema</b>                          | <b>Entrevistado</b> | <b>Fala do entrevistado</b>                                                                                              |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Agregar valor ao cliente             | Projetista          | <i>“O cliente não quer só o equipamento, ele quer a garantia de que aquilo vai funcionar bem por muitos anos”.</i>       |
| Fidelizar e dar suporte pós-venda    | Projetista          | <i>“Só vender o produto não fideliza o cliente. O diferencial está no acompanhamento e no suporte”.</i>                  |
| Modelo de negócio                    | Gestor A            | <i>“Apenas a venda do equipamento não se sustenta a longo prazo. Precisamos oferecer soluções completas”.</i>            |
| Competitividade no mercado           | Gestor B            | <i>“O mercado está muito competitivo. Só vender o sistema não garante retorno financeiro duradouro.”</i>                 |
| Necessidade de orientação ao cliente | Gestor A            | <i>“Muita gente não entende o funcionamento do sistema. A gente precisa orientar, monitorar, estar presente”.</i>        |
| Valorizar a praticidade              | Gestor A            | <i>“O cliente quer praticidade. Se não oferecermos serviços agregados, ele vai buscar em outra empresa”.</i>             |
| Digitalização e monitoramento        | Gestor B            | <i>“Hoje em dia o cliente espera ter controle e informação na palma da mão, por isso o monitoramento é fundamental”.</i> |
| Uso de canais digitais               | Projetista          | <i>“O atendimento remoto e as plataformas digitais são um diferencial que os clientes valorizam”.</i>                    |

Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da entrevista semiestruturada.

O Quadro 33 descreve os principais benefícios percebidos pela empresa ao combinar bens tangíveis e serviços, evidenciando ganhos estratégicos e operacionais. Os entrevistados ressaltam que a identificação do que realmente importa para o cliente, aliada à integração de soluções digitais, confere um diferencial competitivo que destaca a organização no mercado. Essa perspectiva incentiva a busca por inovação e posicionamento estratégico da organização. Além disso, os diferentes canais de atendimento, sejam presenciais, digitais ou via monitoramento remoto, têm como objetivo avaliar o grau de digitalização e as práticas de relacionamento com o cliente.

A integração entre bens tangíveis (como módulos fotovoltaicos, inversores e estruturas de fixação) e serviços (como instalação, monitoramento e manutenção) trouxe uma série de benefícios estratégicos e operacionais para a empresa estudada. Os dados obtidos por meio da entrevista evidenciam que essa combinação vai além da entrega de um sistema de geração de energia solar, configurando-se como um diferencial competitivo e uma resposta às necessidades do mercado.

Um dos principais benefícios percebidos é o aumento do valor percebido pelo cliente. O monitoramento contínuo dos sistemas, realizado por meio de plataformas digitais associadas

aos inversores, permite que a empresa perceba as falhas ou quedas na geração de energia antes mesmo que o cliente perceba o problema. Como relatado pela projetista: “*Normalmente a gente percebe antes do cliente, por meio do monitoramento remoto*”. Essa atuação proativa reforça a confiança da empresa e consolida o relacionamento com o consumidor.

O segundo benefício destacado está relacionado à diferenciação em um mercado altamente competitivo. A empresa destaca que muitos concorrentes oferecem apenas o produto, sem suporte técnico adequado ou atendimento pós-venda, o que frequentemente resulta em experiências negativas. Nesse sentido, a prestação de serviços qualificados passou a ser uma estratégia deliberada: “*A nossa estratégia é mostrar que o nosso produto é diferenciado*”, afirmou a projetista. Essa diferenciação é baseada em qualidade, atendimento e confiabilidade. Dessa forma, contribui para a fidelização dos clientes e atrai novos consumidores, inclusive aqueles que tiveram experiências frustradas com outras empresas.

Além disso, a integração de serviços reduz significativamente os riscos operacionais e reputacionais. Em casos de falhas ou quedas de desempenho, a empresa pode agir rapidamente, minimizando danos e evitando insatisfação. A inclusão de atividades como revisões periódicas, limpeza das placas e consultoria integrada ao processo de venda demonstra um compromisso com a durabilidade e a eficiência do sistema instalado.

Por fim, foi possível observar que a integração promove uma sustentabilidade econômica para o negócio. Apenas vender o equipamento fotovoltaico foi considerado inviável, tanto pela baixa margem de lucro, quanto pela dificuldade de competir com grandes empresas do setor. Nesse contexto, os serviços garantem fluxo de receita recorrente, posicionamento estratégico no mercado e aproveitamento eficiente da equipe interna.

Em síntese, os benefícios identificados mostram que a integração entre bens tangíveis e serviços não é apenas uma tendência, mas uma necessidade para empresas que desejam se manter competitivas, sustentáveis e valorizadas no setor de energia solar. Os achados reforçam a importância de desenvolver soluções completas, que combinem tecnologia, suporte e experiência do cliente como elementos centrais da proposta de valor.

### **5.2.3 Segmentos dos clientes e canais de entrega**

A empresa atua em um mercado diversificado e atende grupos que vão desde pequenos usuários (residenciais) até empreendimentos de grande porte. No segmento residencial, a principal motivação é reduzir custos na conta de luz, aliado a simplicidade de instalação ao uso de aplicativos básicos para o monitoramento do sistema fotovoltaico. Esse perfil de cliente

geralmente requer pouca manutenção e um nível limitado de suporte, o que torna o serviço mais padronizado.

Já empresas de médio porte (comerciais e industriais) necessitam de projetos mais elaborados. Isso envolve vários inversores e soluções específicas, com o intuito de alcançar economia em escala. Para o agronegócio, a adoção de painéis fotovoltaicos visa cortar despesas energéticas em processos de irrigação, climatização ou resfriamento de produtos, chegando à implementação de usinas próprias, de acordo com a disponibilidade de terreno e os requisitos de produção rural.

Por fim, empresas de grande porte (cooperativas — comum na região oeste do Paraná), ainda incipientes em algumas localidades, desempenham papel estratégico na viabilização da comercialização do excedente energético por meio do mercado livre de energia, bem como no compartilhamento da geração. Trata-se de um arranjo com potencial de expansão à medida que avançam as políticas de incentivo e a regulamentação do setor.

Essa diversidade de perfis de clientes converge com a literatura que aponta a heterogeneidade da adoção de tecnologias sustentáveis. Cada segmento tem diferentes graus de complexidade, necessidades de suporte, e sobretudo, motivações para a transição energética, o que exige uma oferta de serviços e bens tangíveis mais amplo e personalizável (Coreynen *et al.*, 2018). Além disso, conforme argumenta Shen, Sun e Parida (2023) o avanço da servitização na área de energias renováveis demanda modelos de negócio orientados tanto à viabilidade técnica quanto ao suporte contínuo, que contempla monitoramento remoto, manutenção preditiva e consultoria especializada.

A consultoria técnica, oferecida pela empresa, faz parte do ciclo de atendimento e está incluída no orçamento, sem cobranças adicionais explícitas. Esse serviço engloba orientação e suporte especializado em cada etapa do projeto, desde o planejamento até a pós-instalação, que ocorre de forma presencial, telefone, *WhatsApp* e *e-mail*. Na elaboração do projeto, a equipe realiza uma análise completa do consumo do cliente. Assim, o cliente recebe explicações sobre dimensionamento, tipos de módulos, *performance* esperada e implicações técnicas. Conforme relatado pelo gestor A: “*Quando o cliente entra em contato, a gente já faz uma análise completa do consumo, verifica o tipo de telhado, a orientação solar, tudo isso é explicado para ele*”.

Na escolha dos equipamentos, a consultoria orienta o cliente sobre quais marcas e modelos selecionar, considerando confiabilidade e desempenho de longo prazo. O objetivo é evitar decisões baseadas apenas no preço. Segundo o gestor A: “*A gente tenta mostrar para o cliente que o mais barato pode sair caro. Explicamos por que indicamos um inversor melhor, uma placa mais durável*”.



Ademais, a empresa auxilia no suporte à homologação, ou seja, na regularização do sistema junto à Companhia Paranaense de Energia (COPEL), fornecendo documentação, ajustando especificações e acompanhando processos burocráticos. Após a instalação, o cliente recebe treinamento básico sobre a plataforma de monitoramento e possíveis dúvidas operacionais.

Sempre que é identificada alguma anomalia, a equipe do suporte entra em contato com o cliente para orientar as ações necessárias ou, caso seja preciso, agendar a visita de um técnico. Esse atendimento contínuo garante que o sistema opere de forma eficiente e que o cliente se sinta amparado durante todo o ciclo de vida do bem tangível. O Quadro 34 apresenta a aplicação da consultoria.

Quadro 34 – Resumo da aplicação da consultoria utilizada

| Aspectos                      | Descrição                                                          |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Equipe envolvida              | Projetistas, técnicos e gestores operacionais                      |
| Canais utilizados comunicação | Presencial, telefone, <i>WhatsApp</i> e <i>e-mail</i>              |
| Cobranças                     | Embutida no serviço, não destacada como item separado no orçamento |

Fonte: elaborado pela autora, com base em dados da entrevista semiestruturada.

A forma de consultoria técnica empregada pela organização, se alinha ao conceito de serviço de valor agregado de conhecimento, presente em modelos de servitização baseada em soluções (Gebauer *et al.*, 2010; Baines *et al.*, 2017). Embora não seja ofertada como um serviço formalizado, ela contribui significativamente para a percepção de confiabilidade, tomada de decisão e suporte especializado por parte do cliente.

#### 5.2.4 Relacionamento com os clientes

A natureza do relacionamento com o cliente em contextos de servitização digital demanda um equilíbrio do suporte técnico eficiente e domínio de tecnologias digitais. Os dados coletados na entrevista evidenciam uma abordagem baseada em cuidado contínuo, presença ativa e resposta rápida, elementos que reforçam o valor percebido pelo cliente e contribuem para sua fidelização.

O relacionamento é consolidado com base na responsividade e na personalização. Como destacado por um pelo gestor B: “*O cliente liga, nós atendemos. O cliente precisa, nós ajudamos. [...] A gente cuida do sistema como se fosse nosso*”. Esse relato revela uma postura

de empatia e corresponsabilidade, onde a equipe técnica assume não apenas o papel de instaladora, mas de zeladora do sistema fotovoltaico. Tal comportamento é consistente com o modelo de servitização baseada em soluções, em que a empresa não entrega apenas um bem tangível, mas permanece comprometida com o desempenho e a funcionalidade do sistema ao longo do tempo (Cusumano; Kahl; Suarez, 2014; Baines *et al.*, 2017; Paiola *et al.*, 2023).

Adicionalmente, destaca-se o uso da comunicação direta por telefone ou mensagens (*e-mail ou Whatsapp*), priorizando como meio de solucionar problemas rapidamente. Ainda que ferramentas digitais estejam presentes (como os sistemas de monitoramento), a interação com o cliente não é terceirizada nem automatizada. Os entrevistados deixam claro o tipo de relacionamento, o que indica baixa dependência de canais digitais para o relacionamento em si, mas uso intensivo das tecnologias como base para o suporte técnico. Esse tipo de comportamento aumenta a confiança entre a empresa e usuário. A fidelização dos clientes não acontece apenas pelos contratos formais (de longo prazo), mas pela sensação de acompanhamento e suporte permanente, “*Cuidar, acompanhar... não abandonar. Quando o cliente vê que o sistema dele está sendo acompanhado, ele sabe que pode confiar*”. (Gestor B).

Essa lógica reflete o conceito de confiança como ativo relacional, conforme argumentam Gebauer *et al.* (2010). A fidelização ocorre pela percepção de segurança, continuidade e atenção ao cliente, pilares essenciais na transição para modelos servitizados. Essa estratégia é considerada eficaz em mercados onde a concorrência baseia-se apenas no preço, pois a confiança construída se torna uma barreira à substituição. Além disso, o monitoramento contínuo permite à empresa adotar um comportamento proativo. Esse ato antecipa as falhas e oferece intervenções antes mesmo que o usuário perceba o problema.

Apesar dos aspectos positivos, os três entrevistados apontam barreiras importantes para a consolidação do relacionamento no ambiente digital, pois nem todos os usuários têm conhecimento com a tecnologia. Conforme apresentado, a projetista relata: “*Às vezes o cliente não entende muito bem o digital. Tem cliente que nem sabe entrar no aplicativo*”. Este desafio remete à assimetria de competências digitais entre empresa e usuário. Mesmo que a organização adote ferramentas tecnológicas avançadas para monitoramento e gestão, sua efetividade está condicionada à capacidade do cliente em acessar e interpretar essas informações. Essa limitação é coerente com o que Tóth *et al.* (2022) descrevem como o paradoxo da autonomia *versus* controle na servitização digital, pois a empresa deseja dar mais autonomia ao usuário, mas precisa ao mesmo tempo manter o controle para garantir que o valor entregue seja de fato percebido.

O relacionamento com o cliente, conforme gerido pela empresa entrevistada, representa uma força estratégica na servitização digital. Ao valorizar a presença constante, a solução de problemas rápida e o cuidado técnico com o sistema do cliente, a empresa amplia o ciclo de valor na integração. Por outro lado, os desafios ligados à limitação digital dos clientes reforçam a necessidade de projetar estratégias de suporte e educação tecnológica, que permitam ao cliente não apenas ter um sistema de alta *performance*, mas também compreender e interagir com ele de forma eficaz.

### 5.2.5 Fonte de receita

A empresa apresenta múltiplas fontes de receita oriundas da combinação de bens tangíveis e serviços, tais como: a venda e instalação de kits fotovoltaicos completos (inversores, módulos solares, estrutura de fixação, cabos, quadros elétricos), serviços adicionais de pós-venda como manutenção, monitoramento remoto, consultoria técnica embutida nas vendas, limpeza (placas solares), termografia e reparos.

Esses achados se alinham ao conceito proposto por Kowalkowski *et al.* (2017), que destacam que a integração dos serviços aos bens tangíveis pode gerar fontes de receita adicionais e recorrentes, aumentando o valor percebido pelos clientes. Os dados observados destacaram os desafios significativos para equilibrar os custos de implementação e a geração de receitas. As dificuldades apontadas são:

- a) **Margens reduzidas em projetos maiores:** projetos fotovoltaicos maiores têm margens significativamente menores, “*aproximadamente 8%, comparado a margens maiores em projetos médios (aproximadamente 12% a 20%)*” conforme mencionado pelo gestor A, este fenômeno é discutido na literatura, onde se observa que serviços mais complexos, embora apresentem valor agregado, podem gerar desafios adicionais e com isso, reduzir as margens de lucro (Eggert *et al.*, 2022);
- b) **Impactos dos custos operacionais:** a empresa destaca que possui um custo operacional elevado devido à infraestrutura e pessoal. Isso impacta diretamente sua competitividade em preço em relação a concorrentes menores que terceirizam grande parte das operações. Na literatura, Tóth *et al.* (2022) argumentam que o aumento de custos operacionais devido à complexidade crescente das operações de servitização digital pode gerar tensões significativas em períodos de baixa demanda ou alta concorrência por preços baixos;

- c) **Oscilações na cadeia de suprimentos e dependência dos fornecedores:** os entrevistados mencionaram as dificuldades em gerir estoque devido à volatilidade do mercado fotovoltaico e desafios relacionados à dependência de fornecedores externos. Essas questões são consideradas críticas na literatura sobre digitalização e sustentabilidade no processo de servitização (Lv; Chen, 2024), pois impactam diretamente a eficiência operacional e a capacidade de resposta da empresa ao mercado;
- d) **Impactos regulatórios e percepção do mercado:** a empresa destacou o impacto de mudanças regulatórias e percepções errôneas propagadas no mercado, ex.: cobrança indevida de imposto solar. Com isso, se criou uma instabilidade e insegurança na demanda, impactando diretamente as receitas. A literatura de Eggert *et al.* (2022) também identifica tais desafios regulatórios como paradoxos relevantes no contexto da servitização digital, que frequentemente resultam em uma redução temporária da demanda devido à incerteza dos clientes.

As fontes de receita integradas (bens tangíveis-serviço) são essenciais para o modelo de negócio da empresa e permite maior fidelização de clientes e receita recorrente. Desafios financeiros significativos devido às margens reduzidas em grandes projetos e altos custos operacionais. A empresa precisa continuamente justificar seu diferencial competitivo baseado na qualidade dos serviços integrados e no monitoramento proativo digital.

Existe a dependência crítica da cadeia de suprimentos em relação aos fornecedores. Isso acarreta riscos de atrasos e instabilidade operacional. Ademais, a percepções equivocadas e questões regulatórias geram instabilidade na demanda, destacando a necessidade de estratégias de comunicação assertivas para lidar com essas adversidades.

### 5.2.6 Parcerias principais e análise *in loco*

A empresa trabalha com cinco plataformas distintas: **Fronius, Sungrow, Solis, Growatt e Bedin**. Todos os equipamentos instalados, são acompanhados diariamente. O monitoramento é feito em 320 instalações, com 520 inversores. Esse monitoramento ocorre na própria empresa e quem está à frente dessa atividade é a projetista juntamente com o setor de engenharia. A projetista relatou que: "*Todo dia a gente pega, vai, bate o olho, dá uma olhadinha: está tudo girando, está tudo funcionando*". O monitoramento permite uma atuação proativa, pois a falha é encontrada normalmente antes que o cliente perceba. Esse cenário

demonstra o alinhamento com a servitização digital, que, segundo Coreynen *et al.* (2018), envolve a análise dos dados de forma eficiente.

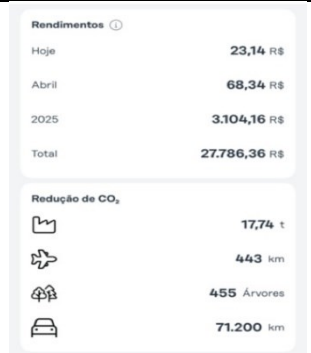
Cada marca de inversor possui sua própria plataforma de monitoramento, como explicou a projetista: “*Cada marca de inversor é uma*”. Algumas plataformas podem compartilhar a mesma solução. Contudo, isso depende do fabricante ou da tecnologia empregada. A empresa gerencia essas plataformas individualmente e acessa cada uma de acordo com as demandas de cada cliente e dos equipamentos instalados.

A multiplicidade de sistemas empregados no setor fotovoltaico exige conhecimentos técnicos diversos e uma rotina estruturada de acompanhamento, sobretudo pela ausência de uma interface unificada que facilite a análise integrada. Essa fragmentação caracteriza um dos desafios típicos da servitização digital em contextos com equipamentos multimarcas, nos quais é necessário integrar dados e padronizar processos de monitoramento para garantir a qualidade e a consistência dos serviços ofertados.

No presente estudo, destaca-se que o sistema de monitoramento interno utilizado pela empresa não foi disponibilizado para fins de publicação. A Figura 33 a Figura 36 (observação *in loco*), referem-se exclusivamente ao monitoramento utilizados pelos usuários finais, o qual, apesar de possuir limitações, constitui uma extensão dos dados utilizados pela empresa para fins de diagnóstico, suporte técnico e acompanhamento do desempenho dos sistemas instalados. Compreender essas particularidades técnicas e operacionais torna-se fundamental para avaliar a efetividade dos serviços digitais prestados e os desafios de sua integração no modelo de servitização.

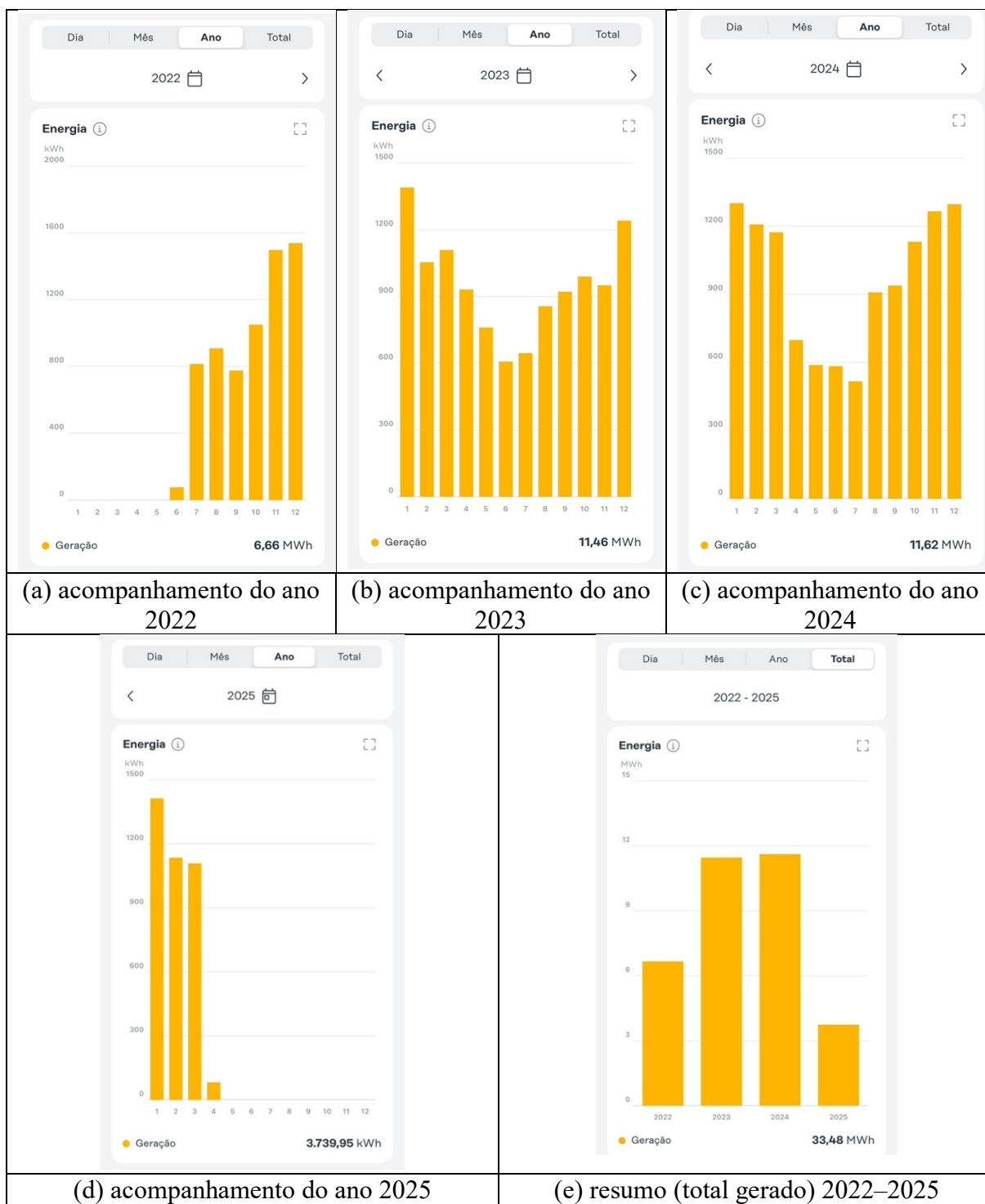
A primeira plataforma analisada é referente ao equipamento da marca Fronius, conforme apresentado nas Figuras 33 e Figura 34. No pacote oferecido pela empresa, o usuário também recebe acesso direto às informações geradas pelas plataformas de monitoramento. Assim, tanto a empresa quanto o usuário conseguem acompanhar de forma transparente e imediata a quantidade de energia produzida pelos equipamentos instalados fortalecendo o controle operacional e permitindo uma gestão mais eficiente e colaborativa dos sistemas fotovoltaicos.

Figura 33 – Equipamento e aplicativo usuário (Fronius)

|                                                                                     |                                                                                      |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |  |
| (a) equipamento marca Fronius                                                       | (b) interface do aplicativo (geral)                                                  | (c) interface do aplicativo: referente aos rendimentos                              |
|   |   |                                                                                     |
| (d) acompanhamento diário                                                           | (e) acompanhamento mês                                                               |                                                                                     |
|  |  |                                                                                     |
| (f) acompanhamento anual                                                            | (g) total gerado                                                                     |                                                                                     |

Fonte: elaborado pela autora, com base na foto realizada *in-loco* e na captura da tela do aplicativo Fronius

Figura 34 – Geração de energia (Fronius) acompanhamento – 2022 a 2025.



Fonte: elaborado pela autora, com base na captura da tela do aplicativo Fronius.

A Figura 33 apresenta-se as características do equipamento instalado na residência do usuário, e, respectivamente, a interface geral do aplicativo para o usuário e a tela com informações sobre rendimento, incluindo dados acumulados como redução de CO<sub>2</sub> e energia

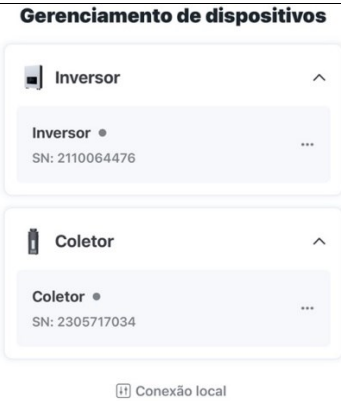
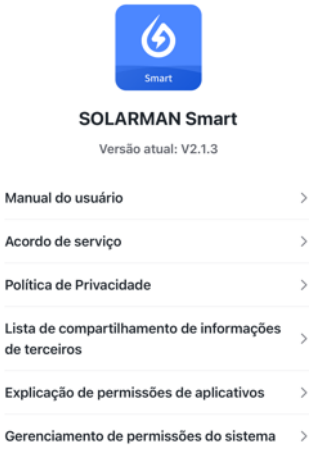
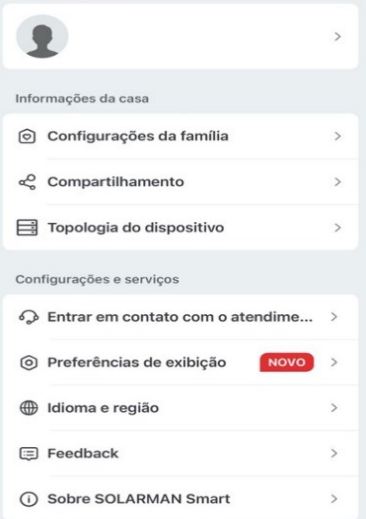
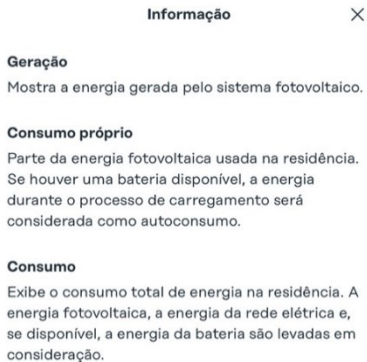
total gerada em kWh. Ademais, apresenta o detalhamento dos dados, referentes à geração diária, mensal, anual e acumulada total. Essas informações são cruciais para a empresa e para o usuário realizarem análises rápidas, comparativas e históricas do desempenho do sistema.

A Figura 34 oferece uma visão detalhada da energia gerada pela plataforma entre os anos de 2022 e 2025. Essas informações são detalhadas e ilustram a geração da energia a cada ano. Assim, é possível realizar avaliações consistentes de desempenho e intervenções técnicas preventivas. Por fim, a Figura 34 (e) consolida a geração acumulada nesse período (contabilizando o tempo de instalação total), contribuindo para que a empresa tome decisões estratégicas baseadas em dados concretos e objetivos.

Ademais, a análise das plataformas utilizadas, é importante observar como diferentes sistemas contribuem para o acompanhamento da geração de energia ao longo do tempo. Após a avaliação dos dados fornecidos pela plataforma Fronius, amplia-se a compreensão sobre os recursos de monitoramento disponíveis com a inclusão de outras tecnologias. Nesse sentido, as Figuras 35 e Figura 36 apresentam o monitoramento realizado com a plataforma da marca Bedin, permitindo a comparação entre as funcionalidades, a profundidade das informações disponibilizadas e o potencial de integração dessas soluções no contexto da servitização digital.



Figura 35 – Equipamento e aplicativo do usuário (Bedin)

|                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |                                                                                       |
| (a) equipamento marca Bedin                                                         | (b) painel marca Bedin                                                               |                                                                                       |
|   |  |                                                                                       |
| (c) informação do inversor                                                          | (d) estatística de produção                                                          |                                                                                       |
|  |  |  |
| (e) configurações do inversor (tela inicial)                                        | (f) configurações do inversor (tela avançada)                                        | (g) informações do inversor                                                           |

Fonte: elaborado pela autora, com base na foto realizada in-loco e na captura da tela do aplicativo Bedin.

Figura 36 – Geração de energia acompanhamento (Bedin) – 2022 a 2024



Fonte: elaborado pela autora, com base na captura da tela do aplicativo Bedin.

Na Figura 35, apresenta-se as características físicas do painel do inversor. Adicionalmente, são mostradas as diferentes interfaces disponíveis no aplicativo Bedin, incluindo gerenciamento de dispositivos, estatísticas detalhadas de produção, configurações específicas do inversor e informações gerais sobre a operação do sistema, como a produção acumulada e receitas estimadas.

A Figura 36 detalha a produção monitorada entre os anos de 2022 e 2024, destacando a geração anual (Figuras 36(a), 36(b), 36(c)) e os totais acumulados (Figuras 36(d) e 36(e)). Essa visualização permite uma análise comparativa anual, acompanhamento das receitas estimadas provenientes da geração solar e identificação antecipada de falhas ou desempenhos inferiores ao esperado.

Essas duas plataformas, exemplificam os desafios associados à servitização digital e exigem que a equipe técnica esteja em constante atualização, entendimento profundo das particularidades de cada solução e uma rotina sistemática para garantir eficiência operacional e a satisfação dos clientes finais. A diversidade das interfaces, bem como dos dados apresentados, reforça a necessidade de padronização e integração das informações em processos internos, a fim de simplificar as análises e potencializar os benefícios da servitização digital.

A análise comparativa entre os sistemas evidencia características distintas e desafios comuns associados à servitização digital. O sistema Fronius se destaca pela interface visualmente com fácil acesso às métricas, como geração diária, mensal, anual e acumulada, permitindo análises rápidas e decisões proativas de manutenção. Esse tipo de abordagem, que valoriza a visualização rápida de dados-chave, alinha-se com os conceitos abordados por Coreynen, Matthyssens e Van Bockhaven (2017), que enfatizam a importância das plataformas digitais e dos produtos inteligentes na servitização digital, facilitando a transição das empresas para um modelo mais orientado ao serviço.

Ambos os sistemas, fornecem informações referente as receitas estimadas e equivalência de sustentabilidade, que apresentam a redução de CO<sub>2</sub>, equivalência de árvores plantadas e até mesmo um comparativo de distância percorrida por um veículo com a energia gerada. Esses indicadores de sustentabilidade são pertinentes, pois traduzem o impacto ambiental positivo gerado pelo uso da energia solar em equivalências práticas e facilmente compreensíveis.

Isso fortalece a percepção do valor ambiental associado ao investimento na geração fotovoltaica. Essas informações são apresentadas para o usuário, com o objetivo de se ter uma compreensão clara não apenas do retorno econômico imediato e acumulado, mas também dos benefícios ambientais que reforçam o alinhamento do sistema com práticas sustentáveis,

conforme abordado na literatura sobre servitização digital integrada à sustentabilidade (Chávez *et al.*, 2024).

Contudo, os sistemas apresentam uma limitação comum, que é a ausência de integração com outras plataformas, evidenciando o desafio típico da servitização digitais multimarcas citadas por Paschou *et al.* (2020). Este aspecto reforça a necessidade de desenvolvimento de capacidades dinâmicas e micro fundamentos específicos, como apontado por Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023), para gerenciar eficientemente a diversidade tecnológica e garantir a consistência no nível de serviço prestado.

As multiplicidades tecnológicas encontradas nos sistemas de monitoramento implicam diretamente na complexidade operacional, conforme apontado por Eggert *et al.* (2022) e Tóth *et al.* (2022), que identificaram paradoxos intra e inter-organizacionais ligados à gestão dos dados e acesso às informações. Os paradoxos envolvem a necessidade simultânea de flexibilidade (para atender diferentes plataformas) e padronização (para garantir eficiência operacional), resultando em tensões gerenciais.

Segundo Cenamor, Sjödin e Parida (2017), a capacidade de integrar múltiplas plataformas digitais está entre as competências centrais na transição digital de empresas industriais. A interoperabilidade torna-se uma vantagem competitiva, principalmente em contextos como o setor fotovoltaico, onde a diversidade de marcas e protocolos é a regra, e não a exceção. A criação de plataformas integradoras, mesmo que internas, permite não apenas a eficiência técnica, mas também a personalização de serviços com base em dados consolidados.

Além disso, é notável que o monitoramento constante das plataformas observadas exige habilidades técnicas diversificadas da equipe operacional, algo enfatizado por Lenka *et al.* (2018), que sugerem um *framework* multinível para lidar com a ambivalência na transição para a servitização digital em contextos com múltiplas tecnologias.

A abordagem proativa adotada pela equipe técnica, que monitora diariamente as instalações e antecipa possíveis falhas, ilustra as alavancas internas descritas por Coreynen *et al.* (2018), no que se refere à capacitação técnica e gestão preventiva. No entanto, para atingir plenamente o potencial da servitização digitais multimarcas, a literatura sugere que investimentos adicionais sejam direcionados à criação de uma plataforma integradora que consolide informações das diferentes marcas, facilitando assim o gerenciamento estratégico e operacional (Cenamor; Sjödin; Parida, 2017).

Por fim, os comparativos apresentados reforçam que, apesar das especificidades técnicas e informacionais, tanto Fronius quanto Bedin cumprem o papel central de fornecer dados detalhados que sustentam uma gestão orientada por dados, uma característica essencial

na transição eficaz para a servitização digital, como destacado por Frank *et al.* (2019). Essa abordagem reforça a importância da digitalização na criação de valor e na sustentação de estratégias mais amplas de inovação tecnológica e de negócio.

### 5.2.7 Atividades-chave

As principais atividades realizadas pela empresa incluem monitoramento remoto, consultoria e projetos customizados, análise de dados e manutenção preventiva. Diariamente, a empresa monitora instalações fotovoltaicas por meio de *softwares* dos cinco fabricantes, verificando remotamente o desempenho dos sistemas e intervindo proativamente antes que os clientes percebam problemas. Esta prática está alinhada com Coreynen *et al.* (2017), que destacam o monitoramento remoto como essencial à servitização digital, permitindo manutenção preditiva e valorização significativa pelos clientes.

Associada ao monitoramento, a empresa realiza manutenção preventiva dos equipamentos, que inclui: limpezas periódicas, termografia para detecção precoce de falhas e reparos emergenciais. Essa abordagem está em conformidade com o conceito de sistemas bens-serviços orientados ao uso, discutido por Baines *et al.* (2020), onde o fornecedor assume a responsabilidade pelo desempenho do produto, otimizando sua vida útil e minimizando falhas.

Essas atividades identificadas se alinham plenamente com os elementos centrais da servitização digital abordados por Eggert *et al.* (2022), que enfatizam o uso intenso de plataformas digitais para maximizar o valor dos serviços por meio do monitoramento em tempo real e manutenção preditiva. No entanto, algumas atividades associadas envolvem maiores custos e complexidades operacionais, como o monitoramento digital contínuo, o gerenciamento logístico e de fornecedores, ações corretivas, a diversificação de fornecedores e a capacitação interna contínua.

O gerenciamento logístico e de fornecedores impõe desafios, principalmente relacionados ao tempo de entrega de materiais, como placas solares e inversores, exigindo uma gestão eficiente para evitar atrasos e insatisfações. Lv e Chen (2024) enfatizam que uma gestão digital eficiente da cadeia de suprimentos é crucial para evitar custos adicionais e perdas operacionais.

As ações corretivas também possuem custo elevado, em falhas que requerem substituição de componentes como inversores e módulos solares. Conforme indicado por Baines *et al.* (2020), ações corretivas tendem a ser complexas, caras e afetam negativamente a

rentabilidade dos contratos. Para lidar com essas questões, a empresa aplica algumas estratégias operacionais:

- a) Monitoramento preventivo intensivo: reduz a frequência e gravidade das ações corretivas por meio da digitalização;
- b) Capacitação interna contínua: realiza treinamentos internos constantes para melhorar a eficiência operacional e reduzir custos de retrabalho;
- c) Avaliação constante dos custos e margens: gerenciar estrategicamente projetos com base em sua rentabilidade prevista, aplicando precificação diferenciada.

Essas estratégias demonstram a capacidade da empresa em lidar proativamente com os desafios associados à servitização digital, garantindo eficiência operacional, sustentabilidade econômica e alto valor percebido pelos clientes.

### 5.2.8 Estrutura de custos

A empresa adota estratégias como a incorporação dos custos de serviços dentro do orçamento inicial, evitando cobranças adicionais que poderiam ser vistas negativamente pelo usuário. Essa abordagem permite garantir previsibilidade financeira e manutenção da competitividade, como revelado no seguinte trecho: *“A consultoria já está embutida no orçamento [...] então a gente não presta só consultoria, já faz a consultoria para fazer a venda”* (relato do gestor A). Essa abordagem está alinhada às recomendações de Eggert *et al.* (2022), que destacam a importância de prever custos relacionados aos serviços no preço final do produto.

Outro aspecto relevante é a gestão do estoque e das aquisições estratégicas, que permite negociar melhores preços com fornecedores e minimizar custos operacionais e riscos financeiros. A compra de material é realizada com base na demanda, mas também no mercado. O gestor B, destaca que a compra dos materiais possui variações: *“depende da época de compra, comprar melhor (mais barato), comprar um volume maior de pedido, consegue um desconto maior ao fornecedor”*. Este gerenciamento corrobora a literatura sobre a importância da gestão da cadeia de suprimentos no contexto da servitização digital, como apontado por Tóth *et al.* (2022), o que ressalta que uma relação estável e estratégica com fornecedores é crucial para manter o equilíbrio financeiro em longo prazo.

Esse aspecto costuma ser subestimado, embora esteja diretamente relacionado às dificuldades enfrentadas na cadeia logística internacional, incluindo atrasos no transporte e entraves alfandegários. Tais obstáculos impactam negativamente a execução dos projetos,

podendo resultar em multas contratuais e prejuízos financeiros significativos. Essa situação foi apontada pelo entrevistado (gestor A), como um risco financeiro expressivo e constante: *“Agora no início do ano, vários fornecedores entraram no vermelho por causa da questão documental [...] atrasou 60 dias todos os pedidos que tinha”*. Esse relato, está em sintonia com os desafios citados por Lv e Chen (2024), que alertam sobre vulnerabilidades logísticas no contexto global, em cadeias que dependem fortemente de importação, como o setor fotovoltaico.

Com relação aos custos de manutenção, alguns custos estão associados diretamente à mão de obra especializada, manutenção e monitoramento remoto dos sistemas instalados, bem como custos operacionais relacionados à estrutura da empresa e tributação. O gestor A exemplifica um caso de manutenção/limpeza de placas: *“em um serviço de limpeza em um sistema que consiste em 23 placas, o valor é cobrado é de aproximadamente R\$950 reais e demanda em média duas horas para execução. Entenda que nessas duas horas eu deixei de agregar em uma obra que seria mais interessante para a empresa”*. Essa percepção é coerente com os estudos de Coreynen *et al.* (2017) e Baines *et al.* (2020) enfatizam que os custos operacionais em modelos servitizados frequentemente se relacionam à gestão de recursos humanos, logística e estrutura técnica, necessários para garantir a qualidade e eficiência do serviço prestado.

Os gestores destacaram, ainda, a questão dos custos inesperados relacionados a falhas técnicas e problemas operacionais não previstos de maneira inicial. Como exemplo, gestor B destaca: *“Infelizmente teve um cliente que derreteu o módulo de uma placa, abriu um buraco no meio. [...] A gente percebeu pelo nosso monitoramento”*. Essa situação ressalta a importância do monitoramento constante, que funciona como um mecanismo preditivo para reduzir impactos financeiros maiores, especialmente aqueles relacionados a reparos emergenciais e riscos de segurança. Coreynen *et al.* (2017) destacaram a relevância do monitoramento remoto como atividade-chave para mitigar custos inesperados e ampliar o valor percebido pelo cliente em modelos servitizados.

### **5.2.9 Aplicação prática do modelo frente aos desafios da empresa analisada.**

Com base na análise qualitativa realizada a partir das entrevistas semiestruturadas e da observação *in loco*, foi possível identificar aspectos-chave da atuação da empresa, que inclui: desafios operacionais e oportunidades relacionadas à adoção de tecnologias digitais. Esses elementos refletem o estágio atual da organização em sua jornada rumo à servitização digital.

A fim de tornar evidente a aplicabilidade do modelo proposto, a Quadro 35 foi elaborado para sintetizar de forma comparativa, como os principais desafios, oportunidades e características observadas na empresa são contemplados por elementos específicos das fases, ações e processos do modelo. Esse exercício analítico permite verificar, de maneira prática, o alinhamento entre o modelo e a realidade organizacional estudada.



Quadro 35 – Servitização digital frente aos desafios e oportunidades da empresa analisada

| Item                                                                 | Classificação          | Justificativa                                                                             | Fases do fluxograma                              | Descrição da fase                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Desejo de expandir o portfólio com serviços.                         | Oportunidade           | Intenção estratégica que pode impulsionar inovação e novos serviços.                      | Fase 1 – Diagnóstico estratégico                 | Diagnóstico estratégico: identificação de oportunidades de novos serviços e análise de tendências de mercado.                                                                  |
| Participação em eventos do setor.                                    | Oportunidade           | Abertura para benchmarking, inovação e construção de rede de parcerias.                   |                                                  | Diagnóstico estratégico: <i>benchmarking</i> e análise de tendências externas para fortalecer o posicionamento digital.                                                        |
| Falta de estrutura digital consolidada.                              | Desafio                | Limitação interna pode impedir a adoção eficaz de tecnologias digitais.                   | Fase 2 – Preparação interna para a transformação | Preparação para transformação: ações para capacitação, investimento em infraestrutura digital e adoção de tecnologias habilitadoras ( <i>IoT</i> , <i>software</i> de gestão). |
| Monitoramento diário realizado por projetista – setor de engenharia. | Desafio                | Processo ainda operacional e dependente de intervenção humana.                            | Fase 3 – Implementação do modelo digital         | Integração dos serviços digitais: implementação de sistemas automatizados e <i>dashboards</i> de operação.                                                                     |
| Forte relacionamento com o cliente.                                  | Oportunidade           | Capacidade existente que pode ser potencializada com canais digitais.                     |                                                  | Relacionamento com o cliente e canais de entrega: canais digitais integrados (WhatsApp, app), manutenção proativa e <i>feedback</i> contínuo.                                  |
| Dependência de parcerias tecnológicas.                               | Desafio                | Pode ser uma força estratégica, mas também uma limitação se não houver autonomia digital. |                                                  | Alianças e estrutura operacional: parcerias estratégicas como fonte de inovação e suporte operacional.                                                                         |
| Inexistência de critérios de avaliação formal.                       | Desafio e Oportunidade | Falta de indicadores compromete a mensuração do desempenho e melhorias contínuas.         | Fase 4 – Monitoramento e melhoria contínua       | Monitoramento e melhoria contínua: indicadores específicos para desempenho, satisfação, eficiência e inovação                                                                  |

Fonte: elaborado pela autora.

A estrutura apresentada na Quadro 35 permite evidenciar, de forma prática e direcionada, o potencial do modelo em apoiar empresas do setor fotovoltaico na superação de desafios e na ampliação de suas capacidades digitais. A partir dessa análise, verificou-se que o modelo poderá contribuir tanto para o enfrentamento de limitações internas quanto para o aproveitamento de oportunidades externas. Dessa forma, apresenta-se como uma ferramenta gerencial adaptável, capaz de orientar organizações em diferentes estágios de maturidade digital na transição rumo a modelos de negócio mais integrados, digitais e orientados a serviços.

#### 5.2.10 Síntese dos desafios e percepções

Os principais desafios destacados pela empresa foram a complexidade na gestão multiplataforma e a necessidade de capacitação contínua (mão de obra). Entrevistados referiram-se à dificuldade no gerenciamento de múltiplas plataformas de monitoramento remoto, que demandam atenção contínua e protocolos específicos para cada fabricante de inversores. Este achado confirma o argumento de Eggert *et al.* (2022) e Nyffenegger *et al.* (2025), que apontam para a complexidade operacional como um desafio chave no contexto da digitalização dos serviços, especialmente quando empresas precisam integrar soluções de diferentes fornecedores.

Com relação à necessidade de capacitação contínua, foi identificado na entrevista a escassez de mão de obra qualificada, alinhando-se à afirmação do artigo sobre a necessidade crítica de competências especializadas para gerenciar adequadamente sistemas fotovoltaicos integrados com serviços digitais (Nyffenegger *et al.*, 2025).

Para mitigar os riscos e superar desafios financeiros e operacionais, a empresa diversifica as áreas de atuação. O gestor B, explicou que essa diversificação, permite à empresa manter estabilidade financeira mesmo em períodos de baixa demanda específica no setor fotovoltaico: *“O motivo foi sempre diversificar as áreas de atuação da empresa [...] O ano passado foi bem pertinente para demonstrar como foi importante essa diversificação de atividades”*. Este achado reforça os estudos de Lv e Chen (2024) e Nyffenegger *et al.* (2025), que mostram a relevância da diversificação estratégica como mecanismo crucial de mitigação de riscos e adaptação a mudanças de mercado.

Como tendências e inovações para o futuro do setor, os três entrevistados destacaram a importância da inovação tecnológica contínua e capacitação constante. O compromisso com a inovação tecnológica contínua é amplamente defendido na literatura como essencial para

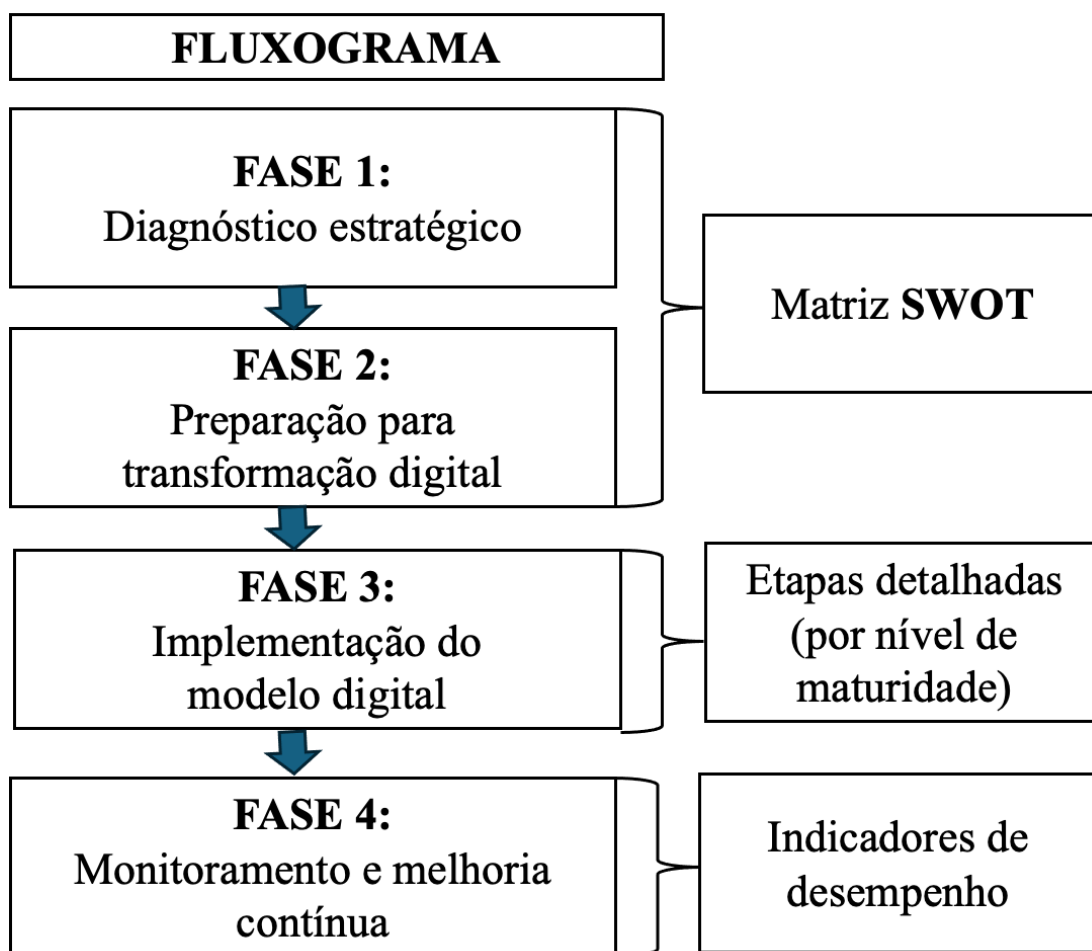
manter a competitividade e sustentabilidade em servitização digital (Coreynen *et al.*, 2017; Eggert *et al.*, 2022; Nyffenegger *et al.*, 2025).

Ainda, cabe destacar participação ativa em eventos do setor. Essa participação destaca como prática regular da empresa para identificar inovações e tendências futuras: “*Ano passado fomos à maior feira de energia solar [...] estamos sempre buscando entender as novas tecnologias e como aplicá-las melhor*” (gestor B). Essa prática de *networking* e atualização constante está em sintonia com as proposições teóricas de Baines *et al.* (2020), que indicam eventos setoriais como canais importantes para captura de tendências e construção de parcerias estratégicas.

### 5.3 APERFEIÇOAMENTO DO MODELO DE NEGÓCIO

O aprimoramento do modelo de negócio proposto decorre da síntese dos achados empíricos obtidos por meio da aplicação do questionário aos pesquisadores e do estudo de caso em uma empresa do setor fotovoltaico. Para ilustrar e detalhar esses aspectos, três figuras interligadas foram desenvolvidas, proporcionando uma visão abrangente e articulada do modelo de servitização digital. A Figura 37, ilustra essa dinâmica, permitindo compreender plenamente as relações e contribuições específicas de cada uma.

Figura 37 – Integração do modelo de servitização digital geral



Fonte: elaborado pela autora.

As Figuras 37 mostra a visão integrada do modelo de servitização digital desenvolvido nesta tese. O modelo é composto por quatro fases essenciais, cada uma com uma abordagem complementar- processual, analítica e prática, para apoiar a transição bem-sucedida das empresas, integrando aspectos tecnológicos, sustentáveis e organizacionais.

O fluxograma detalha essas quatro fases e está organizado em três decisões estratégicas e operacionais:

- a) **Matriz SWOT:** complementa o fluxograma ao identificar forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, oferecendo um diagnóstico estratégico para orientar a transição digital;
- b) **Etapas detalhadas:** representam o nível de maturidade da servitização digital (básica, intermediária e avançada), destacando as áreas-chave que as empresas devem desenvolver. Esta etapa estrutura nove elementos estratégicos em um modelo de negócio aplicável;

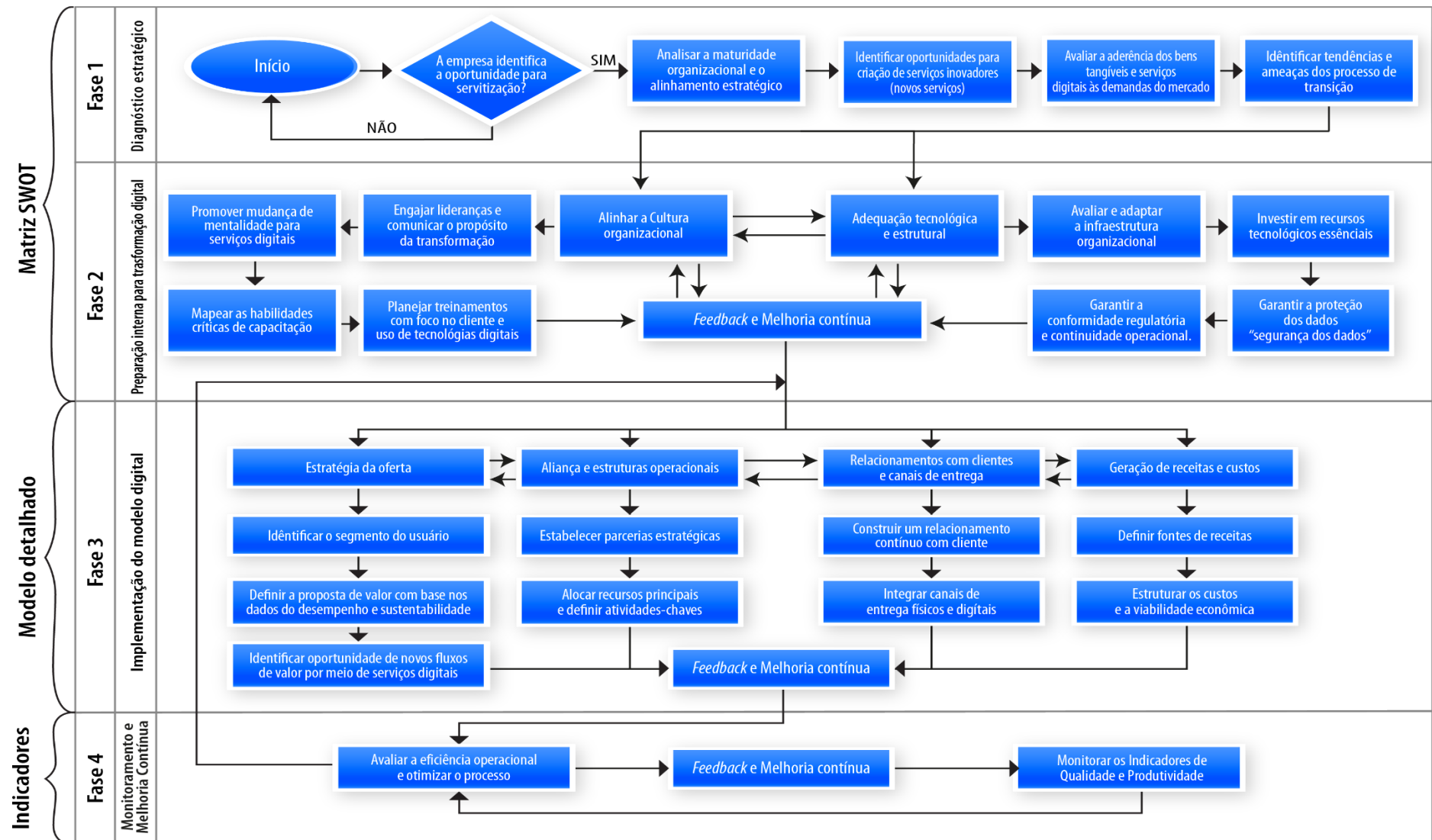
- c) **Indicadores de desempenho:** definem métricas específicas para monitorar a eficácia da servitização digital em cada fase. Permitem avaliar o alinhamento estratégico, a satisfação do cliente, a inovação tecnológica, a integração de serviços e a eficiência operacional, apoiando a melhoria contínua do modelo.

Essas representações, em conjunto, fornecem uma visão completa e articulada do modelo proposto, facilitando a compreensão dos aspectos conceituais e práticos necessários para uma implementação eficaz. Cada figura será discutida detalhadamente nas subseções seguintes, permitindo uma análise das contribuições e aplicações do modelo.

### 5.3.1 Fluxograma aprimorado

Os elementos foram representados no novo fluxograma (Figura 38), que contempla quatro fases interdependentes: (i) diagnóstico estratégico, (ii) preparação interna para a transformação digital, (iii) implementação do modelo digital: etapas detalhas, e (iv) monitoramento e melhoria contínua. Esta estrutura está diretamente alinhada com as contribuições de Kohtamäki *et al.* (2020) e Lv e Chen (2024), que enfatizam a necessidade de estratégias integradas para a transição digital sustentável.

Figura 38 – Modelo de servitização digital aprimorado



Fonte: elaborado pela autora, com base na revisão de literatura e dados empíricos.

A versão inicial do modelo (Figura 12) apresentava uma estrutura sequencial para a transição à servitização digital, com foco na mudança cultural, integração de serviços, estruturação do modelo de negócio e posterior monitoramento de desempenho. Contudo, tanto a análise das percepções dos pesquisadores (seção 5.1) quanto os achados do estudo de caso (seção 5.2) evidenciaram a necessidade de ajustes, especialmente para lidar com a complexidade operacional e com as especificidades de empresas de médio porte.

No estudo de caso, a empresa analisada caracteriza-se como sendo de porte médio. Embora a coleta de dados tenha ocorrido antes da obtenção das respostas dos pesquisadores, a condução paralela dessas etapas acabou revelando convergências significativas. A escolha da organização, ainda que não tenha tido como objetivo validar diretamente as percepções dos pesquisadores, foi fundamentada na literatura, que aponta as empresas de médio porte como contextos particularmente relevantes para estudos de servitização digital, devido sua capacidade potencial de adaptação e transformação, conforme discutido por autores como Cenamor, Sjödin e Parida (2017). Na prática, foram identificadas limitações concretas, como a necessidade de priorização de investimentos, a ausência de uma estrutura digital plenamente consolidada e a dependência de parcerias estratégicas para a adoção de tecnologias. Esses elementos também emergiram como desafios recorrentes nas recomendações dos pesquisadores.

A versão aprimorada do modelo (Figura 38), apresentada na seção 5.3, reformula de forma significativa a proposta. O modelo incorpora uma estrutura iterativa e multidimensional. A fase inicial foi ampliada para além da identificação de oportunidades de servitização. Isso inclui o diagnóstico da maturidade organizacional, oportunidade de criação de serviços inovadores (novos serviços), o alinhamento estratégico, a análise de tendências de mercado e a avaliação das ameaças tecnológicas. Esses aprimoramentos respondem diretamente às recomendações de Coreynen *et al.* (2018) e Kohtamäki, Einola e Rabetino (2020), que destacam a importância do diagnóstico estratégico como ponto de partida para processos de servitização digital bem-sucedidos.

Os aprimoramentos realizados no modelo respondem não apenas às recomendações teóricas de Coreynen *et al.* (2018) e Kohtamäki, Einola e Rabetino (2020) que enfatizam a relevância do diagnóstico estratégico como ponto de partida para processos de servitização digital bem-sucedidos, mas também às contribuições críticas dos pesquisadores.

No que tange à crítica feita pelo pesquisador E (questão 12) quanto à ausência de um espaço explícito para a criação de serviços inteiramente novos e não apenas como extensões de produtos existentes. Essa observação de fato foi especialmente relevante. O modelo inicial poderia induzir à interpretação de que os serviços servitizados surgem apenas como

complementos ao portfólio de produtos. No entanto, conforme argumentam Coreynen *et al.* (2018), a digitalização tem o potencial de gerar soluções inovadoras e disruptivas, que não necessariamente derivam de produtos previamente comercializados. Diante dessa constatação, a versão aprimorada do modelo passou a incorporar de maneira explícita essa possibilidade, reconhecendo que a inovação em serviços pode emergir de forma independente. Com isso, amplia-se a aplicabilidade do modelo a contextos empresariais diversos, especialmente aqueles em que a transformação digital exige abordagens mais radicais.

Outro ponto crítico levantado pelo estudioso E refere-se à necessidade de uma problematização aprofundada dos desafios enfrentados por empresas de pequeno e médio porte. O modelo inicial apresentava limitações ao não tratar esses aspectos de forma detalhada, carecendo de flexibilidade para representar a simultaneidade entre fases e a complexidade operacional desses contextos. Essa observação reforçou a importância de tornar o modelo dinâmico e sensível às realidades estruturais dessas organizações.

O segundo avanço substancial refere-se à ênfase na capacitação como eixo estruturante da transformação digital (fase 2). As entrevistas evidenciaram que a escassez de competências digitais e o baixo engajamento da liderança são barreiras críticas. Em resposta, foram incorporadas ações específicas, como mapeamento de habilidades, capacitações técnicas e fortalecimento da liderança transformacional. Essa abordagem está alinhada com os estudos de Favoretto *et al.* (2022), Shen, Sun e Parida (2023), Vendrell-Herrero *et al.* (2024) e Chávez *et al.* (2024), que apontam a capacitação organizacional como pré-condição para a digitalização orientada a serviços.

Ademais, o modelo avança no tratamento da infraestrutura tecnológica e da segurança da informação. Enquanto esses elementos eram abordados de maneira genérica na versão inicial, a nova proposta os reposiciona como componentes centrais e interdependentes. Foram incluídas etapas como a análise prévia da infraestrutura tecnológica, a realização de investimentos direcionados e a adoção de práticas de conformidade regulatória e proteção de dados, em consonância com as recomendações de Eggert *et al.* (2022), que destacam esses fatores como fundamentais para a operacionalização da servitização digital.

Na fase de implementação do modelo de negócio (fase 3), os nove blocos (segmentos) anteriormente propostos foram reorganizados em quatro macro temas: (i) estratégia de oferta, (ii) alianças e estrutura operacional, (iii) relacionamento com o cliente e canais de entrega, e (iv) geração de receitas e estrutura de custos. Essa reestruturação teve como objetivo melhorar a clareza das interdependências entre os elementos do modelo e facilitar sua aplicação. Além disso, foram incorporadas dimensões relacionadas à sustentabilidade e à viabilidade econômica,



respondendo às lacunas identificadas por Upadhyay *et al.* (2024), Vendrell-Herrero *et al.* (2024) e Chávez *et al.* (2024), que apontam dificuldades recorrentes na adoção de modelos servitizados, especialmente em setores emergentes.

Por fim, o modelo passou a contemplar de forma robusta o monitoramento e a melhoria contínua (fase 4). A nova estrutura propõe o uso de tecnologias como *IoT* e sistemas inteligentes para a coleta e análise em tempo real de dados operacionais, possibilitando ajustes iterativos, correção de desvios e resposta rápida às mudanças de mercado. Essa abordagem dinâmica foi validada tanto pelos dados obtidos na empresa estudada quanto pelas respostas dos pesquisadores, que reforçaram a importância de um modelo responsivo e orientado ao desempenho.

Em síntese, o modelo aprimorado evolui de uma lógica linear e funcional para uma estrutura sistêmica, adaptativa e orientada à inovação. Os ajustes incorporados refletem não apenas os achados empíricos desta pesquisa, mas também os principais direcionamentos da literatura sobre servitização digital. Com isso, o estudo visa, consolidar uma contribuição teórico-prática relevante para o setor fotovoltaico e para outras áreas que enfrentam desafios semelhantes no processo de digitalização e integração de serviços.

### 5.3.2 Diagnóstico estratégico para a transformação digital

Durante a aplicação do questionário, foi possível identificar uma lacuna recorrente apontada pelos respondentes: a ausência de uma representação clara das barreiras enfrentadas no processo de servitização digital. Em resposta a esse achado empírico, decidiu-se incorporar ao modelo proposto a matriz SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*), traduzindo para o português significa: Forças, Oportunidade, Fraquezas e Ameaças.

A escolha da ferramenta SWOT, justifica-se por sua capacidade de integrar fatores internos e externos que influenciam o processo de servitização digital em empresas fotovoltaicas. Trata-se de uma técnica consolidada na literatura de gestão estratégica (Helms; Nixon, 2010; Gurel; Tat, 2017), amplamente utilizada em pesquisas que visam estruturar diagnósticos situacionais e apoiar a formulação de estratégias.

No presente estudo, a SWOT mostrou-se adequada para identificar, de forma sistemática, as forças e fraquezas organizacionais associadas à adoção de modelos servitizados digitais, bem como as oportunidades e ameaças provenientes do ambiente tecnológico e competitivo. A transição para a servitização exige um equilíbrio entre aproveitar as oportunidades e mitigar as fraquezas e ameaças. Nesse contexto, é essencial distinguir entre

desafios (fatores internos) e barreiras (fatores externos) conforme observado na seção - 2.2 Fatores que interferem na transição da servitização. Os desafios estão relacionados a aspectos internos e gerenciais, como capacitação de equipes (Baines; Lightfoot; Kay, 2009; Reim; Sjodin; Parida, 2019), mudanças culturais (Neely, 2008; Dahmani *et al.*, 2016; Zhang; Banerji, 2017; Nudurupati *et al.*, 2016; Ambroise; Pri-Allaz; Teyssier, 2018; Yan *et al.*, 2019; Xing; Liu; Davies, 2023) e reestruturação de processos, que exigem estratégias organizacionais, mas não impedem diretamente a transformação.

Já as barreiras referem-se a obstáculos estruturais e sistêmicos, geralmente externos à organização, como limitações tecnológicas (Upadhayay *et al.*, 2024), entraves regulatórios (Shen; Sun; Parida, 2023) e dificuldades de interoperabilidade (diferentes sistemas se conversarem, conforme observado no estudo de caso), que podem restringir ou até bloquear o avanço da servitização digital. Conforme evidenciado por Reim *et al.* (2019) e Chirumalla *et al.* (2023), tais barreiras impactam diretamente a viabilidade da digitalização de serviços, enquanto autores como Kohtamäki *et al.* (2020) e Eggert *et al.* (2022) enfatizam os desafios internos que, embora complexos, podem ser superados com gestão estratégica.

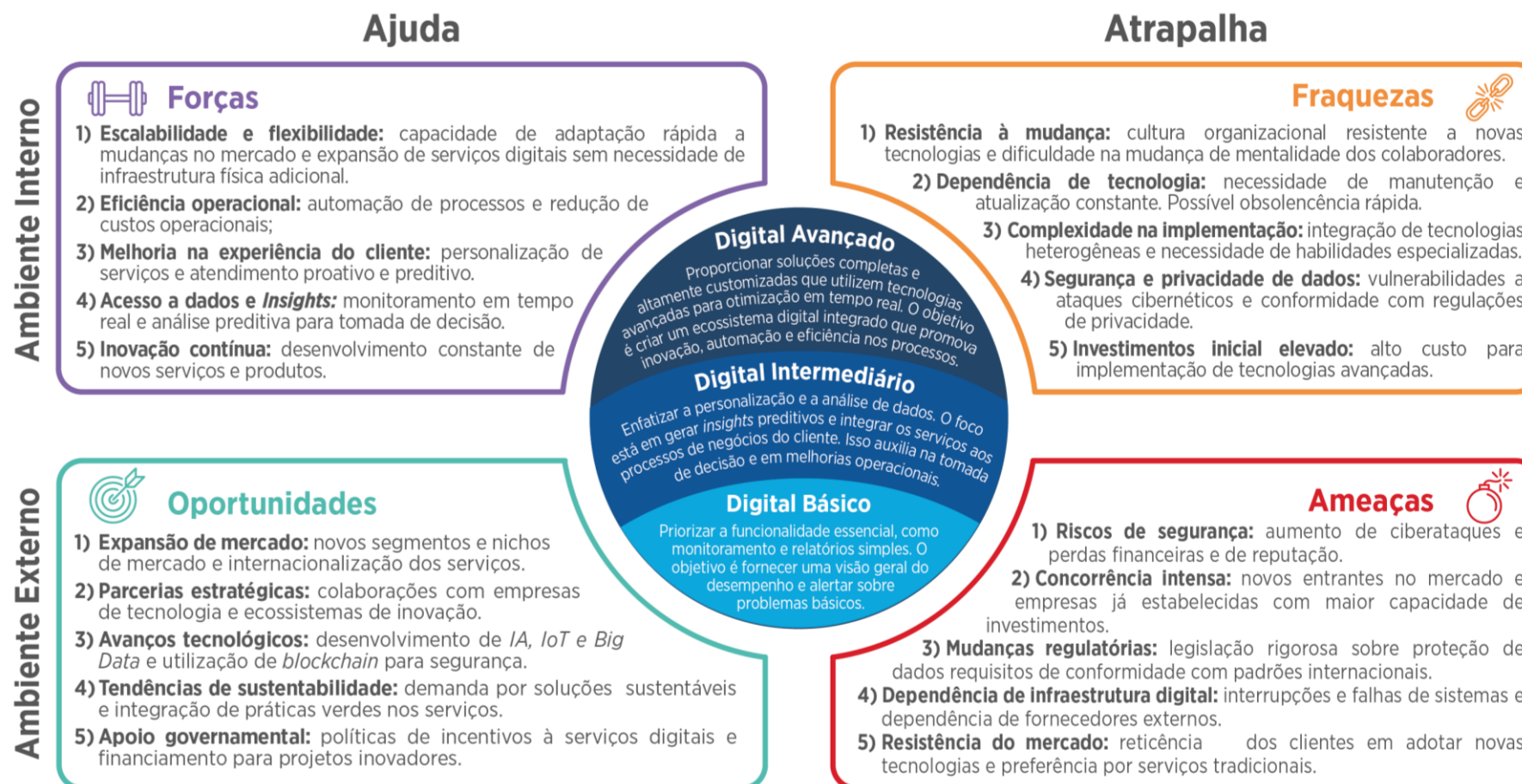
Do ponto de vista externo, a servitização apresenta oportunidades promissoras, como o avanço de tecnologias emergentes em relação a *IA* e *IoT* (Shen; Sun; Parida, 2023) e as tendências de sustentabilidade (Upadhayay *et al.*, 2024; Chávez *et al.* (2024). Não obstante, as ameaças, como a concorrência intensa e os riscos de segurança, destacam-se a importância de construção de parcerias sólidas (Neely, 2008; Alghisi; Saccani, 2015; Kumar *et al.*, 2024).

A análise SWOT reforça que a transição para a servitização exige um equilíbrio entre aproveitar as oportunidades e mitigar as fraquezas e ameaças. Nesse contexto, é essencial distinguir entre desafios (fatores internos) e barreiras (fatores externos) conforme observado na seção - 2.2 Fatores que interferem na transição da servitização. Os desafios estão relacionados a aspectos internos e gerenciais, como capacitação de equipes (Baines; Lightfoot; Kay, 2009; Reim; Sjodin; Parida, 2019), mudanças culturais (Neely, 2008; Dahmani *et al.*, 2016; Zhang; Banerji, 2017; Nudurupati *et al.*, 2016; Ambroise; Pri-Allaz; Teyssier, 2018; Yan *et al.*, 2019; Xing; Liu; Davies, 2023) e reestruturação de processos, que exigem estratégias organizacionais, mas não impedem diretamente a transformação. Já as barreiras referem-se a obstáculos estruturais e sistêmicos, geralmente externos à organização, como limitações tecnológicas (Upadhayay *et al.*, 2024), entraves regulatórios (Shen; Sun; Parida, 2023) e dificuldades de interoperabilidade (diferentes sistemas se conversarem, conforme observado no estudo de caso), que podem restringir ou até bloquear o avanço da servitização digital. Conforme evidenciado por Reim *et al.* (2019) e Chirumalla *et al.* (2023), tais barreiras impactam

diretamente a viabilidade da digitalização de serviços, enquanto autores como Kohtamäki *et al.* (2020) e Eggert *et al.* (2022) enfatizam os desafios internos que, embora complexos, podem ser superados com gestão estratégica.

Apesar de diversos estudos já terem explorado esses fatores sob diferentes perspectivas (Zhang; Banerji, 2017; Iriarte *et al.*, 2019; Reim; Sjödin; Parida, 2019; Chirumalla; Leoni; Oghazi, 2023; Chávez *et al.*, 2023), ainda há pouco entendimento sobre os impactos concretos que exercem no processo de transição. Os fatores identificados na literatura, juntamente com os achados da pesquisa empírica (Apêndices A e B), sustentam o modelo de negócio proposto para a servitização digital. A Figura 39 apresenta uma matriz SWOT geral, adaptável a diferentes setores, que sintetiza essas dimensões.

Figura 39 – Matriz SWOT para servitização digital geral



Fonte: elaborado pela autora com base na etapa teórica.

A matriz SWOT da servitização digital geral (Figura 39) foi elaborada com base na revisão sistemática da literatura, reunindo os principais fatores internos e externos que influenciam a adoção de modelos baseados em serviços digitais em diferentes contextos organizacionais.

As fraquezas e ameaças revelam barreiras objetivas e contextuais. A decisão de apresentá-las por meio da matriz SWOT teve como objetivo tornar esses elementos mais visíveis e compreensíveis. Essa escolha também responde diretamente às observações da etapa empírica do questionário, reforçando a importância da transparência e da aplicabilidade do modelo proposto.

No modelo inicial, tais barreiras estavam presentes, mas eram abordadas de maneira implícita no fluxograma, o que dificultava uma leitura clara e precisa por parte dos avaliadores e pesquisadores. Na forma de representação de matriz, essas barreiras passam a ser destacadas de forma estruturada. Isso facilita a identificação dos pontos críticos e contribui para uma melhor compreensão das fragilidades e dos riscos associados à transição para a servitização digital. Essa escolha também responde diretamente às observações coletadas na etapa empírica do questionário, reforçando a importância da transparência e da aplicabilidade do modelo proposto.

As fraquezas evidenciam limitações estruturais e culturais comuns em processos de transformação digital. A baixa capacidade de análise de dados, devido à dificuldade de integração dos sistemas entre as diferentes plataformas, a ausência de uma cultura orientada ao serviço e a dificuldade de mensuração do valor entregue por serviços digitais são entraves amplamente reconhecidos na literatura (Baines *et al.*, 2017; Gebauer *et al.*, 2020). A resistência interna à mudança tecnológica também foi identificada como fator crítico, especialmente em organizações com estruturas hierárquicas rígidas (Neely, 2008; Dahmani *et al.*, 2016; Zhang; Banerji, 2017; Nudurupati *et al.*, 2016; Ambroise; Prim-Allaz; Teyssier, 2018; Yan *et al.*, 2019; Dmitrijeva *et al.*, 2020; Ulaga; Kowalkowski, 2022).

Em contrapartida, as ameaças observadas incluem entraves regulatórios (Neely, 2008; Iriarte *et al.*, 2019; Dmitrijeva *et al.*, 2019) altos custos iniciais de investimento (Favoretto *et al.*, 2022; Shen; Sun; Parida, 2023; Chávez *et al.*, 2023; Chirumalla; Leoni; Oghazi, 2023) e desafios relacionados à padronização de tecnologias digitais. Além disso, a vulnerabilidade a ataques cibernéticos (Kumar *et al.*, 2024) e a dificuldade de aceitação por parte de clientes com baixa maturidade digital compõem riscos significativos para o sucesso da servitização digital (Frank *et al.*, 2019; Eggert *et al.*, 2022).

Já as forças e oportunidades sinalizam competências adquiridas e tendências favoráveis ao avanço da servitização, tais como capacitação digital, inovação em serviços e abertura do mercado. Dessa forma, a matriz SWOT não apenas sintetiza os elementos críticos identificados nas etapas anteriores, mas também fornece uma base estratégica para orientar ações de mitigação de riscos e aproveitamento de oportunidades, fortalecendo o processo de transição digital nas organizações.

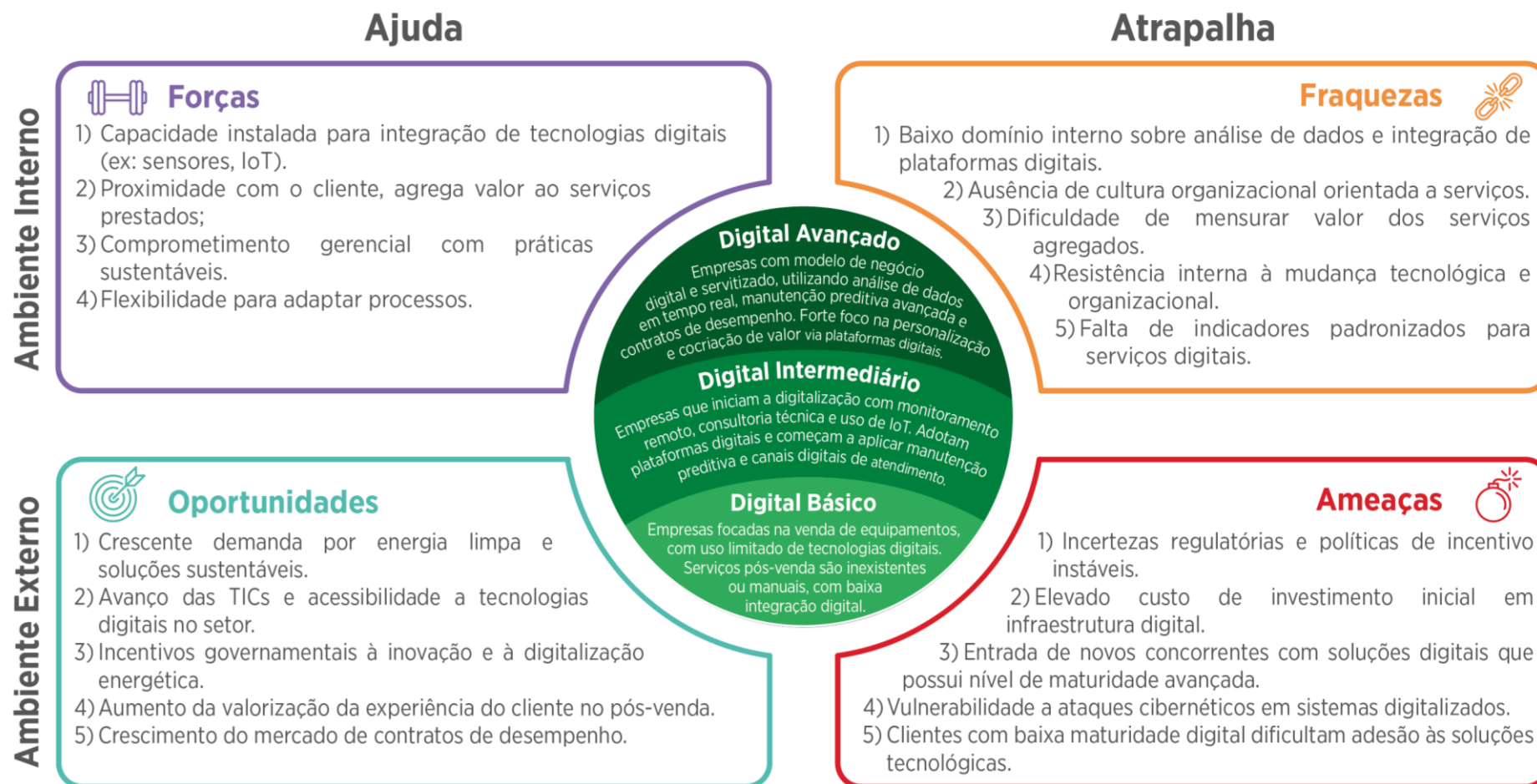
As forças observadas, destaca-se a capacidade instalada para integração de tecnologias digitais, como sensores inteligentes e plataformas *IoT*, o que reforça a maturidade tecnológica de diversas indústrias no cenário atual (Coreynen *et al.*, 2017; Rymaszewska *et al.*, 2017). Outro aspecto positivo identificado é o comprometimento crescente com políticas sustentáveis, alinhado à crescente pressão por transições verdes e digitais (Lv; Chen, 2024).

No ambiente externo, destacam-se oportunidades estratégicas associadas à crescente demanda por soluções digitais sustentáveis, à ampliação do acesso a tecnologias emergentes e à valorização de modelos de negócio orientados à experiência do cliente (Kohtamäki *et al.*, 2020; Paschou *et al.*, 2020). A digitalização, nesse contexto, deixa de ser um diferencial e passa a ser um requisito competitivo, como evidenciado no estudo de caso, ao promover agilidade organizacional e favorecer o desempenho da empresa.

A síntese dessa matriz permite compreender os elementos críticos que devem ser considerados na elaboração de estratégias robustas para transição digital com foco em serviços. Embora apresente barreiras relevantes, o cenário geral oferece amplas possibilidades de inovação, desde que sejam desenvolvidas capacidades organizacionais adaptativas e estratégias de mitigação dos riscos identificados.

Dando continuidade à análise, a Figura 40 apresenta a matriz SWOT aplicada ao setor fotovoltaico, construída com base nos dados empíricos coletados durante o estudo de caso. Essa matriz possibilita uma leitura direcionada das dinâmicas do setor, evidenciando particularidades, potencialidades e fragilidades que influenciam a adoção de modelos servitizados nesse contexto.

Figura 40 – Matriz SWOT para servitização digital no setor fotovoltaico



Fonte: elaborado pela autora com base na etapa empírica.

A matriz SWOT aplicada ao setor fotovoltaico (Figura 40) reflete os achados empíricos desta pesquisa, obtidos por meio de entrevistas semiestruturadas, observação *in loco* e análise documental de uma empresa de médio porte do setor. Esse diagnóstico permitiu identificar especificidades e desafios concretos enfrentados pelas organizações na transição para a servitização digital, considerando as características técnicas, operacionais e culturais do segmento.

Entre as forças, destaca-se a estrutura organizacional flexível para adoção de novos processos, o que facilita a incorporação de tecnologias digitais. A experiência prévia com sistemas de monitoramento remoto e a valorização de práticas sustentáveis reforçam o potencial competitivo das empresas do setor, em consonância com os princípios de inovação orientada à sustentabilidade (Upadhayay *et al.*, 2024; Chávez *et al.*, 2024).

Contudo, as fraquezas identificadas são relevantes. A falta de uma cultura orientada para serviços e a dificuldade em mensurar os benefícios tangíveis das soluções digitais comprometem a percepção de valor pelos clientes, conforme apontado no estudo. Soma-se a isso o baixo domínio interno na integração de sistemas, devido ao uso de plataformas distintas, o que limita a atuação proativa com base em informações estratégicas.

Essa limitação está associada à dificuldade de integração entre os sistemas e fontes de dados, resultando em informações fragmentadas e dificultando análises consistentes. Soma-se a isso a carência de profissionais com competências analíticas e a inexistência de uma estratégia clara de governança de dados (Coreynen *et al.*, 2017; Kohtamäki *et al.*, 2019; Gebauer *et al.*, 2020; Chávez *et al.*, 2023). Como consequência, a personalização das propostas de valor digital torna-se limitada, reduzindo o potencial de diferenciação e competitividade no mercado.

As oportunidades observadas reforçam a atratividade do setor para investimentos em servitização digital. A crescente valorização de energia limpa, o aumento do interesse por serviços pós-venda, e o avanço das tecnologias de conectividade, oferecem uma base fértil para a criação de ofertas digitais customizadas e orientadas à experiência do usuário. Além disso, o surgimento de novos canais digitais de atendimento e gestão energética cria possibilidades de diversificação de receitas, fortalecendo o modelo de negócio digital servitizado.



No entanto, as ameaças específicas do setor também merecem atenção. Questões regulatórias e instabilidades nas políticas de incentivo impactam diretamente o investimento em inovação. Soma-se a isso o elevado custo inicial para digitalização dos processos, além da concorrência crescente com empresas que já operam com modelos digitais mais maduros. Observou-se, ainda, resistência cultural por parte de alguns clientes em aceitar soluções tecnológicas, dificultando o pleno aproveitamento das funcionalidades oferecidas.

Assim, a análise SWOT aplicada ao setor fotovoltaico confirma que, embora haja um cenário externo propício à inovação, é necessário superar os desafios internos de competência, cultura e gestão para que a servitização digital se torne efetiva. O modelo proposto nesta tese, quando aplicado a esse contexto, mostra-se como um instrumento viável para orientar essa transição, desde que adaptado à realidade e maturidade de cada organização.

#### *5.3.2.1 Proposta para minimizar as fraquezas e ameaças*

A fim de tornar evidente e aplicável ao modelo proposto, elaborou-se o Quadro 36, a qual realiza o cruzamento direto entre os desafios (interno=fraquezas) e as barreiras (externa=ameaças) identificadas com as respectivas fases e etapas do modelo de servitização digital apresentado na tese. Esse exercício permite demonstrar, de forma estruturada, como as ações previstas no modelo contribuem para mitigar ou superar tais barreiras, evidenciando a consistência prática e a capacidade de resposta da abordagem proposta.

Quadro 36 – Vínculo das fraquezas e ameaças às etapas do modelo de servitização digital

| <b>Tipo</b>                            | <b>Descrição</b>                                                       | <b>Proposta de minimização</b>                                                                                                   | <b>Fase do modelo (fluxograma)</b>               |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Fraquezas</b><br>(desafios=interno) | Ausência de cultura orientada a serviços.                              | Promover mudança de mentalidade para serviços digitais.                                                                          | Fase 1 – Diagnóstico estratégico                 |
|                                        | Resistência interna à mudança tecnológica.                             | Promover mudança de mentalidade; engajar lideranças; capacitar colaboradores; criar canais de escuta e mostrar ganhos tangíveis. | Fase 2 – Preparação interna para a transformação |
|                                        | Informações fragmentadas e falta de governança de dados.               | Garantir a proteção dos dados.                                                                                                   |                                                  |
|                                        | Carência de profissionais com competências analíticas.                 | Planejar treinamentos com foco no cliente e uso de tecnologias digitais.                                                         |                                                  |
|                                        | Dificuldade em mensurar os benefícios tangíveis das soluções digitais. | Definir a proposta de valor com base nos dados de desempenho e sustentabilidade.                                                 | Fase 3 – Implementação do modelo digital         |
|                                        | Baixo domínio na integração de sistemas distintos.                     | Alocar recursos principais e definir atividades-chave; adequar tecnologia e infraestrutura.                                      |                                                  |
|                                        | Falta de indicadores padronizados para serviços digitais.              | Monitorar indicadores de qualidade e produtividade.                                                                              | Fase 4 – Monitoramento e melhoria contínua       |
| <b>Ameaças</b><br>(barreiras=externo)  | Instabilidade regulatória e política de incentivos.                    | Garantir a conformidade regulatória e continuidade operacional; identificar tendências.                                          | Fase 2 – Preparação interna para a transformação |
|                                        | Elevado custo inicial da digitalização.                                | Investir em recursos tecnológicos essenciais e priorizar adequação tecnológica.                                                  |                                                  |
|                                        | Resistência cultural de clientes à adoção de soluções digitais.        | Mapear habilidades críticas de capacitação; construir relacionamento com cliente.                                                |                                                  |
|                                        | Concorrência com empresas digitalmente maduras.                        | Integrar canais físicos e digitais; construir relacionamento contínuo com cliente.                                               | Fase 3 – Implementação do modelo digital         |

Fonte: elaborado pela autora com base na etapa empírica.

Ao vincular as fraquezas e ameaças diagnosticadas com as ações específicas do modelo, observa-se que sua estrutura foi concebida de maneira a antecipar desafios recorrentes do setor, na forma de oferecer mecanismos para enfrentar a realidade organizacional.

No campo das fraquezas (internas), destacam-se questões relacionadas à cultura organizacional, à carência de competências analíticas e à fragmentação de dados. Esses elementos são abordados nas fases 1 e 2 do modelo, na forma que a empresa identifica a

oportunidade de para servitização digital, analisa a cultura organizacional e adequa a estruturação tecnológica. Já no que tange às ameaças (externas), como instabilidade regulatória, elevado custo de digitalização e concorrência com empresas maduras, o modelo contempla ações voltadas à conformidade normativa, racionalização de investimentos e fortalecimento do relacionamento com o cliente por meio de canais digitais integrados.

Além disso, a etapa de monitoramento e melhoria contínua (Fase 4) possibilita o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de indicadores de desempenho e produtividade. Essa fase contribui não apenas para o controle das operações, mas também para fortalecer uma cultura orientada a dados (Cui *et al.*, 2019), aspecto essencial para o sucesso da servitização digital.

Assim, a vinculação entre os fatores mapeados e as fases do modelo reforça sua aderência às condições reais do setor fotovoltaico, oferecendo um caminho viável para superar os obstáculos da transição sustentável e digitalmente orientada para modelos de negócio baseados em serviços.

### **5.3.3 Implementação do modelo digital**

Esta subseção tem como objetivo discutir os avanços e aperfeiçoamentos realizados na Fase 3 do modelo de servitização digital. A ênfase recai sobre a integração dos nove segmentos do modelo de negócio e a estruturação da implementação em quatro núcleos funcionais. Também são considerados os níveis de maturidade digital, tanto na perspectiva geral quanto no contexto específico do setor fotovoltaico, que, embora tenham permanecido constantes ao longo do estudo, tiveram sua aplicação potencializada com o novo arranjo do modelo.

#### *5.3.3.1 Da estrutura linear à integração estratégica*

A versão inicial foi estruturada de forma sequencial, ancorada nos elementos clássicos do *Business Model Canvas*. Embora contemplasse os blocos essenciais, a representação demonstrava sensibilidade limitada frente às dinâmicas da transformação

digital e à complexidade dos processos de servitização em empresas de base tecnológica e energética. Com base nos achados empíricos, essa etapa foi aprimorada. A versão atual organiza a fase de implementação em quatro núcleos estruturantes: (i) estratégia da oferta, (ii) alianças e estrutura operacional, (iii) relacionamento com o cliente e canais de entrega e (iv) geração de receitas e estrutura de custos.

Essa nova configuração favorece o alinhamento entre os componentes do modelo e as práticas digitais e sustentáveis, conforme representado nas figuras circulares (Figura 13 e Figura 14). A proposta busca apresentar uma abordagem prática, escalável e adaptável tanto ao setor fotovoltaico quanto a outros contextos industriais e tecnológicos.

O primeiro núcleo, estratégia da oferta, refere-se à definição clara do portfólio de soluções que combinam bens tangíveis, serviços e recursos digitais. Conforme Zhang *et al.* (2024), a configuração da oferta representa um dos pilares da lógica servitizada digital, pois estabelece o valor entregue ao cliente. A oferta deve considerar aspectos como personalização, escalabilidade e adaptabilidade (Dmitrijeva *et al.*, 2020; Ulaga; Kowalkowski, 2022). No setor fotovoltaico, isso compreende desde a comercialização dos sistemas até a disponibilização de serviços associados, como monitoramento remoto, manutenção preditiva e relatórios de eficiência energética.

O segundo núcleo, alianças e estrutura operacional, compreende a integração com parceiros e a reconfiguração dos processos internos como condições fundamentais para viabilizar a oferta servitizada. Kohtamäki *et al.* (2020) destacam que parcerias estratégicas ampliam as capacidades organizacionais e promovem o acesso a tecnologias, competências e dados. Este núcleo abrange tanto a estrutura interna, que deve ser orientada por dados e flexível, quanto alianças externas com fornecedores de tecnologia, instaladores e empresas de manutenção. A literatura também ressalta a relevância da interoperabilidade e da cocriação nesse contexto (Lenka *et al.*, 2017).

O terceiro núcleo, relacionamento com o cliente e canais de entrega, transforma a lógica de interação, exigindo canais digitais eficazes, comunicação contínua e atendimento personalizado. Conforme Gebauer *et al.* (2020), a servitização digital depende de pontos de contato estruturados e integrados, que vão desde a entrada do cliente até o suporte pós-venda. Essa estrutura inclui plataformas digitais, aplicativos (conforme apresentado Figura 33 e Figura 35), centrais de atendimento. Os achados do estudo de caso revelam que o

relacionamento contínuo representa um diferencial competitivo da empresa analisada frente aos seus concorrentes.

O quarto núcleo, geração de receitas e estrutura de custos, demanda uma reavaliação dos modelos de precificação e das fontes de receita. A estrutura de custos passa a incorporar investimentos em tecnologia, capacitação, integração de sistemas e suporte contínuo, o que requer uma abordagem estratégica da rentabilidade ao longo do ciclo de vida do sistema instalado.

Dessa forma, a Fase 3 do modelo foi aperfeiçoada, consolidando-se como um referencial operacional para a transição à servitização digital em empresas do setor fotovoltaico. A nova estrutura permite uma articulação mais eficaz entre os segmentos do modelo de negócio, embasada tanto na literatura quanto nas evidências empíricas.

#### **5.3.4 Monitoramento e melhoria contínua**

A Fase 4 introduz uma abordagem evolutiva e contínua. Ela reforça que a servitização digital não representa um ponto final, mas sim um processo permanente de adaptação e melhoria. Essa fase está estruturada em três blocos principais, que asseguram a sustentação e a maturidade do modelo ao longo do tempo: (i) avaliação da eficiência operacional e otimização dos processos, (ii) obtenção de *feedback* para ajustes, e (iii) monitoramento de indicadores de qualidade e produtividade.

O primeiro bloco envolve a análise crítica dos fluxos operacionais, tecnológicos e de atendimento, com foco na eliminação de ineficiências, automação de atividades e melhoria da experiência do cliente. Segundo Baines *et al.* (2020), a capacidade de aprimorar continuamente os serviços e suas interfaces digitais é um fator-chave para o êxito da servitização digital.

Em seguida, a obtenção de *feedback* contínuo, proveniente de usuários, *stakeholders* e sistemas digitais, fornece subsídios essenciais para ajustes táticos e estratégicos. Essa prática está alinhada à perspectiva defendida por Rymaszewska *et al.* (2017), que destacam a importância da retroalimentação baseada em dados no aprimoramento dos serviços digitais.

O terceiro bloco remete ao monitoramento sistemático dos indicadores e permite acompanhar o desempenho do modelo implantado em termos de eficiência, satisfação do cliente, geração de valor e sustentabilidade. Conforme discutido no item 4.4.2, esses indicadores devem refletir os objetivos estratégicos definidos nas fases anteriores e considerar as particularidades do setor fotovoltaico. Estudos como o de Coreynen *et al.* (2017) indicam que empresas que alinham seus indicadores à lógica da servitização apresentam maior capacidade de gerar valor de forma contínua. Para garantir que o modelo de servitização digital seja sustentado por práticas mensuráveis e orientadas à melhoria contínua, torna-se essencial a definição de critérios claros para avaliar o desempenho ao longo do processo.

Nesse contexto, o monitoramento sistemático dos indicadores permite não apenas acompanhar a eficácia das ações implementadas, mas também identificar oportunidades de ajustes e inovação. O Quadro 37, consolida os principais critérios utilizados para avaliação dos indicadores de desempenho, elementos, fator, formas de medição e ferramentas aplicáveis. Essa estrutura visa assegurar a coerência entre os objetivos estratégicos definidos e os resultados obtidos, permitindo uma gestão precisa e alinhada à lógica da servitização digital no setor de energia solar.

Quadro 37 – Critérios para avaliar os indicadores de desempenho

(continua)

| Gestão      | Categorias                       | Indicador                                                               | Elemento                | Fator                                                                               | Medida                                                                                                                                                       | Ferramenta                                                                                                                                                                                                      |
|-------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estratégico | 1. Alinhamento estratégico       | 1.1 Estratégia digital                                                  | Alinhamento estratégico | Alinhamento dos projetos com a estratégia digital da empresa.                       | Percentual de projetos que atendem aos critérios definidos como alinhados à estratégia digital.                                                              | - Planilha eletrônica ( <i>Excel/Google</i> ) com <i>checklist</i> de alinhamento por projeto; e<br>- Relatórios gerenciais mensais ou anuais.                                                                  |
|             | 2. Satisfação do cliente digital | 2.1 Satisfação com o atendimento <i>on-line</i> dos sistemas solares    | Satisfação do cliente   | Qualidade percebida no atendimento digital ao cliente.                              | Percentual de satisfação com base nas respostas a uma pesquisa pós-atendimento, de forma <i>on-line</i> ( <i>via chat, e-mail, aplicativo ou WhatsApp</i> ). | - Google <i>Forms</i> ou formulário embutido no sistema de atendimento;<br>- <i>WhatsApp Business</i> com automação de envio da pesquisa; e<br>- Planilha de controle ou painel de BI para consolidação mensal. |
|             |                                  | 2.2 Satisfação com a usabilidade das plataformas de monitoramento solar | Satisfação do cliente   | Usabilidade percebida pelo cliente nas plataformas digitais de monitoramento solar. | Percentual de usuários satisfeitos com base em pesquisa de usabilidade.                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                 |
|             |                                  | 2.3 Satisfação com a resolução de problemas                             | Satisfação do cliente   | Efetividade percebida na solução dos problemas técnicos relatados pelos clientes.   | Percentual de satisfação com base em pesquisa aplicada após a resolução do problema.                                                                         |                                                                                                                                                                                                                 |

Quadro 37 – Critérios para avaliar os indicadores de desempenho

(continua)

| Gestão | Categorias                           | Indicador                                                            | Elemento                    | Fator                                                                                                                                                                                                                        | Medida                                                                                                                                         | Ferramenta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tático | 3. Capacitação e treinamento digital | 3.1 Capacitação em ferramentas digitais para gestão de energia solar | Capacitação da equipe       | Grau de capacitação da equipe nas ferramentas digitais utilizadas para gerenciar sistemas de energia solar.                                                                                                                  | Percentual de colaboradores treinados, em relação ao total que necessita da capacitação.                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planilha de controle com filtros por setor, função e conclusão;</li> <li>- Plataforma de gestão de treinamentos da empresa; e</li> <li>- Aplicação de prova simples ou autoavaliação após o curso.</li> </ul>                                                                                                                                                                                  |
|        |                                      | 3.2 Capacitação em segurança digital                                 | Capacitação da equipe       | Grau de preparação dos colaboradores para lidar com riscos e boas práticas de segurança da informação no ambiente digital.                                                                                                   | Percentual de colaboradores capacitados em segurança digital no período de análise                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Google Forms (com questionário de fixação após aplicação de conteúdo);</li> <li>- Treinamento via plataforma interna;</li> <li>- Sistema de RH com registros de treinamentos; e</li> <li>- Planilha de controle com filtros por setor e função.</li> </ul>                                                                                                                                     |
|        |                                      | 3.3 Capacitação em novas tecnologias                                 | Capacitação da equipe       | Preparação da equipe para uso de novas tecnologias no contexto da gestão e operação de sistemas solares                                                                                                                      | Percentual de colaboradores capacitados em tecnologias recém-introduzidas (no último ciclo de inovação).                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planilha de capacitações com colunas para tecnologia introduzida e treinados;</li> <li>- Plataforma de EAD com módulos sobre as novas tecnologias a serem trabalhadas;</li> <li>- Certificados emitidos pelo fornecedor da tecnologia; e</li> <li>- Sistema de RH com registros de treinamentos.</li> </ul>                                                                                    |
|        | 4. Melhoria contínua                 | 4.1 Inovação e desenvolvimento tecnológico                           | Desenvolvimento tecnológico | Nível de investimento e aplicação em inovação tecnológica com base na maturidade da transformação digital (básica, intermediária e avançada) para melhoria de bens-tangíveis, processos e serviços no setor de energia solar | Percentual de projetos ou recursos destinados à inovação com base na maturidade em relação ao total de projetos/recursos do período analisado. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planilha de controle de projetos com campo “tipo de inovação”;</li> <li>- Relatório de orçamento/investimento em P&amp;D ou transformação digital;</li> <li>- Plano de inovação (se a empresa tiver), com metas e indicadores específicos; e</li> <li>- Aplicativo de gestão de portfólio de projetos com tag de inovação; e</li> <li>- Número de novos serviços lançados no ciclo.</li> </ul> |



Quadro 37 – Critérios para avaliar os indicadores de desempenho

(continua)

| Gestão      | Categorias                         | Indicador                                                                     | Elemento            | Fator                                                                                                                                                                  | Medida                                                                                                                             | Ferramenta                                                                                                                                                          |
|-------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Operacional | 5. Integração de serviços digitais | 5.1 Integração de <i>Hardware</i> e <i>Software</i> no setor de energia solar | Nível de integração | Nível de integração entre dispositivos físicos ( <i>hardware</i> ) e sistemas digitais ( <i>software</i> ) utilizados na operação e monitoramento de sistemas solares. | Percentual de unidades/plataformas com integração ativa entre <i>hardware</i> e <i>software</i> , em relação ao total em operação. | - Relatórios do sistema de monitoramento (conforme as plataformas utilizadas pela organização); e<br>- <i>Dashboard</i> técnico da equipe de operação e manutenção. |
|             |                                    | 5.2 Integração de sistemas de monitoramento e controle remoto                 | Nível de integração | Adoção de sistemas integrados que permitem o monitoramento e controle remoto dos sistemas fotovoltaicos.                                                               | Percentual de sistemas fotovoltaicos com monitoramento e controle remoto ativos, em relação ao total de sistemas instalados.       | - Relatórios extraídos de plataformas.                                                                                                                              |
|             |                                    | 5.3 Integração de suporte ao cliente em plataforma digitais                   | Nível de integração | Grau de digitalização do suporte ao cliente por meio de canais integrados ( <i>site</i> , <i>app</i> , <i>WhatsApp</i> , <i>chatbot</i> etc.)                          | Percentual de atendimentos realizados via canais digitais integrados, em relação ao total de atendimentos no período.              | - Relatório de atendimento da ferramenta utilizada (nos canais digitais).                                                                                           |

Quadro 37 – Critérios para avaliar os indicadores de desempenho

(continua)

| Gestão      | Categorias                              | Indicador                                                         | Elemento               | Fator                                                                                                                                               | Medida                                                                                                                         | Ferramenta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Operacional | 6. Eficiência de processos servitizados | 6.1 Eficiência na operação digital de sistemas solares            | Eficiência operacional | Desempenho operacional dos sistemas solares monitorados e gerenciados por meio de soluções digitais.                                                | Percentual médio de disponibilidade ou rendimento operacional dos sistemas digitais, em relação ao desempenho ideal projetado. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Softwares</i> de gestão solar (fornecidos com base nas parcerias principais);</li> <li>- Relatórios mensais com dados de disponibilidade e <i>performance</i>; e</li> <li>- <i>Dashboards</i> de operações e manutenção - plataforma digital.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                |
|             |                                         | 6.2 Eficiência na manutenção preditiva dos sistemas solares       | Eficiência operacional | Capacidade do sistema digital de monitoramento em prever falhas e permitir ações corretivas antes que ocorra uma interrupção ou queda de desempenho | Percentual de falhas evitadas por manutenção preditiva, em relação ao total de falhas identificadas                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas com alarmes e relatórios preditivos (das plataformas parceiras);</li> <li>- <i>Dashboards</i> de operações e manutenção - plataforma digital para controle de manutenção com ação preventiva / resultado;</li> <li>- Registro de chamados técnicos vinculados a alertas automáticos;</li> <li>- Registro e acompanhamento do tempo médio entre falhas; e</li> <li>- Registro e acompanhamento da redução percentual de falhas após implementação do sistema preditivo.</li> </ul> |
|             |                                         | 6.3 Eficiência na comunicação interna usando ferramentas digitais | Eficiência operacional | Agilidade e clareza na troca de informações entre colaboradores e setores via canais digitais oficiais.                                             | Percentual de mensagens ou solicitações resolvidas dentro do prazo padrão, por meio de plataformas digitais.                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Histórico de mensagens com filtros: “tempo de resposta”;</li> <li>- <i>Dashboards</i> com o número de acompanhamento de solicitações internas por setor, integração com sistemas internos de <i>help desk</i> ou Intranet.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                      |

Quadro 37 – Critérios para avaliar os indicadores de desempenho

(conclusão)

| Gestão      | Categorias                                                   | Indicador                                                 | Elemento          | Fator                                                                                                                                               | Medida                                                                                                 | Ferramenta                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Operacional | 7. Segurança e privacidade digital no setor de energia solar | 7.1 Conformidade com regulamentações de segurança digital | Segurança digital | Adesão da empresa às normas e leis vigentes relacionadas à segurança da informação e proteção de dados (ex: Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD)). | Percentual de requisitos de conformidade atendidos, com base em <i>checklist</i> de auditoria.         | - Planilha <i>Excel</i> com <i>checklist</i> das conformidades;<br>- <i>Software de compliance</i> ; e<br>- Relatório de auditoria interna ou consultoria externa anual.                                                                                                                                              |
|             |                                                              | 7.2 Incidentes de segurança                               | Segurança digital | Ocorrência de falhas, violações ou tentativas de ataque à segurança digital dos sistemas da empresa.                                                | Quantidade de incidentes de segurança registrados no período (mês, trimestre ou ano).                  | - Acompanhamento <i>Dashboards/ Excel</i> identificando os registros de incidentes (data, tipo, impacto, ação corretiva);<br>- Sistemas de monitoramento de segurança (ex: antivírus, <i>firewalls</i> entre outros); e<br>- Canal interno para registro de incidentes (via <i>help Desk</i> , e-mail ou formulário). |
|             |                                                              | 7.3 Proteção de dados pessoais                            | Segurança digital | Adoção de práticas e controles para garantir a segurança, integridade e confidencialidade dos dados pessoais sob responsabilidade da empresa.       | Percentual de medidas de proteção de dados implementadas, com base em <i>checklist</i> de conformidade | - Planilha de conformidade LGPD;<br>- Sistema de <i>compliance</i> com módulo de proteção de dados (LGPD).                                                                                                                                                                                                            |

Fonte: elaborada pela autora.

A estrutura apresentada no Quadro 37 evidencia a importância de um sistema de medição alinhado aos objetivos estratégicos da servitização digital. Ao organizar os indicadores por níveis de gestão, estratégico, tático e operacional, a proposta permite uma visão sistêmica do desempenho organizacional, abrangendo desde o alinhamento estratégico até aspectos técnicos de operação e segurança digital.

No nível estratégico, os indicadores estão voltados à estratégia digital e à satisfação do cliente. Isso reforça a centralidade do cliente e a necessidade de coerência entre planejamento e execução. Esses elementos são fundamentais para assegurar que os esforços de transformação digital estejam efetivamente direcionados à geração de valor.

No nível tático, os indicadores de capacitação e inovação tecnológica refletem a importância da preparação organizacional na sustentação da transição digital. A formação contínua da equipe e a introdução de novas tecnologias são aspectos alinhados aos achados da literatura, que apontam a qualificação interna como fator essencial para o sucesso da servitização digital (Rymaszewska *et al.*, 2017; Baines *et al.*, 2020).

No nível operacional, os indicadores de eficiência dos processos, integração de sistemas e segurança digital são relevantes para o setor de energia solar, que exige confiabilidade, automação e proteção de dados. A medição detalhada da *performance* dos sistemas, da manutenção preditiva e da comunicação interna oferece subsídios para decisões ágeis e orientadas por dados.

Essa análise reforça que a mensuração contínua é um pilar fundamental na transição para a servitização digital no setor fotovoltaico. A digitalização não deve ser tratada apenas como uma modernização tecnológica, mas como um processo estruturado que integra estratégia, operação e segurança. A adoção de métricas apropriadas permite às empresas garantirem eficiência operacional, otimizar o desempenho dos sistemas e assegurar conformidade regulatória. Com isso, ampliam sua competitividade e sustentabilidade no mercado.

O monitoramento contínuo dos indicadores também viabiliza a avaliação e o aprimoramento constante do modelo de negócio. Essa capacidade de adaptação é essencial em um cenário no qual os serviços estão fortemente vinculados a tecnologias, dados e comportamentos de usuários em constante transformação (Paschou *et al.*, 2020).

Empresas que mantêm ciclos sistemáticos de monitoramento e ajustes demonstram maior eficácia na geração de valor e na fidelização de clientes. A habilidade de interpretar dados, responder prontamente a falhas e ajustar suas ofertas conforme as necessidades do

mercado representa uma vantagem competitiva em contextos dinâmicos e orientados por inovação (Kohtamäki *et al.*, 2020).

Desse modo, a Fase 4 consolida o modelo de servitização digital como um sistema dinâmico, sustentado por processos contínuos de análise, otimização e reconfiguração. É nessa etapa que o modelo adquire robustez e flexibilidade, tornando-se apto a sustentar a diferenciação estratégica ao longo do tempo (Baines *et al.*, 2020).

### **5.3.5 Ajustes com base nas críticas dos pesquisadores**

A presente seção tem como intuito explicitar de forma sistematizada as principais críticas recebidas dos pesquisadores durante o processo de avaliação do modelo proposto. As contribuições dos avaliadores foram fundamentais para o aprimoramento do modelo, em relação a estrutura e aplicabilidade, promovendo aprofundamentos no texto e esclarecimentos importantes sobre o escopo da pesquisa. O Quadro 38, sintetiza cada crítica recebida referente pelos pesquisadores e o Quadro 39 apresenta as respectivas respostas e melhorias realizadas.

Quadro 38 – Síntese das críticas dos pesquisadores

(continua)

| Nº | Pergunta realizada                                                                                                                                                                             | Resposta/<br>pesquisador | Justificativa pela discordância                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | O que fazer para aprimorar o modelo?                                                 |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 08 | O modelo representa de forma coerente a transição para a servitização digital?                                                                                                                 | Discordância parcial (F) | <i>“Na parte de Estrutura Física, não ficou claro tais aspectos para uma servitização digital. Como a estrutura física da empresa se prepara para isso? Tem atividades relacionadas ao cliente, que não estão condizentes com a etapa de “estrutura” da empresa”.</i>                                                                                                                                                                                     | Reforçar a importância de um sistema dinâmico, responsivo e orientado à performance. |
| 09 | O fluxograma abrange os fatores críticos para a implementação da servitização digital?                                                                                                         | Discordância parcial (F) | <i>“Percebi apenas a questão da comunicação. Talvez outros aspectos tenham que estar mais claros”.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Revisar elementos de comunicação para maior clareza.                                 |
|    |                                                                                                                                                                                                | Discordância total (G)   | <i>Ausência de elementos relacionados à desservitização no modelo.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Verificar se o modelo abrange o contexto e desservitização.                          |
| 11 | Com relação a Figura 2 (questionário), a descrição da etapa representa a relação dos desafios atuais da digitalização?                                                                         | Discordância parcial (F) | <i>“Entendo as micro etapas. Mas não concordo que elas estejam colocadas como “desafios”.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Verificar e explicar a terminologia utilizada na representação.                      |
| 12 | Na sua opinião, o detalhamento da Figura 2 (questionário), pode ser ajustada para contemplar organizações de diferentes portes (pequenas, médias e grandes) que adotam a servitização digital? | Discordância parcial (E) | <i>“As evidências sugerem muitas dificuldades no processo de servitização em empresas de pequeno e médio porte. Acredito que para avaliar a figura precisaria de mais elementos sobre a problematização destes aspectos. Além disso, de forma geral, o modelo se apresenta de maneira linear, sem prever a ocorrência simultânea de muitas fases. Sinto falta também de lugar para serviços completamente novos, não apenas como adição de serviços”.</i> | Tornar o modelo flexível, iterativo e contemplar criação de novos serviços.          |
| 16 | O fluxograma apresenta um impacto significativo na melhoria da eficiência operacional?                                                                                                         | Impacto zero (F)         | Sem justificativa adicional.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Considerar revisão na proposta para aumentar percepção de impacto.                   |
| 17 | Qual é o impacto deste modelo na melhoria do atendimento e da experiência do cliente?                                                                                                          | Impacto baixo (F)        | Sem justificativa adicional.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Investigar formas de explicitar benefícios ao cliente.                               |

Quadro 38 – Síntese das críticas dos pesquisadores

(conclusão)

| Nº | Pergunta realizada                                                                                          | Resposta/<br>pesquisador                   | Justificativa pela discordância                                                                                                                                        | O que fazer para aprimorar o modelo?                             |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 19 | O Modelo abrange as barreiras críticas do processo de servitização digital?                                 | Não abrange (F)                            | <i>“Resistência organizacional, infraestrutura tecnológica inadequada, falta de capacitação de equipes, custos elevados de implementação, cultura organizacional”.</i> | Incluir abordagem explícita das barreiras.                       |
| 20 | Você acredita que o modelo poderia ser utilizado no processo de servitização digital no setor fotovoltaico? | Não, precisa de refinamento conceitual (F) | <i>“Não tenho competência para falar sobre o referido setor”.</i>                                                                                                      | Refinar fundamentos conceituais para ampliar aderência ao setor. |

Fonte: elaborada pela autora.

Quadro 39 – Resposta incorporadas e melhorias realizadas

(continua)

| Nº | Pergunta                                                                                                                                                                                       | Resposta/<br>pesquisador | Ajustes realizados e indicação do texto (melhorias)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 08 | O modelo representa de forma coerente a transição para a servitização digital?                                                                                                                 | Discordância parcial (F) | Foram inseridos trechos que discutem a infraestrutura organizacional e tecnológica necessária à transformação digital, destacando aspectos físicos e de TI (Figura 38 - Fluxograma). Seção 5.3.2 Diagnóstico estratégico e preparação interna para a transformação digital.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 09 | O fluxograma abrange os fatores críticos para a implementação da servitização digital?                                                                                                         | Discordância parcial (F) | A comunicação foi detalhada na seção 5.1.7 Impacto do modelo proposto evidenciando como esse fator crítico foi incorporado ao modelo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|    |                                                                                                                                                                                                | Discordância total (G)   | A ausência da perspectiva de desservitização foi reconhecida como uma limitação metodológica, conforme apresentado na seção 1.5 Delimitação e limitação da pesquisa. Contudo, esse aspecto foi apontado como oportunidade de aprofundamento em pesquisas futuras, visando o aprimoramento do modelo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11 | Com relação a Figura 2 (questionário), a descrição da etapa representa a relação dos desafios atuais da digitalização?                                                                         | Discordância parcial (F) | Foi mantida a estrutura original, mas inserida uma explicação conceitual em 5.1.6 Estrutura detalhada do modelo, esclarecendo que as micro etapas representam desafios práticos operacionais e não obstáculos teóricos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 12 | Na sua opinião, o detalhamento da Figura 2 (questionário), pode ser ajustada para contemplar organizações de diferentes portes (pequenas, médias e grandes) que adotam a servitização digital? | Discordância parcial (E) | O modelo foi aprimorado na seção 5.3.3.1 Da estrutura linear à integração estratégica, com a proposta de uma estrutura integrada e iterativa. Reconhece-se, ainda, a limitação de escopo quanto à aplicabilidade direta em PMEs (seção 1.5). Ainda, na Figura 38 foi incluído um componente específico que contempla a inovação em serviços, reforçando a capacidade do modelo de apoiar a concepção de novas ofertas no contexto da servitização digital. Tal inclusão busca responder à crítica apontada, ampliando a aplicabilidade do modelo e sua aderência a contextos de transformação disruptiva.                                                                                                              |
| 16 | O fluxograma apresenta um impacto significativo na melhoria da eficiência operacional?                                                                                                         | Impacto zero (F)         | Foram adicionados trechos (estudos) que reforçam como o modelo pode ser adaptado para maximizar ganhos operacionais. A divergência foi destacada em 5.1.7 e ilustrada pela Figura 27 – Impacto da eficiência Operacional.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 17 | Qual é o impacto deste modelo na melhoria do atendimento e da experiência do cliente?                                                                                                          | Impacto baixo (F)        | A seção 5.2.4 Relacionamento com os clientes, foi ampliada a partir das evidências empíricas do estudo de caso, detalhando os ganhos percebidos pelos clientes no contexto da servitização digital, como a oferta de consultoria especializada, manutenção proativa e interação digital personalizada. Esses elementos foram fundamentais para evidenciar o papel estratégico do relacionamento contínuo com o cliente na criação de valor. A Figura 38 ilustra como esse relacionamento é operacionalizado, por meio da construção de vínculos próximos, integração de canais físicos e digitais, e uso de tecnologias que favorecem a personalização da experiência do cliente ao longo do ciclo de vida do serviço. |



Quadro 39 – Resposta incorporadas e melhorias realizadas

(conclusão)

| Nº | Pergunta                                                                                                    | Resposta/<br>pesquisador                   | Ajustes realizados e indicação do texto (melhorias)                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 19 | O Modelo abrange as barreiras críticas do processo de servitização digital?                                 | Não abrange (F)                            | A Seção 5.3.2 remete ao diagnóstico estratégico para transformação digital diferencia de forma clara os desafios (fatores internos) das barreiras (fatores externos). Esses achados estão evidenciados na matriz SWOT – geral apresentada na Figura 39 e na Figura 40 – para o setor fotovoltaico.                     |
| 20 | Você acredita que o modelo poderia ser utilizado no processo de servitização digital no setor fotovoltaico? | Não, precisa de refinamento conceitual (F) | As Seções 5.2 e 5.3 foram dedicadas à aplicação prática do modelo no contexto do setor fotovoltaico. O modelo aprimorado, apresentado na Figura 38, incorpora os ajustes sugeridos pelos pesquisadores e está fundamentado tanto teoricamente quanto empiricamente, com base nos dados coletados ao longo da pesquisa. |

Fonte: elaborada pela autora.

O Quadro 38 e o Quadro 39 apresentam, respectivamente, a síntese das críticas feitas pelos pesquisadores durante a etapa de avaliação do modelo proposto e as melhorias incorporadas em decorrência dessas contribuições. A análise cruzada entre os dois quadros evidencia que as críticas foram tratadas de maneira criteriosa, não se restringindo a correções pontuais nas figuras ou seções mencionadas pelos avaliadores. Ao contrário, a maioria dos apontamentos foi incorporada em um processo amplo de amadurecimento do modelo, articulando criticamente os achados da pesquisa empírica com a estrutura conceitual desenvolvida.

Cabe destacar que algumas observações não puderam ser respondidas de forma imediata ou isolada (na seção 5.1), exigindo reformulações na abordagem geral do modelo, que passaram a integrar discussões robustas nas seções analíticas e aplicadas da tese. Isso ocorreu, por exemplo, com críticas relacionadas à aplicabilidade do modelo em organizações de diferentes portes (Quadro 37, item 12) e à ausência de um olhar mais aprofundado sobre as barreiras críticas da servitização digital (item 19). Nessas situações, a resposta às críticas envolveu a reestruturação de tópicos como a integração iterativa das fases (seção 5.3.3.1), a diferenciação entre desafios e barreiras (seção 5.3.2) e o fortalecimento do diagnóstico estratégico com base nos dados coletados no estudo de caso, culminando em ajustes representados nas Figuras 37, 39 e 40.

Além disso, críticas como a percepção limitada do impacto na eficiência operacional e na experiência do cliente (itens 16 e 17) foram respondidas não apenas com acréscimos descritivos, mas com evidências empíricas que validaram as melhorias propostas. O relacionamento com os clientes, por exemplo, passou a ser descrito de maneira mais abrangente com base nas práticas observadas na empresa analisada, ampliando a seção 5.2.4 e fortalecendo a aderência prática do modelo.

Portanto, os Quadros 38 e Quadro 39 não devem serem lidos como um simples par de causa e efeito, mas sim, como parte de um processo contínuo de refinamento conceitual e empírico. A incorporação dessas sugestões permitiu a evolução do modelo inicial para uma proposta robusta, aplicável e aderente às particularidades do setor de energia solar. Além disso, reforçou-se a discussão sobre limitações. Esses ajustes também tornaram o modelo flexível e adaptável a realidade organizacional, que visa contribuir com a consolidação de um arcabouço teórico e prático que possa guiar futuras aplicações em contextos similares.

## 5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO

O estudo avança ao propor um modelo de servitização digital voltado ao setor de energia solar, integrando de forma inovadora, em relação à literatura consultada, as práticas digitais e sustentáveis em um modelo de negócios aplicável à realidade das empresas fotovoltaicas. Embora a mudança para modelos servitizados digital já seja amplamente discutida em vários setores, as formas existentes ainda carecem de aplicação prática, especialmente em setores emergentes, como é o caso do setor investigado, que necessitam de soluções adaptáveis e sustentáveis. Nesse sentido, a literatura revelou lacunas importantes, especialmente no que se refere à integração efetiva entre tecnologias digitais e práticas sustentáveis, bem como à operacionalização de modelos aplicados ao contexto da energia solar.

A análise dos modelos discutidos na literatura (Baines *et al.*, 2009; Coreynen *et al.*, 2017; Bigdeli *et al.*, 2021) evidencia que, embora tragam contribuições relevantes ao campo da servitização digital, ainda não contemplam as especificidades do setor fotovoltaico brasileiro nem integram de forma clara a dimensão sustentável. O modelo proposto avança justamente nesse sentido, ao apresentar uma representação estruturada que incorpora tais elementos, possibilitando uma aplicação prática ajustada às necessidades do setor e, simultaneamente, ampliando o debate acadêmico sobre o tema.

Essa lacuna também é destacada por estudos recentes. Lv e Chen (2024) enfatizaram a importância compreender como a transformação digital pode gerar efeitos econômicos e ambientais em áreas relacionadas à sustentabilidade. Essa lacuna é discutida neste estudo, ao investigar como as organizações podem realizar a transformação digital de maneira sustentável e integrar tecnologias emergentes como *IoT*, previsão analítica e plataformas inteligentes. Corroborando, Shen, Sun e Parida (2023) destacam a falta de pesquisas sobre o uso de tecnologias digitais para reduzir incertezas estratégicas e operacionais em transições organizacionais complexas. Apesar de considerarem progressos conceituais, os autores destacam a falta de modelos regulamentares que levem em conta contextos setoriais específicos e dinâmicos, como o da energia fotovoltaica.

Diante disso, esta pesquisa propõe um modelo estruturado em quatro fases que abrange, desde o alinhamento estratégico até o monitoramento e a melhoria contínua dos serviços digitais. A proposta apresenta como a integração coordenada entre capacidades organizacionais, tecnologias digitais e práticas sustentáveis pode gerar benefícios tangíveis, como aumento da competitividade, redução de riscos operacionais e maior valor percebido pelo cliente. A avaliação do modelo com pesquisadores e o estudo de caso possibilitaram confirmar

sua viabilidade, tornando-o uma ferramenta concreta para gestores que atuam em ambientes de inovação e transição digital no setor energético. O Quadro 40 apresenta os objetivos da tese e os resultados obtidos.

Quadro 40 – Objetivos *versus* avanço da literatura

| Objetivos específicos                                                                                                                        | Resultados                                                                                                                                                                                                  | O estudo avança:                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Explorar o papel das tecnologias digitais na transição para a servitização no setor energia solar.                                           | Modelagem de serviços digitais: inclusão de <i>IoT</i> , análise preditiva e monitoramento inteligente.                                                                                                     | Ampliação do entendimento sobre uso de tecnologias digitais ( <i>IoT</i> , análise preditiva) na servitização no setor fotovoltaico. |
| Avaliar a importância e o impacto das práticas sustentáveis na servitização das empresas de energia solar.                                   | Discussão sobre servitização verde, redução de emissões e eficiência energética.                                                                                                                            | Integração entre práticas sustentáveis e servitização digital, tema ainda incipiente na literatura.                                  |
| Desenvolver um modelo de negócio que integre práticas digitais e sustentáveis na transição para a servitização em empresas de energia solar. | Proposição de um modelo estruturado em quatro fases:<br>(1) Estratégia;<br>(2) Preparação para a servitização digital;<br>(3) Integração dos serviços digitais; e<br>(4) Monitoramento e melhoria contínua. | Apresentação de um modelo aplicável, adaptado à realidade de empresas com diferentes níveis de maturidade digital.                   |
| Avaliar a eficácia e a aplicabilidade do modelo de negócio proposto nas empresas fotovoltaicas no contexto prático.                          | Criação e organização de indicadores de desempenho específicos para suportar essa avaliação no contexto prático.                                                                                            | Contribuição prática para a mensuração da servitização digital por meio de indicadores aplicáveis no setor de energia solar.         |

Fonte: elaborado pela autora.

Os resultados obtidos, detalhados no Quadro 40, evidenciam que o estudo não apenas cumpre seus objetivos específicos, mas também contribui para o avanço da literatura. A aplicação de tecnologias como *IoT* e análise preditiva amplia o entendimento sobre a digitalização em setores emergentes. A abordagem da servitização verde, com foco na eficiência energética e na redução de emissões, promove uma integração ainda pouco explorada entre sustentabilidade e digitalização.

O modelo proposto é adaptável a diferentes níveis de maturidade digital, o que o torna relevante para empresas de pequeno, médio e grande porte. Por fim, sua avaliação empírica confere solidez teórica e aplicabilidade prática, superando a limitação de modelos anteriores que permanecem no campo conceitual. Para aprofundar essa discussão, o Quadro 41 sintetiza essas informações e um comparativo com os modelos existentes *versus* o modelo proposto.

Quadro 41 – Articulação entre o que os modelos existentes *versus* modelo proposto

| <b>Dimensão avaliada</b>         | <b>Literatura consultada</b>                                                                                                | <b>Modelo proposto (avança)</b>                                                         |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Abordagem conceitual             | <i>Frameworks</i> teóricos (Lenka <i>et al.</i> , 2018; Paschou <i>et al.</i> , 2020; Shen <i>et al.</i> , 2023).           | Estrutura conceitual guiada por aplicação prática.                                      |
| Capacidades organizacionais      | Ênfase em capacidades dinâmicas e cultural (Wallin; Parida; Isaksson, 2015; Chirumalla <i>et al.</i> , 2023).               | Detalhamento de etapas de mudança cultural e reestruturação organizacional.             |
| Adoção tecnológica               | Inovação e tecnologias (Cenamor; Sjödin; Parida, 2017; Coreynen <i>et al.</i> , 2017; Frank <i>et al.</i> , 2019).          | Integração de <i>IoT</i> , <i>IA</i> , <i>Big Data</i> com foco na aplicação setorial.  |
| Paradoxos e barreiras            | Discussão teórica de paradoxos (Eggert <i>et al.</i> , 2022; Tóth <i>et al.</i> , 2022).                                    | Inclusão de estratégias práticas para superação de barreiras críticas.                  |
| Setorialidade e sustentabilidade | Setores industriais variados e poucos aplicados (Chávez <i>et al.</i> , 2024; Upadhyay <i>et al.</i> , 2024).               | Aplicação ao setor fotovoltaico com enfoque em transformação verde-digital.             |
| Flexibilidade e adaptação        | Estruturas sequenciais ou rígidas (Rapaccini <i>et al.</i> , 2013; Adrodegari; Saccani, 2020).                              | Modelo adaptável a diferentes portes e maturidades digitais.                            |
| Avaliação empírica               | Modelos teóricos ou estudos exploratórios (Lenka <i>et al.</i> 2018; Paschou <i>et al.</i> , 2020; Shen <i>et al.</i> 2023) | Triangulação metodológica: pesquisadores mais estudo de caso real.                      |
| Foco no cliente e cocriação      | Estudos sobre experiência (Rymaszewska <i>et al.</i> , 2017; Sjödin <i>et al.</i> , 2020).                                  | Inclusão da jornada do cliente, canais digitais e <i>feedback</i> como parte do modelo. |

Fonte: elaborado pela autora.

A análise evidencia que, embora existam importantes contribuições sobre *frameworks* conceituais, capacidades organizacionais, digitalização e sustentabilidade, muitos estudos ainda apresentam limitações quanto à aplicabilidade prática, contextualização setorial e avaliação empírica. Nesse sentido, o modelo desenvolvido, visa avançar na literatura, apresentando conceito práticos e estruturados.

Além disso, a proposta incorpora a cocriação de valor, a experiência do cliente e o suporte à decisão, alinhados aos chamados da literatura (Eggert *et al.*, 2022; Shen; Sun; Parida, 2023) por modelos que conectem dimensões tecnológicas, organizacionais e de mercado. A diversificação dos serviços e o uso de inovações tecnológicas emergem como estratégias-chave para enfrentar instabilidades econômicas e regulatórias, ao mesmo tempo em que promovem a sustentabilidade operacional.

Pode-se considerar que o modelo gera inovação na medida que articular servitização, digitalização e sustentabilidade dentro de um mesmo arcabouço aplicado ao setor fotovoltaico. Ele avança em relação à literatura porque poucos trabalhos tratam essas dimensões de forma integrada, e gera contribuição prática ao oferecer diretrizes aplicáveis a empresas em transição

para modelos servitizados. Além disso, a triangulação metodológica, revisão sistemática, questionário com estudiosos e estudo de caso empírico, permitiu transformar lacunas conceituais em um modelo operacionalizável. Ou seja, não se trata apenas de reorganizar conhecimento, mas de propor um novo modo de tratar a questão, combinando teoria e prática em um contexto ainda pouco explorado.

#### **5.4.1 EVIDÊNCIA EMPÍRICA NO SETOR FOTOVOLTAICO**

O estudo revela como as empresas do setor fotovoltaico podem construir um modelo de negócios baseado em servitização digital mesmo com recursos limitados, desde que adotem uma postura estratégica e orientada à qualidade. A atuação proativa na prestação de serviços, o uso de monitoramento digital como diferencial competitivo e a integração organizacional emergente oferecem uma contribuição original à literatura nacional sobre servitização digital em áreas emergentes.

Ademais, foi possível constatar na empresa estudada, que a servitização não ocorre de forma abrupta, mas como um processo adaptativo, impulsionado por demandas do mercado, aprendizado interno e visão estratégica. A organização, demonstrou que mesmo em um ambiente regulatório incerto e com competição acirrada, é possível inovar e construir um modelo centrado em valor, contribuindo com práticas que podem ser replicadas por outras organizações do setor.

Os desafios identificados estão relacionados a falta de padronização nos processos de treinamento e manutenção, a dependência de plataformas externas, o que dificulta a integração e automatização dos dados, volatilidade do mercado e a incerteza regulatória, que impactam o planejamento de médio prazo, fragilidade da cadeia de suprimentos, que depende da importação de equipamentos e sofre com atrasos alfandegários. Esses desafios observados fornecem subsídios para o refinamento do modelo proposto na tese, conferindo-lhe aderência à realidade e robustez teórica.

O estudo avança no conhecimento sobre a servitização digital, oferecendo uma estrutura prática e aplicável para gestores e pesquisadores. Ao utilizar sistematicamente esses indicadores, as empresas de energia solar não apenas otimizam seu desempenho atual, mas também desenvolvem capacidades para garantir sua sustentabilidade e competitividade a longo prazo. A utilização desses indicadores pode ser vista como um componente estratégico essencial na transformação digital do setor fotovoltaico.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

A presente seção tem por propósito consolidar os principais achados da tese, articulando-os com as contribuições teóricas e práticas alcançadas ao longo da pesquisa. Inicialmente, serão apresentadas as contribuições teóricas e empíricas do estudo, com ênfase na originalidade do modelo proposto e na geração de evidências práticas no contexto do setor fotovoltaico brasileiro.

Na sequência, discute-se as limitações do trabalho, reconhecendo aspectos metodológicos e contextuais. Com base nessas limitações, é apresentada uma agenda estruturada de pesquisas futuras, que visa ampliar o escopo do conhecimento sobre servitização digital em setores emergentes. Por fim, esta seção se encerra com uma reflexão conclusiva sobre os impactos da pesquisa e destaca onde o estudo avança e qual a sua aplicabilidade na gestão de empresas que enfrentam os desafios da servitização digital sustentável.

### 6.1 LIMITAÇÃO DO ESTUDO E AGENDA DE PESQUISAS FUTURAS

Apesar das contribuições teóricas e práticas alcançadas, esta pesquisa possui limitações inerentes ao seu escopo e abordagem metodológica, que abrem caminho para futuras investigações. A adoção de um estudo de caso único, embora tenha permitido um aprofundamento qualitativo e contextualizado, limita a generalização dos resultados para diferentes realidades organizacionais. Além disso, a proposta a estruturação do modelo de servitização digital, embora avaliado por pesquisadores, ainda carecem de validação em múltiplos cenários.

Dessa forma, a continuidade dos estudos pode fortalecer e expandir as evidências apresentadas e explorar diferentes perspectivas teóricas, setoriais e tecnológicas. A seguir, são elencadas sete direções promissoras para o aprofundamento da temática que abordam, desde a validação empírica dos indicadores até o estudo da desservitização. Esses caminhos representam oportunidades para ampliar o entendimento sobre os desafios, limites e possibilidades da servitização digital em contextos complexos e dinâmicos, sendo eles:

- a) **Validação empírica dos indicadores:** pesquisas futuras poderão focar na validação empírica dos indicadores propostos, aplicando-os em empresas do setor fotovoltaico para avaliar como influenciam o desempenho, a inovação e a sustentabilidade em diferentes contextos organizacionais;

- b) **Desenvolvimento de ferramentas de avaliação:** criação de ferramentas para mensurar e acompanhar os indicadores propostos, que utilizam tecnologias emergentes como inteligência artificial, *big data* e *IoT*. Tais ferramentas, ao integrar e operacionalizar os indicadores de desempenho, permitem uma análise dinâmica, automatizada e precisa do desempenho organizacional. Dessa forma, visa contribuir para a evolução das práticas de gestão digital e a tomada de decisões estratégicas em empresas do setor fotovoltaico;
- c) **Impacto da transformação digital na sustentabilidade:** investigar como a transformação digital, impulsionada pela servitização, impacta as metas de sustentabilidade das empresas fotovoltaicas. Isso inclui a contribuição dos indicadores para a descarbonização, eficiência energética e uso de recursos renováveis;
- d) **Expansão para outros setores:** explorar a aplicabilidade em outros setores de energias renováveis, como eólica e biomassa. A comparação entre diferentes setores pode oferecer *insights* valiosos para a adoção da servitização digital em um contexto de forma ampla;
- e) **Múltiplas plataformas:** evidência empírica e teórica reforça a necessidade de gestão integrada e simplificada das plataformas digitais usadas em serviços fotovoltaicos. Estudos futuros poderão buscar soluções tecnológicas unificadas;
- f) **Aplicação em múltiplos casos:** a aplicação em múltiplos casos pode contribuir para identificar padrões de adoção, barreiras específicas por porte ou segmento, e estratégias diferenciadas de integração entre tecnologias digitais e práticas sustentáveis. Essa ampliação empírica enriquecerá a compreensão sobre a viabilidade do modelo e poderá gerar refinamentos adicionais;
- g) **Desservitização:** recomenda-se o aprofundamento da temática da desservitização, compreendida como o movimento de reversão parcial ou total do processo de servitização digital. Embora este trabalho tenha se concentrado na transição para modelos digitais de serviços, reconhece-se que, em determinados contextos, empresas podem optar por reduzir ou eliminar elementos servitizados devido a fatores como custos operacionais elevados, baixa adesão do mercado ou desafios na integração tecnológica. A investigação dessas situações pode ampliar a compreensão dos limites da servitização digital e permitir o desenvolvimento de modelos flexíveis e adaptáveis às dinâmicas organizacionais e às exigências de diferentes segmentos. Estudos que explorem os fatores que levam à



desservitização, impactos estratégicos e operacionais, bem como as lições aprendidas nesses processos, poderão contribuir para o avanço teórico e prático da área.

Em síntese, as possibilidades de aprofundamento indicadas demonstram que a temática da servitização digital no setor fotovoltaico permanece em constante evolução, exigindo investigações robustas que considerem múltiplas realidades organizacionais, avanços tecnológicos e contextos regulatórios. Os estudos futuros poderão não apenas consolidar os achados aqui apresentados, mas também promover novas abordagens que fortaleçam a gestão digital, a sustentabilidade e a inovação em ambientes complexos e dinâmicos.

## 6.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou gerar contribuições teóricas e práticas bem definidas.

De fato, no campo teórico, sistematiza um modelo de negócio voltado à servitização digital, integrando conceitos de servitização, digitalização e sustentabilidade. A questão central investigada foi como empresas do setor fotovoltaico podem conduzir a transição para a servitização digital, superando barreiras organizacionais, tecnológicas e culturais, ao mesmo tempo em que promovem sustentabilidade e competitividade.

Por sua vez, considera-se que, no campo prático, o estudo oferece uma estrutura aplicável às especificidades do setor, empiricamente avaliada, que funciona como guia para empresas em processo de transição. O modelo desenvolvido é flexível, com potencial de adaptação a diferentes contextos organizacionais alinhados às demandas do setor.

Cabe destacar que, embora o fluxograma tenha sido utilizado para representar de forma sequencial as fases do modelo, ele não foi empregado de maneira isolada. Sua função é servir como esqueleto, organizando o encadeamento das etapas e oferecendo clareza na visualização inicial do processo. No entanto, a tese se sustenta em um conjunto amplo de representações gráficas que complementam e aprofundam essa visão.

Entre essas representações, destacam-se os *frameworks* circulares baseados no *Business Model Canvas*, as matrizes SWOT adaptadas para níveis de maturidade digital e os quadros de análise estratégica. Cada uma dessas figuras cumpre um papel específico: enquanto o fluxograma evidencia o encadeamento processual, as demais estruturas captam relações dinâmicas, níveis de maturidade, dimensões estratégicas e interdependências do processo de servitização digital. Dessa forma, a tese entrega um conjunto integrado de representações que, em sua totalidade, demonstram como o modelo opera na prática e superam as limitações.

Do ponto de vista científico, a tese avança ao propor um modelo diferenciado em relação à literatura existente, articulando de forma simultânea impactos culturais, organizacionais, tecnológicos, ambientais e estratégicos. Do ponto de vista gerencial, entrega soluções aplicáveis que permitem às empresas ampliarem o valor percebido, fidelizar clientes, diversificar receitas e alinhar-se às exigências de inovação e sustentabilidade do setor energético.

## REFERÊNCIAS

- ADRODEGARI, F.; SACCANI, N. A maturity model for the servitization of product-centric companies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 31, n. 4, p. 775–797, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2019-0255>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- ABSOLAR. Energia solar atinge 60 GW de capacidade instalada no Brasil. ABSOLAR, 2025. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticias-externas/energia-solar-atinge-60-gw-de-capacidade-instalada-no-brasil/>. Acesso em: 29 ago. 2025
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Micro e Minigeração Distribuída. Brasília: ANEEL, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 28 ago. 2025.
- ALGHISI, A.; SACCANI, N. Internal and external alignment in the servitization journey – overcoming the challenges. **Production Planning & Control**, v. 26, n. 14/15, p. 1219–1232, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1033496>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- AMBROISE, L.; PRIM-ALLAZ, I.; TEYSSIER, C. Financial performance of servitized manufacturing firms: a configuration issue between servitization strategies. **Industrial Marketing Management**, v. 71, p. 54–68, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.11.007>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- BAINES, T.; LIGHTFOOT, H. W. **Made to serve: how manufacturers can compete through servitization and product-service systems**. Chichester, West Sussex: Wiley & Sons, Inc., 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781119207955>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- BAINES, T.; LIGHTFOOT, H. W.; KAY, J. M. Servitized manufacture: practical challenges of delivering integrated products and services. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, v. 223, n. 9, p. 1207–1215, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1243/09544054JEM1552>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- BAINES, T. *et al.* The servitization of manufacturing: a review of literature and reflection on future challenges. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 20, n. 5, p. 547–567, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/17410380910960984>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- BAINES, T. *et al.* Servitization: revisiting the state of the art and research priorities. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 37, p. 256–278, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2015-0312>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- BAINES, T. *et al.* Framing the servitization transformation process: a model to understand and facilitate the servitization journey. **International Journal of Production Economics**, v. 221, p. 107463, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.036>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BATISTA, L. *et al.* Servitization through outcome – based contract – a systems perspective from the defense industry. **International Journal of Production Economics**, v. 192, p. 133–143, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.12.005>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BATTISTI, J. de F.; CAUCHICK–MIGUEL, P. A.; SOUSA–ZOMER, T. T. From servitization to deservitization: a literature review on the aspects related to a deservitization movement in manufacturing firms. **Production**, v. 33, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20220087>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. Petrópolis: Editora Vozes Limitada, 2017.

BENEDETTINI, O.; NEELY, A. Service providers and firm performance: investigating the non-linear effect of dependence. **Journal of Service Management**, v. 30, n. 6, p. 716–738, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JOSM-11-2018-0361>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BENEDETTINI, O.; NEELY, A.; SWINK, M. Why do servitized firms fail? A risk-based explanation. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 35, n. 6, p. 946–979, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2014-0052>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BENEDETTINI, O.; SWINK, M.; NEELY, A. Examining the influence of service additions on manufacturing firms' bankruptcy likelihood. **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 112–125, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.04.011>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BENYOUSSEF–ZGHIDI, A.; ZAIEM, I. Service orientation as a strategic marketing tool: the moderating effect of business sector. **Competitiveness Review**, v. 27, n. 1, p. 40–61, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/CR-02-2015-00121>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BÖHM, E.; EGGERT, A.; THIESBRUMMEL, C. Service transition: a viable option for manufacturing companies with deteriorating financial performance? **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 101–111, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.04.007>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BRASIL. **Brasil bate recorde de expansão da energia solar em 2023**. Ministério de Minas e Energia, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-bate-recorde-de-expansao-da-energia-solar-em-2023>. Acesso em: 04 jul. 2024.

BRAX, S. A manufacturer becoming service provider: challenges and a paradox. **Managing Service Quality: An International Journal**, v. 15, n. 2, p. 142–155, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/09604520510585334>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BRAX, S. A.; JONSSON, K. Developing integrated solution offerings for remote diagnostics: a comparative case study of two manufacturers. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 5, p. 539–560, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/01443570910953621>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BRAX, S. A.; VISINTIN, F. Meta-model of servitization: the integrative profiling approach. **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 17–32, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.04.014>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BRAX, S. *et al.* Explaining the servitization paradox: a configurational theory and a performance measurement framework. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 41, n. 5, p. 517–546, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2020-0535>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BROCCARDO, L. *et al.* How digitalization supports a sustainable business model: a literature review. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 187, p. 122146, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122146>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BURTON, J. *et al.* Digital service innovation challenges faced during servitization: a multi-level perspective. **Journal of Service Management**, v. 35, n. 2, p. 202–226, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JOSM-12-2022-0398>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BURTON, J. *et al.* Overcoming the challenges that hinder new service development by manufacturers with diverse services strategies. **International Journal of Production Economics**, v. 192, p. 29–39, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.01.013>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BUSTINZA, O. F.; VENDRELL–HERRERO, F.; BAINES, T. Service implementation in manufacturing: an organizational transformation perspective. **International Journal of Production Economics**, v. 192, p. 1–8, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.08.017>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BUSTINZA, O. F. *et al.* Servitization and competitive advantage: the importance of organizational structure and value chain position. **Research Technology Management**, v. 58, n. 5, p. 53–60, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5437/08956308X5805354>. Acesso em: 28 abr. 2025.

CANAL SOLAR. Perfil das empresas fotovoltaicas. 2023. Disponível em: [https://canalsolar.com.br/qual-o-perfil-das-empresas-integradoras/?utm\\_source=chatgpt.com](https://canalsolar.com.br/qual-o-perfil-das-empresas-integradoras/?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 28 jul. 2025.

CAUCHICK–MIGUEL, P. A. **Metodologia Científica para Engenharia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. (org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; ABEPRO, 2012.

CAUCHICK–MIGUEL, P. A. *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3º ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

CENAMOR, J.; SJÖDIN, D. R.; PARIDA, V. Adopting a platform approach in servitization: leveraging the value of digitalization. **International Journal of Production Economics**, v. 192, p. 54–65, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.12.033>. Acesso em: 28 abr. 2025.

CHÁVEZ, C. A. G. *et al.* Advancing sustainability through digital servitization: an exploratory study in the maritime shipping industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 436, p. 140401, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140401>. Acesso em: 28 abr. 2025.

CHÁVEZ, C. A. G. *et al.* Analyzing the risks of digital servitization in the machine tool industry. **Robotics and Computer–Integrated Manufacturing**, v. 82, p. 102520, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102520>. Acesso em: 28 abr. 2025.

CHEN, J.; HUANG, S.; LIU, Y. H. Operations management in the digitization era: from empowering to enabling. **Management World**, v. 36, n. 02, p. 117–128, 2020.

CHIRUMALLA, K.; LEONI, L.; OGHAZI, P. Moving from servitization to digital servitization: identifying the required dynamic capabilities and related microfoundations to facilitate the transition. **Journal of Business Research**, v. 158, p. 113668, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113668>. Acesso em: 28 abr. 2025.

COLM, L.; ORDANINI, A.; BORNEMANN, T. Dynamic governance matching in solution development. **Journal of Marketing**, v. 84, p. 105–124, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0022242919879420>. Acesso em: 28 abr. 2025.

CONFENTE, I.; BURATTI, A.; RUSSO, I. The role of servitization for small firms: drivers versus barriers. **International Journal of Entrepreneurship and Small Business**, v. 26, n. 3, p. 312–331, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1504/IJESB.2015.072394>. Acesso em: 28 abr. 2025.

COREYNEN, W.; MATTHYSSENS, P.; VAN BOCKHAVEN, W. Boosting servitization through digitization: pathways and dynamic resource configurations for manufacturers. **Industrial marketing management**, v. 60, p. 42–53, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102520>. Acesso em: 28 abr. 2025.

COREYNEN, W. *et al.* Internal levers for servitization: how product–oriented manufacturers can upscale product–service systems. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 6, p. 2184–2198, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.04.012>. Acesso em: 28 abr. 2025.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research design: qualitative, quantitative and mixed methods approach**. 5. ed. Los Angeles: Sage Publications, 2018.

CUI, L. *et al.* Causal or effectual? Dynamics of decision–making logics in servitization. **Industrial Marketing Management**, v. 82, p. 15–26, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.03.013>. Acesso em: 28 abr. 2025.

CUSUMANO, M. A.; KAHL, S. J.; SUAREZ, F. F. Services, industry evolution, and the competitive strategies of product firms. **Strategic Management Journal**, v. 36, n. 4, p. 559–575, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/smj.2235>. Acesso em: 28 abr. 2025.

DA SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

DAHMANI, S. *et al.* A reliability diagnosis to support servitization decision-making process. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 27, n. 4, p. 502–534, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JMTM-06-2015-0044>. Acesso em: 28 abr. 2025.

DAVIES, A. Moving base into high-value integrated solutions: a value stream approach. **Industrial and corporate change**, v. 13, n. 5, p. 727–756, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/icc/dth029>. Acesso em: 28 abr. 2025.

DMITRIJEVA, J. *et al.* Context matters: how internal and external factors impact servitization. **Production Planning & Control**, v. 31, n. 13, p. 1077–1097, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1699195>. Acesso em: 28 abr. 2025.

DMITRIJEVA, J. *et al.* Paradoxes in servitization: a processual perspective. **Industrial Marketing Management**, v. 101, p. 141–152, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2021.12.007>. Acesso em: 28 abr. 2025.

DURUGBO, C. Managing industrial service co-design: identifying challenges from technology firms. **The Service Industries Journal**, v. 34 n. 4, p. 314–334, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02642069.2013.778976>. Acesso em: 28 abr. 2025.

DURUGBO, C.; ERKOYUNCU, J. A. Mitigating uncertainty for industrial service operations: a multi case study. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 36, n. 5, p. 532–571, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-04-2015-0196>. Acesso em: 28 abr. 2025.

EGGERT, A.; THIESBRUMMEL, C.; DEUTSCHER, C. Heading for new shores: do service and hybrid innovations outperform product innovations in industrial companies? **Industrial Marketing Management**, v. 45, n. 1, p. 173–183, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2015.02.013>. Acesso em: 28 abr. 2025.

EGGERT, A. *et al.* Revenue and profit implications of industrial service strategies. **Journal of Service Research**, v. 17, n. 1, p. 23–39, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1094670513485823>. Acesso em: 28 abr. 2025.

EGGERT, C. G. *et al.* Understanding intra- and interorganizational paradoxes inhibiting data access in digital servitization. **Industrial Marketing Management**, v. 102, p. 251–267, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.06.016>. Acesso em: 28 abr. 2025.

ELORANTA, V.; TURUNEN, T. Seeking competitive advantage with service infusion: a systematic literature review. **Journal of Service Management**, v. 26, n. 3, p. 394–425, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JOSM-12-2013-0359>. Acesso em: 28 abr. 2025.

FAVORETTO, C. *et al.* From servitization to digital servitization: how digitalization transforms companies' transition towards services. **Industrial Marketing Management**, v. 102, p. 104–121, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.01.003>. Acesso em: 28 abr. 2025.

FINNE, M.; BRAX, S.; HOLMSTRÖM, J. Reversed servitization paths: a case analysis of two manufacturers. **Service Business**, v. 7, n. 4, p. 513–537, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11628-013-0182-1>. Acesso em: 28 abr. 2025.

FINNE, M.; TURUNEN, T.; ELORANTA, V. Striving for network power: the perspective of solution integrators and suppliers. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 21, n. 1, p. 9–24, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2014.08.001>. Acesso em: 28 abr. 2025.

FISCHER, T. *et al.* Exploitation or exploration in service business development? Insights from a dynamic capabilities perspective. **Journal of Service Management**, v. 21, n. 5, p. 591–624, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/09564231011079066>. Acesso em: 28 abr. 2025.

FLICK, U. **An introduction to qualitative research**. 4. ed. London: Sage Publications, 2009.

FORKMANN, S. *et al.* Driver configurations for successful service infusion. **Journal of Service Research**, v. 20, n. 3, p. 275–291, 2017a. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1094670517706160>. Acesso em: 28 abr. 2025.

FORKMANN, S. *et al.* Understanding the service infusion process as a business model reconfiguration. **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 151–166, 2017b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.05.001>. Acesso em: 28 abr. 2025.

FRANK, A. G. *et al.* Servitization and industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: a business model innovation perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 141, p. 341–351, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.014>. Acesso em: 28 abr. 2025.

GEBAUER, H. Identifying service strategies in product manufacturing companies by exploring environment-strategy configurations. **Industrial Marketing Management**, v. 37, n. 3, p. 278–291, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2007.05.018>. Acesso em: 28 abr. 2025.

GEBAUER, H.; FLEISCH, E. An investigation of the relationship between behavioral processes, motivation, investments in the service business and service revenue. **Industrial Marketing Management**, v. 36, n. 3, p. 337–348, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2005.09.005>. Acesso em: 28 abr. 2025.

GEBAUER, H.; FLEISCH, E.; FRIEDLI, T. Overcoming the service paradox in manufacturing companies. **European Management Journal**, v. 23, n. 1, p. 14–26, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.emj.2004.12.006>. Acesso em: 28 abr. 2025.

GEBAUER, H.; KOWALKOWSKI, C. Customer focused and service focused orientation in organizational structures. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 27, n. 7, p. 527–537, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/08858621211257293>. Acesso em: 28 abr. 2025.

GEBAUER, H.; PAIOLA, M.; SACCANI, N. Characterizing service networks for moving from products to solutions. **Industrial Marketing Management**, v. 42, n. 1, p. 31–46, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2012.11.002>. Acesso em: 28 abr. 2025.



- GEBAUER, H. *et al.* Match or mismatch: strategy structure configurations in the service business of manufacturing companies. **Journal of Service Research**, v. 13, n. 2, p. 198–215, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1094670509353933>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- GHOBAKHLOO, M. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. **Journal of cleaner production**, v. 252, p. 119869, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- GOMES, E. *et al.* A history-based framework of servitization and deservitization. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 41, n. 5, p. 723–745, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2020-0528>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- GREEN, M. H; DAVIES, P.; NG, Irene C. L. Two strands of servitization: a thematic analysis of traditional and customer co-created servitization and future research directions. **International Journal of production Economics**, v. 192, p. 40–53, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.01.009>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- GRUBIC, T. Servitization and remote monitoring technology: a literature review and research agenda. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 25, n. 1, p. 100–124, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2012-0056>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- GRUBIC, T.; PEPPARD, J. Servitized manufacturing firms competing through remote monitoring technology: an exploratory study. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 27, n. 2, p. 154–184, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2014-0061>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- GRYBAUSKAS, A.; STEFANINI, A.; GHOBAKHLOO, M. Social sustainability in the age of digitalization: a systematic literature review on the social implications of industry 4.0. **Technology in Society**, v. 70, p. 101997, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101997>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- HART, C. **Doing a literature review: releasing research imagination**. London: Sage, 2018.
- HOU, J.; NEELY, A. Barriers of servitization: results of a systematic literature review. **Frameworks and Analysis**, v. 189, p. 1-8, 2013. Disponível em: <https://encurtador.com.br/FXPrW>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- HOU, J.; NEELY, A. Investigating risks of outcome-based service contracts from a provider's perspective. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 6, p. 2103–2115, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1319089>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- HUIKKOLA, T *et al.* Unfolding the simple heuristics of smart solution development. **Journal of Service Management**, v. 33, n. 1, p. 121–142, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JOSM-11-2020-0422>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- IRIARTE, I. *et al.* To be or not to be. The Servitization dilemma and the role of design. **The Design Journal**, v. 22, n. 1, p. 37–49, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14606925.2019.1595849>. Acesso em: 28 abr. 2025.

JOVANOVIĆ, M.; ENGWALL, M.; JERBRANT, A. Matching service offerings and product operations: a key to servitization success. **Research Technonology**, v. 59, n. 3, p. 29–36, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08956308.2016.1161403>. Acesso em: 28 abr. 2025.

KAMAL, M. M. *et al.* Servitization implementation in the manufacturing organisations: classification of strategies, definitions, benefits and challenges. **International Journal of Information Management**, v. 55, p. 102206, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102206>. Acesso em: 28 abr. 2025.

KAMP, B.; OCHOA, A.; DIAZ, J. Smart servitization within the context of industrial user-supplier relationships: contingencies according to a machine tool manufacturer. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)**, v. 11, n. 3, p. 651–663, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12008-016-0345-0>. Acesso em: 28 abr. 2025.

KASTALLI, I. V.; VAN LOOY, B. Servitization: disentangling the impact of service business model innovation on manufacturing firm performance. **Journal of operations management**, v. 31, n. 4, p. 169–180, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2013.02.001>. Acesso em: 28 abr. 2025.

KHANRA, S. *et al.* Servitization research: a review and bibliometric analysis of past achievements and future promises. **Journal of Business Research**, v. 131, p. 151–166, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.03.056>. Acesso em: 28 abr. 2025.

KINDSTRÖM, D. Towards a service-based business model-key aspects for future competitive advantage. **European management journal**, v. 28, n. 6, p. 479–490, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.emj.2010.07.002>. Acesso em: 28 abr. 2025.

KINDSTRÖM, D.; KOWALKOWSKI, C. Service innovation in product-centric firms: a multidimensional business model perspective. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 28, n. 2, p. 96–111, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JBIM-08-2013-0165>. Acesso em: 28 abr. 2025.

KINDSTRÖM, D.; OTTOSSON, M.; THOLLANDER, P. Driving forces for and barriers to providing energy services: a study of local and regional energy companies in Sweden. **Energy Efficiency**, v. 10, n. 1, p. 21–39, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12053-016-9437-8>. Acesso em: 28 abr. 2025.

KOHTAMÄKI, M.; EINOLA, S.; RABETINO, R. Exploring servitization through the paradox lens: coping practices in servitization. **International Journal of Production Economics**, v. 226, p. 107619, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107619>. Acesso em: 28 abr. 2025.

KOHTAMÄKI, M. *et al.* Digital servitization business models in ecosystems: a theory of the firm. **Journal of Business Research**, v. 104, p. 380–392, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.06.027>. Acesso em: 28 abr. 2025.

KOWALKOWSKI, C.; GEBAUER, H.; OLIVA, R. Service growth in product firms: past, present, and future. **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 82–88, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.10.015>. Acesso em: 28 abr. 2025.

- KOWALKOWSKI, C. *et al.* What services transition? Rethinking established assumptions about manufacturers' service-led growth strategies. **Industrial Marketing Management**, v. 45, n. 1, p. 59–69, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2015.02.016>. Acesso em: 29 abr. 2025.
- KREYE, M. E. Can you put too much on your plate? Uncertainty exposure in servitized triads. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 37, n. 12, p. 1722–1740, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2016-0357>. Acesso em: 29 abr. 2025.
- KREYE, M. E.; VAN DONK, D. P. Servitization for consumer products: an empirical exploration of challenges and benefits for supply chain partners. **International journal of operations & production management**, v. 41, n. 5, p. 494–516, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-07-2020-0439>. Acesso em: 29 abr. 2025.
- KRYVINSKA, N.; KACZOR, S.; STRAUSS, C. Enterprises' servitization in the first decade-retrospective analysis of back-end and front-end challenges. **Applied Sciences**, v. 10, n. 8, p. 2957, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app10082957>. Acesso em: 29 abr. 2025.
- KUMAR, M. *et al.* Moderating ESG compliance between industry 4.0 and green practices with green servitization: examining its impact on green supply chain performance. **Technovation**, v. 129, p. 102898, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102898>. Acesso em: 29 abr. 2025.
- LAMMI, M. Emotional service experience toolkit for servitization. **The Design Journal**, v. 20, n. 1, p. 2667–2678, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352778>. Acesso em: 29 abr. 2025.
- LEGROS, B. *et al.* Front-office multitasking between service encounters and back-office tasks. **European Journal of Operational Research**, v. 287, n. 3, p. 946–963, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.04.048>. Acesso em: 29 abr. 2025.
- LENKA, S. *et al.* Towards a multi-level servitization framework: conceptualizing ambivalence in manufacturing firms. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 38, n. 3, p. 810–827, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-09-2016-0542>. Acesso em: 29 abr. 2025.
- LERCH, C.; GOTSCH, M. Digitalized product-service systems in manufacturing firms: a case study analysis. **Research-Technology Management**, v. 58, n. 5, p. 45–52, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5437/08956308X5805357>. Acesso em: 29 abr. 2025.
- LEXUTT, E. Different roads to servitization success: a configurational analysis of financial and non-financial service performance. **Industrial Marketing Management**, v. 84, p. 105–125, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.06.004>. Acesso em: 29 abr. 2025.
- LI, S.; CHEN, X. The role of supplier collaboration and risk management capabilities in managing product complexity. **Operations Management Research**, v. 12, p. 146–158, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12063-019-00144-w>. Acesso em: 29 abr. 2025.

LUOTO, S.; BRAX, S. A.; KOHTAMÄKI, M. Critical meta-analysis of servitization research: constructing a model-narrative to reveal paradigmatic assumptions. **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 89–100, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.04.008>. Acesso em: 29 abr. 2025.

LÜTTJEN, H.; TIETZE, F.; SCHULTZ, C. Service transitions of product-centric firms: an explorative study of service transition stages and barriers in Germany's energy market. **International Journal of Production Economics**, v. 192, p. 106–119, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.03.021>. Acesso em: 29 abr. 2025.

LV, L.; CHEN, Y. The Collision of digital and green: digital transformation and green economic efficiency. **Journal of Environmental Management**, v. 351, p. 119906, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119906>. Acesso em: 29 abr. 2025.

LYU, T. *et al.* Breaking away from servitization paradox to improve manufacturing enterprises' service innovation performance: the roles of market orientation and service supply chain dynamic capability. **Journal of Organizational Change Management**, v. 36, n. 6, p. 848–874, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JOCM-04-2023-0131>. Acesso em: 29 abr. 2025.

MACHUCA, J. A.; DEL MAR GONZALEZ-ZAMORA, M.; AGUILAR-ESCOBAR, V. G. Service operations management research. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 3, p. 585–603, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.005>. Acesso em: 29 abr. 2025.

MALLERET, V. Value creation through service offers. **European Management Journal**, v. 24, n. 1, p. 106–116, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.emj.2005.12.012>. Acesso em: 29 abr. 2025.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. Disponível em: [encurtador.com.br/OGfhM](http://encurtador.com.br/OGfhM). Acesso em: 29 abr. 2025.

MARTIN, P. C. G.; SCHROEDER, A.; BIGDELI, A. Z. The value architecture of servitization: expanding the research scope. **Journal of Business Research**, v. 104, p. 438–449, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.04.010>. Acesso em: 29 abr. 2025.

MARTINEZ, V. *et al.* Challenges in transforming manufacturing organisations into product-service providers. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 21, n. 4, p. 449–469, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/17410381011046571>. Acesso em: 29 abr. 2025.

MARTINEZ, V. *et al.* Exploring the journey to services. **International Journal of Production Economics**, v. 192, p. 66–80, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.12.030>. Acesso em: 29 abr. 2025.

MATHIEU, V. Service strategies within the manufacturing sector: benefits, costs and partnership. **International Journal of Service Industry Management**, v. 12, n. 5, p. 451–475, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/EUM0000000006093>. Acesso em: 29 abr. 2025.

MORGAN, M. S.; MORRISON, M (eds.). **Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. ISBN 0-521-65097-6. Disponível em: [https://www.cambridge.org/core/books/models-as-mediators/FBB3EA4AECAF824AD6F1E6C650CAE3AE?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.cambridge.org/core/books/models-as-mediators/FBB3EA4AECAF824AD6F1E6C650CAE3AE?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 10 set. 2025.

NEELY, A. Exploring the financial consequences of the servitization of manufacturing. **Operations Management Research**, v. 1, n. 2, p. 103–118, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12063-009-0015-5>. Acesso em: 29 abr. 2025.

NENONEN, S.; AHVENNIEMI, O.; MARTINSUO, M. Image risks of servitization in collaborative service deliveries. **The Service Industries Journal**, v. 34, n. 16, p. 1307–1329, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02642069.2014.942657>. Acesso em: 29 abr. 2025.

NUDURUPATI, S. S. *et al.* Eight challenges of servitisation for the configuration, measurement and management of organisations. **Journal of Service Theory and Practice**, v. 26, n. 6, p. 745–763, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JSTP-02-2015-0045>. Acesso em: 29 abr. 2025.

NYFFENEGGER, R. *et al.* Product-Service-System business models in the photovoltaic industry—a comprehensive analysis. **Journal of Cleaner Production**, p. 145428, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145428>. Acesso em: 29 abr. 2025.

OLIVA, R.; GEBAUER, H.; BRANN, J. M. Separate or integrate? Assessing the impact of separation between product and service business on service performance in product manufacturing firms. **Journal of Business-to-Business Marketing**, v. 19, n. 4, p. 309–334, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1051712X.2012.647797>. Acesso em: 29 abr. 2025.

OLIVA, R.; KALLENBERG, R. Managing the transition from products to services. **International Journal of Service Industry Management**, v. 14, n. 2, p. 160–172, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/09564230310474138>. Acesso em: 29 abr. 2025.

OPRESNIK, D.; TAISCH, M. The value of big data in servitization. **International journal of production economics**, v. 165, p. 174–184, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.12.036>. Acesso em: 29 abr. 2025.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, **Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers**. John Wiley & Sons, 2010.

OSTROM, A. L. *et al.* Service research priorities in a rapidly changing context. **Journal of Service Research**, v. 18, n. 2, p. 127–159, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1094670515576315>. Acesso em: 29 abr. 2025.

PAIOLA, M. *et al.* Digital servitization and sustainability through networking: some evidences from IoT-based business models. **Journal of Business Research**, v. 132, p. 507–516, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.047>. Acesso em: 29 abr. 2025.

PAIOLA, M. *et al.* Moving from products to solutions: strategic approaches for developing capabilities. **European Management Journal**, v. 31, n. 4, p. 390–409, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.emj.2012.10.002>. Acesso em: 29 abr. 2025.

PAIOLA, M. U. *et al.* The Role of knowledge-intensive relationships in business model innovation: an exploration of relational novelty in digital servitization. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2024.101846>. Acesso em: 29 abr. 2025.

PALADINI, E. P. **Gestão estratégica da qualidade: princípios, métodos e processos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

PALADINI, E. P. *et al.* **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABREPRO, 2012.

PARIDA, V.; SJÖDIN, D.; REIM, W. Reviewing literature on digitalization, business model innovation, and sustainable industry: past achievements and future promises. **Sustainability**, v. 11, n. 2, p. 391, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11020391>. Acesso em: 29 abr. 2025.

PARIDA, V. *et al.* Mastering the transition to product-service provision: insights into business models, learning activities, and capabilities. **Research-Technology Management**, v. 57, n. 3, p. 44–52, 2014. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.5437/08956308X5703227>. Acesso em: 29 abr. 2025.

PARK, C. Expansion of servitization in the energy sector and its implications. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment**, v. 11, n. 4, p. e434, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wene.434>. Acesso em: 29 abr. 2025.

PASCHOU, T. *et al.* Digital servitization in manufacturing: a systematic literature review and research agenda. **Industrial Marketing Management**, v. 89, p. 278–292, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.02.012>. Acesso em: 29 abr. 2025.

PORTAL SOLAR. Dados do mercado de energia solar. 2025. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>. Acesso em: 29 ago. 2025.

PRESTER, J.; PELES, B. Trends in Servitization: evidence from Croatia. **Ekomomski Pregled**, v. 68, n. 5, p. 507–540, 2017. Disponível em: <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/prilog-casopis/245448>. Acesso em: 29 abr. 2025.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013. Disponível em: <https://encurtador.com.br/03jsQ>. Acesso em: 29 abr. 2025.

RABETINO, R.; KOHTAMÄKI, M.; GEBAUER, H. Strategy map of servitization. **International Journal of Production Economics**, v. 192, p. 144–156, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.11.004>. Acesso em: 29 abr. 2025.

RADDATS, C. *et al.* Servitization: a contemporary thematic review of four major research streams. **Industrial Marketing Management**, v. 83, p. 207–223, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.03.015>. Acesso em: 29 abr. 2025.

RAJA, J. Z.; FRANSEN, T. Exploring servitization in China: challenges of aligning motivation, opportunity and ability in coordinating an external service partner network. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 37, n. 11, 1654–1682, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-12-2015-0755>. Acesso em: 29 abr. 2025.

RAJA, J. Z.; FRANSEN, T.; MOURITSEN, J. Exploring the managerial dilemmas encountered by advanced analytical equipment providers in developing service-led growth strategies. **International Journal of Production Economics**, v. 192, p. 120–132, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.12.034>. Acesso em: 29 abr. 2025.

RAPACCINI M. *et al.* Service development in product-service systems: a maturity model. **The Service Industries Journal**, v. 33, n. 3–4, p. 300–319, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02642069.2013.747513>. Acesso em: 29 abr. 2025.

RÁPIMAN, D. Q. **Pesquisa qualitativa em educação: possibilidades de investigação em educação**. In: TAVARES, M.; RICHARDSON, R. J. (Org.). Metodologias qualitativas: teoria e prática. Curitiba: CRV, 2015, cap. 8, p. 211–230, 2015.

REIM, W.; SJÖDIN, D. R.; PARIDA, V. Servitization of global service network actors – a contingency framework for matching challenges and strategies in service transition. **Journal of Business Research**, v. 104, p. 461–471, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.01.032>. Acesso em: 29 abr. 2025.

RUIZ-ALBA, J. L., *et al.* Servitization strategies from customers' perspective: the moderating role of co-creation. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 34, n. 3, p. 628–642, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JBIM-02-2017-0028>. Acesso em: 29 abr. 2025.

RYMASZEWSKA, A.; HELO, P.; GUNASEKARAN, A. IoT powered servitization of manufacturing—an exploratory case study. **International journal of production economics**, v. 192, p. 92–105, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.02.016>. Acesso em: 29 abr. 2025.

SÁNCHEZ-MONTESINOS, F. *et al.* Creating isolating mechanisms through digital servitization: the case of Covirán. **Strategic Change**, v. 27, n. 2, p. 121–128, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsc.2187>. Acesso em: 29 abr. 2025.

SCOTT, M.; BRUCE, R. Five stages of growth in small business. **Long range planning**, v. 20, n. 3, p. 45–52, 1987. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(87\)90071-9](https://doi.org/10.1016/0024-6301(87)90071-9). Acesso em: 29 abr. 2025.

SHEN, L.; SUN, W.; PARIDA, V. Consolidating digital servitization research: a systematic review, integrative framework, and future research directions. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 191, p. 122478, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122478>. Acesso em: 29 abr. 2025.

SJÖDIN, D. *et al.* An agile co-creation process for digital servitization: a micro-service innovation approach. **Journal of Business Research**, v. 112, p. 478–491, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.01.009>. Acesso em: 29 abr. 2025.

SMANIA, G. S. *et al.* Unraveling paradoxical tensions in digital servitization ecosystems: an analysis of their interrelationships from the technology provider's perspective. **Technovation**, v. 131, p. 102957, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2024.102957>. Acesso em: 29 abr. 2025.

SOUSA, R.; DA SILVEIRA, Giovani J. C. Capability antecedents and performance outcomes of servitization: differences between basic and advanced services. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 37, n. 4, p. 444–467, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-11-2015-0696>. Acesso em: 29 abr. 2025.

SPOHRER, J. IBM's service journey: a summary sketch. **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 167–172, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.09.005>. Acesso em: 29 abr. 2025.

SZÁSZ, L. *et al.* Servitization of manufacturing: the effect of economic context. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 28, n. 8, p. 1011–1034, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JMTM-11-2016-0166>. Acesso em: 29 abr. 2025.

TÓTH, Z. *et al.* A paradox theory approach to tensions in digital servitization: the case of the aerospace and maritime industries. **Advanced Services for Sustainability and Growth**, p. 96–105, 2020. Disponível em: <https://encurtador.com.br/oM5M5>. Acesso em: 29 abr. 2025.

TÓTH, Z. *et al.* Tensions in digital servitization through a paradox lens. **Industrial Marketing Management**, v. 102, p. 438–450, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.02.010>. Acesso em: 29 abr. 2025.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British Journal of Management**, v. 14, p. 207–222, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>. Acesso em: 29 abr. 2025.

TRONVOLL, B. *et al.* Transformational shifts through digital servitization. **Industrial Marketing Management**, v. 89, p. 293–305, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.02.005>. Acesso em: 29 abr. 2025.

TUKKER, A. Eight types of products-service system: eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet. **Business strategy and the environment**, v. 13, n. 4, p. 246–260, 2004. Disponível em: . Acesso em: 29 abr. 2025.

TULI, K. R.; KOHLI, A. K.; BHARADWAJ, S. G. Rethinking customer solutions: from product bundles to relational processes. **Journal of Marketing**, v. 71, n. 3, p. 1–17, 2007. Disponível em: . Acesso em: 29 abr. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bse.414>. Acesso em: 29 abr. 2025.



ULAGA, W.; KOWALKOWSKI, C. Servitization: a state-of-the-art overview and future directions. **The Palgrave handbook of service management**, p. 169–200, 2022. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91828-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91828-6_10). Acesso em: 29 abr. 2025.

UPADHAYAY, N. B. *et al.* Blazing the trail: the role of digital and green servitization on technological innovation. **Technovation**, v. 130, p. 102922, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102922>. Acesso em: 29 abr. 2025.

VALTAKOSKI, A. Explaining servitization failure and deservitization: a knowledge-based perspective. **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 138–150, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.04.009>. Acesso em: 29 abr. 2025.

VANDERMERWE, S.; ERIXON, D. Servitization of business updated: now, new, next. **European Management Journal**, v. 41, n. 4, p. 479–487, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.emj.2023.07.007>. Acesso em: 29 abr. 2025.

VANDERMERWE, S.; RADA, J. Servitization of business: adding value by adding services. **European Management Journal**, v. 6, n. 4, p. 314–324, 1988. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0263-2373\(88\)90033-3](https://doi.org/10.1016/0263-2373(88)90033-3). Acesso em: 29 abr. 2025.

VENDRELL-HERRERO, F. *et al.* Servitization as a driver for organizational change. **Strategic Change**, v. 23, n. 5–6, p. 279–285, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsc.1976>. Acesso em: 29 abr. 2025.

VENDRELL-HERRERO, F. *et al.* Servitization, digitization and supply chain interdependency. **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 69–81, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.06.013>. Acesso em: 29 abr. 2025.

VENDRELL-HERRERO, F. *et al.* The order of the factors matters: how digital transformation and servitization integrate more efficiently. **International Journal of Production Economics**, v. 271, p. 109228, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109228>. Acesso em: 29 abr. 2025.

VISNJIC, I.; NEELY, A.; JOVANOVIC, M. The path to outcome delivery: interplay of service market strategy and open business models. **Technovation**, v. 72, p. 46–59, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2018.02.003>. Acesso em: 29 abr. 2025.

VISNJIC, I.; WIENGARTEN, F.; NEELY, A. Only the brave: product innovation, service business model innovation, and their impact on performance. **Journal of Product Innovation Management**, v. 33, n. 1, p. 36–52, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jpim.12254>. Acesso em: 29 abr. 2025.

VOM SCHEIDT, F.; STAUDT, P. A data-driven recommendation tool for sustainable utility service bundles. **Applied Energy**, v. 353, p. 122137, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122137>. Acesso em: 29 abr. 2025.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 195–219, 2002. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203886816-7/case-research-operations-management-chris-voss>. Acesso em: 29 abr. 2025.

WALLIN, J.; PARIDA, V.; ISAKSSON, O. Understanding product–service system innovation capabilities development for manufacturing companies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 26, n. 5, p. 763–787, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2013-0055>. Acesso em: 29 abr. 2025.

WALLS, J. G.; WIDMEYER, G. R.; EL SAWY, Omar A. Building an Information System Design Theory for Vigilant EIS. **Information Systems Research**, v. 3, n. 1, p. 36-59, 1992. Disponível em: [https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/isre.3.1.36?utm\\_source=chatgpt.com](https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/isre.3.1.36?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 10 set. 2025.

WAN, S. *et al.* Process and knowledge management in a collaborative maintenance planning system for high value machine tools. **Computers in Industry**, v. 84, p. 14–24, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.11.002>. Acesso em: 29 abr. 2025.

WANG, Q.; ZHAO, X.; VOSS, C. Customer orientation and innovation: a comparative study of manufacturing and service firms. **International Journal of Production Economics**, v. 171, p. 221–230, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.08.029>. Acesso em: 29 abr. 2025.

WANG, J. *et al.* A systematic review for organizing servitization by multi–actor collaborations: lenses, factors and outcomes. **Journal of Business & Industrial Marketing Industrial**, v. 38, n. 4, p. 828–851, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JBIM-07-2021-0355>. Acesso em: 29 abr. 2025.

WONG, C. *et al.* Towards a theory of supply chain alignment enablers: a systematic literature review. **Supply Chain Management**, v. 17, n. 4, p. 419–437, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/13598541211246567>. Acesso em: 29 abr. 2025.

XING, Y.; LIU, Y.; DAVIES, P. Servitization innovation: a systematic review, integrative framework, and future research directions. **Technovation**, v. 122, p. 102641, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102641>. Acesso em: 29 abr. 2025.

XU, D.; LONGO, Y. The role of supply chain integration in the transformation of food manufacturers: a case study from China. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 24, n. 2, p. 198-212, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1729707>. Acesso em: 29 abr. 2025.

YAN, K. *et al.* Overcoming the service paradox by leveraging organizational design and cultural factors: a combined configuration and contingency approach. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 68, n. 2, p. 498-512, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8706980>. Acesso em: 29 abr. 2025.

YANG, W.; GAO Y.; SHEN H. Different roles of control mechanisms in buyer–supplier conflict: an empirical study from China. **Industrial Marketing Management**, v. 65, p. 144–156, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.04.002>. Acesso em: 29 abr. 2025.

YANG, Z.; ZHANG, Y.; ZHANG, T. Leveraging digitalization and servitization to improve financial performance. **Production Planning & Control**, v. 35, n. 15, p. 2007-2020, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2229263>. Acesso em: 29 abr. 2025.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. Porto Alegre: Editora Penso, 2016.

ZIAEE BIGDELI, A. *et al.* Exploring the root causes of servitization challenges: an organisational boundary perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 41, n. 5, p. 547–573, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2020-0507>. Acesso em: 29 abr. 2025.

ZIAEE BIGDELI, A. *et al.* Organisational change towards servitization: a theoretical framework. **Competitiveness Review: An International Business Journal**, v. 27, n. 1, p. 12-39, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/CR-03-2015-0015>. Acesso em: 29 abr. 2025.

ZHANG, W.; BANERJI, S. Challenges of servitization: a systematic literature review. **Industrial Marketing Management**, v. 65, p. 217–227, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.06.003>. Acesso em: 29 abr. 2025.

ZHANG, B. *et al.* Can digital transformation promote service innovation performance of construction enterprises? The mediating role of dual innovation. **Sustainability**, v. 16, n. 3, p. 1176, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su16031176>. Acesso em: 29 abr. 2025.

ZHENG, P. *et al.* A systematic *design* approach for service innovation of smart product–service systems. **Journal of cleaner production**, v. 201, p. 657-667, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.101>. Acesso em: 29 abr. 2025.

ZHOU, D. *et al.* Performance implications of servitization: does a manufacturer's service supply network matter? **International Journal of Production Economics**, v. 219, p. 31–42, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.05.019>. Acesso em: 29 abr. 2025.

ZHU, X.; ZOLKIEWSKI, J. Exploring service failure in a business–to–business context. **Journal of Services Marketing**, v. 29, n. 5, p. 367–379, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JSM-02-2014-0055>. Acesso em: 29 abr. 2025.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PESQUISADORES

### Roteiro do questionário

(continua)

| <b>SEÇÃO A – PERGUNTAS DE ABERTURA</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        | <p><b>Título: Avaliação do modelo de servitização digital para o setor fotovoltaico</b></p> <p>Este questionário tem como objetivo avaliar a robustez conceitual, coerência metodológica e aplicabilidade acadêmica do modelo de servitização digital no setor fotovoltaico.</p> <p>Objetivo dessa pesquisa é fornecer um panorama completo do processo, permitindo que você estudioso do tema, analise a estrutura e identifique as oportunidades de aprimoramento. Sua participação é essencial para aprimorar esta pesquisa.</p> <p>O tempo estimado para resposta é de 15 a 20 minutos.</p> <p>Agradeço sua colaboração!</p> |
| 1.                                     | <p>Você aceita participar da pesquisa?</p> <p>(    ) Sim                      (    ) Não tenho interesse</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2.                                     | <p>Nome: _____</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 3.                                     | <p>E-mail: _____</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 4.                                     | <p>Qual é o seu maior nível de escolaridade concluído?</p> <p>(    ) Graduação (bacharelado/Licenciatura)    (    ) Mestrado</p> <p>(    ) Doutorado            (    ) Pós-Graduação (Especialização/MBA)</p> <p>(    ) Pós-doutorado</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 5.                                     | <p>Quanto tempo você atuação na área de pesquisa de servitização ou áreas correlatas?</p> <p>Obs.: A resposta deve ser em anos.</p> <p>R.: _____</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 6.                                     | <p>Qual ou quais instituições você realizou pesquisas sobre o servitização ou áreas correlatas?</p> <p>R.: _____</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

## Roteiro do questionário

(continua)

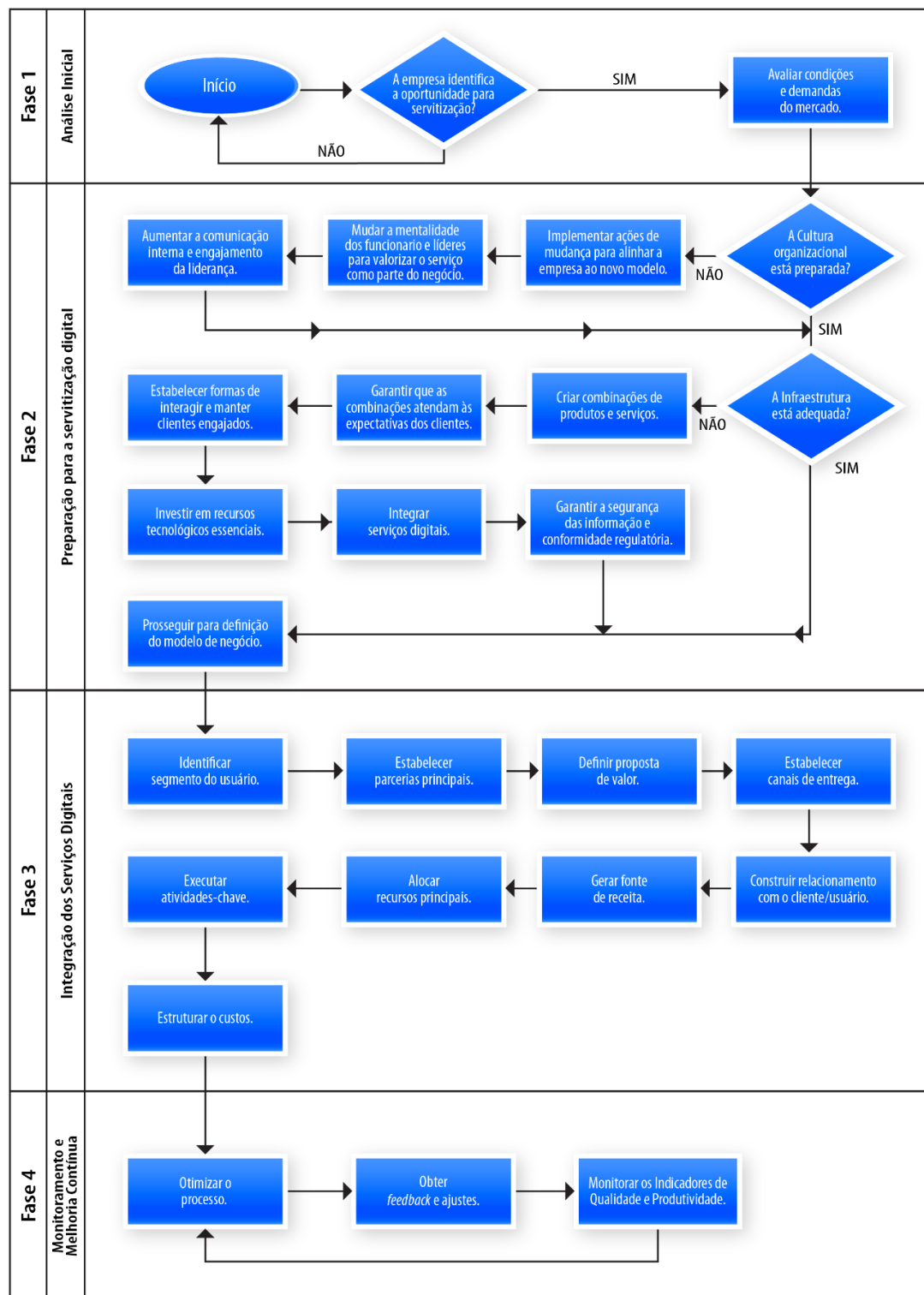
|                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.                                                   | <p>Qual a sua área de atuação principal?</p> <p>( ) Engenharia de Produção      ( ) Administração/Gestão de Negócio</p> <p>( ) Engenharia Elétrica      ( ) Energia Renovável</p> <p>( ) Indústria 4.0</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>SEÇÃO B – EXPERIÊNCIA NA ÁREA DE SERVITIZAÇÃO</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8.                                                   | <p>Já trabalhou diretamente com servitização digital:</p> <p>( ) Sim ( ) Não, mas estudo sobre o tema servitização digital</p> <p>( ) Não, mas já trabalhei diretamente com servitização</p> <p>( ) Nunca trabalhei com servitização.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 9.                                                   | <p>Qual a sua experiência com servitização e modelos de negócio digitais?</p> <p>( ) Menos de 2 anos ( ) Entre 2 e 5 anos</p> <p>( ) Mais de 5 anos ( ) Nunca trabalhei/estudei com servitização digital.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>SEÇÃO C – DESCRIÇÃO DO MODELO</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                      | <p><b>Instrução para avaliação do fluxograma – Modelo proposto para o processo de servitização digital</b></p> <p>O fluxograma (Figura 1 – neste questionário) detalha o processo de servitização digital no setor de energia solar em quatro fases principais:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Análise Inicial do Processo de Servitização:</b> Avaliar o modelo de negócios atual e verificar se há possibilidades de agregar serviços aos produtos existentes.</li> <li>2. <b>Preparação e Adaptação Organizacional:</b> Alinhar os fatores internos por meio de mudanças culturais, capacitação de equipes e adoção de tecnologias necessárias ao novo modelo de negócios.</li> <li>3. <b>Integrar serviços digitais:</b> Desenvolver de estratégias integradas focadas em gestão de recursos e entrega de soluções combinadas.</li> <li>4. <b>Melhoria proposta pelo modelo:</b> Acompanhar os indicadores de Qualidade e Produtividade para garantir a evolução e a eficácia do modelo de negócios.</li> </ol> <p>O fluxograma oferece um guia visual prático para apoiar gestores e profissionais do setor na implementação bem-sucedida da servitização digital. A Figura 1 representa Processo de Servitização Digital geral, que ilustra todo o fluxo do processo, desde a análise inicial até a melhoria contínua. É evidenciado as principais fases, interconexões e dependências.</p> <p><b>Principais elementos da Figura 1:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Etapas do modelo, organizadas em uma sequência lógica e progressiva;</li> <li>b) Identificação dos pontos críticos que influenciam a transição para a servitização digital;</li> <li>c) Integração entre produtos e serviços digitais com destaque para a transformação do modelo de negócios.</li> </ol> <p>Com base na explicação do modelo de servitização digital apresentado Figura 1 (Modelo proposto), avalie os seguintes aspectos usando a escala abaixo:</p> |

## Roteiro do questionário

(continua)

(5 = Concordo totalmente | 4 = Concordo parcialmente | 3 = Neutro | 2 = Discordo parcialmente | 1 = Discordo totalmente)

Figura 1 – Etapas do processo de servitização digital



Fonte: Elaborado pela autora

## Roteiro do questionário

(continua)

| SEÇÃO D – AVALIAÇÃO DO MODELO |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10.                           | <p>O modelo apresentado é estruturado e de fácil compreensão?</p> <p>(   ) Concordo totalmente    (   ) Concordo parcialmente</p> <p>(   ) Neutro    (   ) Discordo parcialmente</p> <p>(   ) Discordo totalmente</p> <p>Caso o pesquisador escolha uma das opções <b>(2) Discordo parcialmente</b> ou <b>(1) Discordo totalmente</b>, peço que justifique sua resposta para que eu possa aprimorar o modelo, em relação à estrutura e claramente ao fluxograma.</p> <p>Quais aspectos você acredita que poderiam ser melhorados para torná-lo mais compreensível e funcional?</p> <p>R.: _____</p> |
| 11.                           | <p>O modelo representa de forma coerente a transição para a servitização digital?</p> <p>(   ) Concordo totalmente    (   ) Concordo parcialmente</p> <p>(   ) Neutro    (   ) Discordo parcialmente</p> <p>(   ) Discordo totalmente</p> <p>Caso o pesquisador escolha uma das opções <b>(2) Discordo parcialmente</b> ou <b>(1) Discordo totalmente</b>, peço que explique sua resposta sobre como a transição para a servitização digital pode ser representada de forma mais coerente.</p> <p>R.: _____</p>                                                                                     |
| 12.                           | <p>O fluxograma abrange os fatores críticos para a implementação da servitização digital?</p> <p>(   ) Concordo totalmente    (   ) Concordo parcialmente</p> <p>(   ) Neutro    (   ) Discordo parcialmente</p> <p>(   ) Discordo totalmente</p> <p>Caso o pesquisador escolha uma das opções <b>(2) Discordo parcialmente</b> ou <b>(1) Discordo totalmente</b>, peço que justifique sua resposta para que eu possa aprimorar o modelo.</p> <p>Quais fatores críticos você considera essenciais para a implementação das servitização digital?</p> <p>R.: _____</p>                               |

## Roteiro do questionário

(continua)

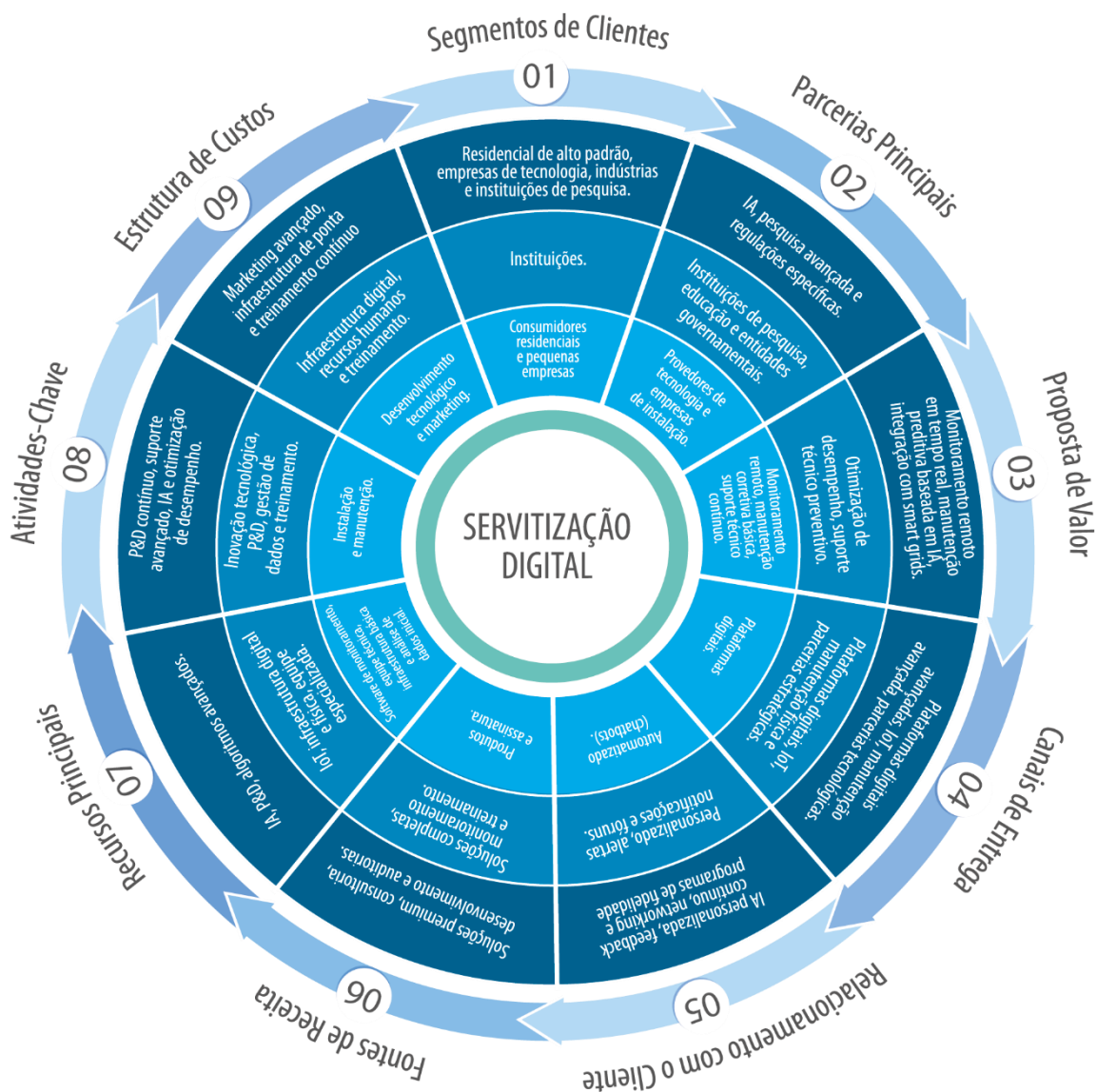
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13.                                                    | <p>O Fluxograma está conceitualmente alinhado com a literatura sobre servitização digital?</p> <p>( ) Concordo totalmente    ( ) Concordo parcialmente</p> <p>( ) Neutro    ( ) Discordo parcialmente</p> <p>( ) Discordo totalmente</p> <p>Caso o pesquisador escolha uma das opções <b>(2) Discordo parcialmente</b> ou <b>(1) Discordo totalmente</b>, peço que justifique sua resposta para que eu possa aprimorar o modelo.</p> <p>Na sua opinião, por que o fluxograma não está conceitualmente alinhado coma literatura sobre servitização digital?</p> <p>R.: _____</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>SEÇÃO E – ANÁLISE DA FASE 3 ESTRUTURA DETALHADA</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                        | <p>A Figura 2 e/ou Figura 3 aprofunda a Fase 3 – Integração dos Serviços Digitais, apresentada no fluxograma (Figura 1).</p> <p>Nessa etapa, são detalhados nove segmentos para cada nível de serviço: básico, intermediário e avançado. Essa abordagem fornece uma visão técnica e aplicada do processo, destacando os serviços em cada fase.</p> <p>Principais elementos das Figuras 2 e Figura 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise da implantação em cada fase da servitização (básica, intermediária e avançada);</li> <li>• Integração dos serviços digitais nesses três níveis;</li> <li>• Implementação de novas soluções digitais;</li> <li>• Adoção de tecnologias como IoT, Big Data e IA;</li> <li>• Ajustes estratégicos para otimizar a entrega de serviços.</li> </ul> <p>Objetivo do detalhamento: Proporcionar uma análise minuciosa de cada etapa do modelo, auxiliando as empresas na avaliação de sua aplicabilidade e soluções. Além disso, o modelo servirá como um guia detalhado para apoiar as empresas na implementação eficaz do processo.</p> <p>Cabe destacar que o modelo apresentado é o fluxograma (Figura 1), e tanto a Figura 2 ou a Figura 3 representam o detalhamento da Fase 3 desse fluxograma. A Figura 2 fornece um detalhamento aplicável de forma geral, que pode ser utilizado em qualquer área que busca implantar a servitização. Já a Figura 3, foca especificamente no setor de energia solar, destacando aspectos relevantes para esse setor. Dessa forma, o modelo não apenas contribui para a prática empresarial, mas também possui importância acadêmica, possibilitando estudos e aplicações no contexto da servitização.</p> |



## Roteiro do questionário

(continua)

Figura 2 – Nível de maturidade digital geral



Legenda:

- Implantação para Serviços Digitais Básicos.
- Implantação para Serviços Digitais Intermediários.

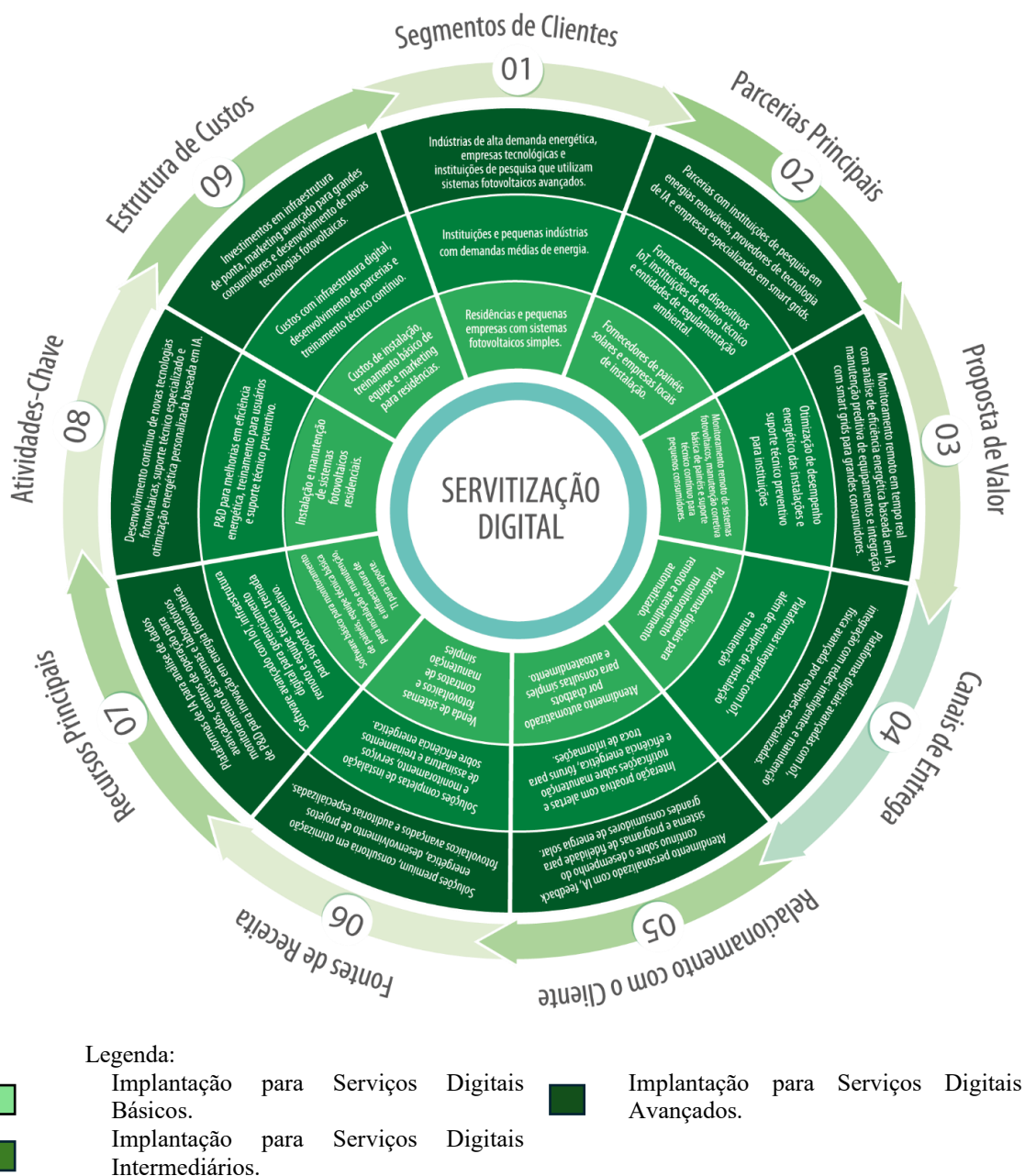
■ Implantação para Serviços Digitais Avançados.

Fonte: Elaborada pela autora com base na bibliografia consultada.

## Roteiro do questionário

(continua)

Figura 3 – Nível de maturidade digital para empresas fotovoltaicas



Fonte: Elaborada pela autora com base na bibliografia consultada.

### Roteiro do questionário

(continua)

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14. | <p>Com relação a Figura 2, a descrição da etapa representa a relação dos desafios atuais da digitalização?</p> <p>( ) Concordo totalmente    ( ) Concordo parcialmente</p> <p>( ) Neutro    ( ) Discordo parcialmente</p> <p>( ) Discordo totalmente</p> <p>Caso o pesquisador escolha uma das <b>opções (2) Discordo parcialmente ou (1) Discordo totalmente</b>, por favor, justifique sua resposta para que possa aprimorar o modelo.</p> <p>Com relação à Figura 2, por que a descrição das etapas não reflete os desafios atuais da digitalização? Que aspectos poderiam ser ajustados para melhor alinhamento com o contexto atual?</p> <p>R.: _____</p>                                                     |
| 15. | <p>Na sua opinião, o detalhamento da Figura 2 pode ser ajustada para contemplar organizações de diferentes portes (pequenas, médias e grandes) que adotam a servitização digital?</p> <p>( ) Concordo totalmente    ( ) Concordo parcialmente</p> <p>( ) Neutro    ( ) Discordo parcialmente</p> <p>( ) Discordo totalmente</p> <p>Caso o pesquisador escolha uma das opções <b>(2) Discordo parcialmente ou (1) Discordo totalmente</b>, justifique sua resposta para contribuir na melhoria do modelo.</p> <p>Na sua opinião, qual o motivo para o detalhamento da Figura 2, não abranger organizações de diferentes portes (pequenas, médias e grandes) que adotam a servitização digital?</p> <p>R.: _____</p> |

### Roteiro do questionário

(continua)

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16. | <p>Na sua opinião, o detalhamento da Figura 2 pode ser ajustado para atender diferentes tipos/segmentos de empresas que desejam implementar a servitização digital?</p> <p>( <input type="checkbox"/> ) Concordo totalmente    ( <input type="checkbox"/> ) Concordo parcialmente</p> <p>( <input type="checkbox"/> ) Neutro    ( <input type="checkbox"/> ) Discordo parcialmente</p> <p>( <input type="checkbox"/> ) Discordo totalmente</p> <p>Caso o pesquisador escolha uma das opções <b>(2) Discordo parcialmente ou (1) Discordo totalmente</b>, justifique sua resposta para contribuir na melhoria do modelo.</p> <p>Na sua opinião, qual o motivo para o detalhamento da Figura 2 não ser adequado para atender diferentes tipos de empresas que desejam implementar a servitização digital?</p> <p>R.: _____</p>                                                    |
| 17. | <p>Com relação ao detalhamento da Figura 3, a descrição da etapa representa a relação dos desafios atuais da digitalização no setor fotovoltaico?</p> <p>( <input type="checkbox"/> ) Concordo totalmente    ( <input type="checkbox"/> ) Concordo parcialmente</p> <p>( <input type="checkbox"/> ) Neutro    ( <input type="checkbox"/> ) Discordo parcialmente</p> <p>( <input type="checkbox"/> ) Discordo totalmente</p> <p>Caso o pesquisador escolha uma das opções <b>(2) Discordo parcialmente ou (1) Discordo totalmente</b>, justifique sua resposta para contribuir na melhoria do modelo.</p> <p>Por que o detalhamento da Figura 3 não descreve os desafios atuais da digitalização no setor fotovoltaico?</p> <p>Na sua opinião, quais aspectos poderiam ser aprimorados para tornar a representação mais alinhada com a realidade do setor?</p> <p>R.: _____</p> |

### Roteiro do questionário

(continua)

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 18.                                | <p>A Figura 3 considera barreiras reais para a implementação da servitização digital nas empresas do setor fotovoltaico?</p> <p>( ) Concordo totalmente    ( ) Concordo parcialmente</p> <p>( ) Neutro    ( ) Discordo parcialmente</p> <p>( ) Discordo totalmente</p> <p>Caso o pesquisador escolha uma das opções <b>(2) Discordo parcialmente ou (1) Discordo totalmente</b>, justifique sua resposta para contribuir na melhoria do modelo.</p> <p>Por que o detalhamento da Figura 3 não contempla as barreiras reais para a implementação da servitização digital nas empresas do setor fotovoltaico?</p> <p>R.: _____</p> |
| <b>SEÇÃO F – IMPACTO DO MODELO</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                    | <p>Com base na explicação do modelo de servitização digital apresentado na Figura 1 (Modelo Proposto – Fluxograma), avalia-se o impacto desse modelo no setor fotovoltaico.</p> <p>Considere um <b>impacto positivo quando os</b> valores estão mais próximos de cinco e um <b>impacto negativo</b>, para valores mais próximos de um.,</p> <p><b>(5 = impacto Muito Alto   4 = Impacto Alto   3 = Impacto Moderado   2 = Impacto baixo   1 = Impacto zero</b></p>                                                                                                                                                               |
| 19.                                | <p>O fluxograma apresenta um impacto significativo na melhoria da eficiência operacional?</p> <p>( ) Impacto muito alto    ( ) Impacto alto</p> <p>( ) Impacto moderado    ( ) Impacto baixo</p> <p>( ) Impacto zero</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 20.                                | <p>Qual é o impacto deste modelo na melhoria do atendimento em relação a experiência do cliente?</p> <p>( ) Impacto muito alto    ( ) Impacto alto</p> <p>( ) Impacto moderado    ( ) Impacto baixo</p> <p>( ) Impacto zero</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

### Roteiro do questionário

(continua)

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21.                                   | <p>Qual é o impacto deste modelo na otimização dos processos internos e na tomada de decisão?</p> <p>( ) Impacto muito alto      ( ) Impacto alto</p> <p>( ) Impacto moderado      ( ) Impacto baixo</p> <p>( ) Impacto zero</p>                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>SEÇÃO H – SUGESTÃO E MELHORIAS</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 22.                                   | <p>O Modelo abrange as barreiras críticas do processo de servitização digital?</p> <p>( ) Sim      ( ) Sim, porém parcialmente</p> <p>( ) Não abrange completamente</p>                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 23.                                   | <p>Se a resposta da pergunta anterior foi "Sim, porém parcialmente" ou "Não abrange completamente", quais barreiras você considera mais críticas que o modelo deveria enfatizar? (marque todas que se aplicam)</p> <p>( ) Resistência organizacional      ( ) Infraestrutura tecnológica inadequada</p> <p>( ) Falta de capacitação de equipes      ( ) Custo elevados de implementação</p> <p>( ) Cultura organizacional      ( ) Outros.: _____</p> |
| 24.                                   | <p>Você acredita que o modelo poderia ser utilizado no processo de servitização digital no setor fotovoltaico?</p> <p>( ) Sim, já está pronta para a aplicação prática</p> <p>( ) Sim, porém com ajustes</p> <p>( ) Não, ainda precisa de refinamento conceitual</p>                                                                                                                                                                                  |
| 25.                                   | <p>Considerando a estrutura do fluxograma apresentado, quais ajustes ou melhorias você sugere para torná-lo mais claro, preciso e alinhado com as práticas e teorias da servitização digital?</p> <p>(Se possível, indique elementos que poderiam ser melhor representados, reorganizados ou incluídos para aumentar a coerência e aplicabilidade do modelo).</p> <p>R.: _____</p>                                                                    |

### Roteiro do questionário

(conclusão)

|                               |                                                                                                                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 26.                           | Quais ajustes, seria necessário para adequar o modelo?<br><br>R.: _____                                                              |
| 27.                           | Na sua opinião, o modelo gera contribuição efetiva para a área acadêmica?<br><br>R.: _____                                           |
| 28.                           | O modelo gera contribuição efetiva para as empresas do setor fotovoltaicos?<br><br>R.: _____                                         |
| 29.                           | Se você tiver alguma contribuição adicional que considere relevante, por favor, descreva abaixo.<br><br>R.: _____                    |
| <b>SEÇÃO N – ENCERRAMENTO</b> |                                                                                                                                      |
|                               | Agradeço sua participação e suas valiosas contribuições!<br><br>Sua opinião é essencial para aprimorar este modelo.<br><br>Obrigada! |

## APÊNDICE B – ROTEIRO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

Roteiro para entrevista: Servitização digital na empresa fotovoltaica

**Objetivo:** De forma exploratória, essa entrevista visa compreender como ocorre o processo de transição para a servitização digital no contexto específico da empresa de energia solar.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Local: \_\_\_\_\_

Pesquisador: \_\_\_\_\_

Tempo duração: \_\_\_\_\_

### Roteiro da entrevista

(continua)

| SEÇÃO A – DADOS DO ENTREVISTADO                      |                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                                                   | Nome:                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2.                                                   | Cargo:                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3.                                                   | Tempo de empresa:                                                                                                                                                                                                                             |
| 4.                                                   | Experiência na área                                                                                                                                                                                                                           |
| 5.                                                   | Escolaridade/Formação:                                                                                                                                                                                                                        |
| SEÇÃO B – INFORMAÇÃO DA EMPRESA                      |                                                                                                                                                                                                                                               |
| 6.                                                   | Porte da empresa (quantos funcionários):                                                                                                                                                                                                      |
| 7.                                                   | Produtos ofertados:                                                                                                                                                                                                                           |
| 8.                                                   | Segmento da empresa:                                                                                                                                                                                                                          |
| SEÇÃO C – TIPO DE SERVIÇOS ASSOCIADO AO BEM TANGÍVEL |                                                                                                                                                                                                                                               |
| 9.                                                   | <p>Como os serviços estão associados aos produtos que a empresa fornece:</p> <p>( ) manutenção ( ) consultoria ( ) treinamento ( ) monitoramento ( ) reparo</p> <p>Há mais alguns serviços que são ofertados? Se sim, quais?</p> <p>_____</p> |



## Roteiro da entrevista

(continua)

| <b>SEÇÃO D – PROPOSTA DE VALOR</b>            |                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10.                                           | Quais são os principais benefícios oferecidos pela empresa ao integrar bens tangíveis e serviços?                  |
| 11.                                           | Como sua empresa identifica o que é mais importante para os clientes?                                              |
| 12.                                           | Existe algum diferencial em sua oferta que você acredita que se destaca na empresa no mercado?                     |
| 13.                                           | Qual forma de atendimento a empresa utiliza: atendimento presencial, plataformas digitais ou monitoramento remoto? |
| <b>SEÇÃO E – SEGMENTOS DOS CLIENTES</b>       |                                                                                                                    |
| 14.                                           | Quais são os principais perfis de clientes atendidos pela empresa?                                                 |
| 15.                                           | Há barreiras na adaptação dos serviços para atender diferentes perfis?                                             |
| <b>SEÇÃO F – CANAIS DE ENTREGA</b>            |                                                                                                                    |
| 16.                                           | Como vocês integram os canais físicos e digitais para melhorar a experiência do cliente?                           |
| 17.                                           | Existem dificuldades na adoção de canais digitais por parte dos clientes?                                          |
| <b>SEÇÃO G – RELACIONAMENTO COM O CLIENTE</b> |                                                                                                                    |
| 18.                                           | Como sua empresa gerencia o relacionamento com os clientes no contexto de servitização digital?                    |
| 19.                                           | Que estratégias são usadas para fidelizar os clientes?                                                             |
| 20.                                           | Há desafios em criar um relacionamento de longo prazo, especialmente no ambiente digital?                          |
| <b>SEÇÃO H – FONTE DE RECEITA</b>             |                                                                                                                    |
| 21.                                           | Quais são as principais fontes de receita da empresa?                                                              |
| 22.                                           | Existe alguma dificuldade em equilibrar os custos de implementação com a geração de receita?                       |
| <b>SEÇÃO I – RECURSOS PRINCIPAIS</b>          |                                                                                                                    |
| 23.                                           | Quais recursos tangíveis e intangíveis são indispensáveis para viabilizar a servitização digital na sua empresa?   |
| 24.                                           | Como vocês garantem a qualificação e treinamento da equipe?                                                        |
| 25.                                           | Há alguma dificuldade em integrar tecnologias digitais ao modelo de negócios?                                      |

## Roteiro da entrevista

(conclusão)

| <b>SEÇÃO J – ATIVIDADES-CHAVE</b>        |                                                                                                                                      |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 26.                                      | Quais são as principais atividades relacionadas à servitização digital realizadas pela sua empresa?                                  |
| 27.                                      | Existem atividades que representam maior custo ou complexidade? Se sim, como vocês gerenciam?                                        |
| <b>SEÇÃO K – ESTRUTURA DE CUSTOS</b>     |                                                                                                                                      |
| 28.                                      | Quais são os principais custos envolvidos no modelo de servitização digital?                                                         |
| 29.                                      | Como a empresa gerencia esses custos para garantir a perspectiva econômica?                                                          |
| 30.                                      | Há algum custo inesperado ou subestimado que impacta o modelo de negócio?                                                            |
| <b>SEÇÃO L – PARCERIAS PRINCIPAIS</b>    |                                                                                                                                      |
| 31.                                      | Quais são as parcerias estratégicas que sua empresa mantém para oferecer bens tangíveis e serviços?                                  |
| 32.                                      | Que tipo de colaboração é mais relevante no seu modelo de negócio? Você percebe algum desafio em manter ou expandir essas parcerias? |
| 33.                                      | Como a integração com parceiros impacta a inovação e o desempenho da empresa?                                                        |
| <b>SEÇÃO M – PERSPECTIVAS E DESAFIOS</b> |                                                                                                                                      |
| 34.                                      | Quais são os principais desafios enfrentados na implementação da servitização digital?                                               |
| 35.                                      | Como a empresa planeja superar esses desafios?                                                                                       |
| 36.                                      | Existe alguma tendência ou inovação que você acredita ser crucial para o futuro do setor?                                            |
| <b>SEÇÃO N – ENCERRAMENTO</b>            |                                                                                                                                      |
| 37.                                      | Gostaria de acrescentar algo sobre o tema que não foi abordado durante uma entrevista?                                               |
| 38.                                      | Está disponível para futuras perguntas ou esclarecimentos, caso necessário?                                                          |

## APÊNDICE C – CONVITE PARA RESPONDER O QUESTIONÁRIO

**Assunto:** Convite para participação em pesquisa acadêmica sobre Servitização Digital em Fotovoltaicas.

Prezada(o) Nome do pesquisador

Espero que este e-mail esteja bem.

Meu nome é Juliane de Freitas Battisti e atualmente estou desenvolvendo minha pesquisa de doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), sob orientação do Prof. Dr. Edson Pacheco Paladini. O objetivo central do estudo é analisar os desafios e oportunidades envolvidos no processo de transição para a servitização digital em empresas do setor de energia solar fotovoltaica.

Recebendo sua especialização e contribuição acadêmica relevante nas áreas de Sistemas Produto–Serviço (PSS), Servitização e/ou Servitização Digital, sua colaboração será de extrema importância para enriquecer e avaliar os achados desta pesquisa.

O questionário possui duração média estimada entre **15 a 20 minutos** e poderá ser acessado diretamente pelo link abaixo:

<https://docs.google.com/Forms/d/e/1FAIpQLSdcrFj2WzxzFWnVJnx7CdZpayNgIb0klJoRRNjcsVrtZD6VbQ/viewform?usp=header>

Caso concorde em participar, solicite gentilmente que o questionário seja respondido até dia **17 de março de 2025**.

Desde já, agradeço profundamente pelo seu tempo e colaboração, ficando à vontade para esclarecimentos adicionais.

Cordialmente,

Juliane de Freitas Battisti

Doutoranda em Engenharia de Produção – UFSC

Orientador: Prof. Dr. Edson Pacheco Paladini

## APÊNDICE D – REFORÇO DO CONVITE À PESQUISA

**Assunto:** Reforço – Convite para participação em pesquisa acadêmica sobre Servitização Digital em empresas fotovoltaicas.

Prezada(o) Nome do pesquisador

Espero que este e-mail esteja bem.

Gostaria de reforçar o convite para participar da minha pesquisa de doutorado sobre servitização digital no setor de energia solar. Sua contribuição será fundamental para enriquecer os achados do estudo.

Caso ainda não tenha tido a oportunidade de responder, lembre-se que o questionário pode ser acessado pelo link abaixo e leva cerca de **15 a 20 minutos** para ser concluído:

<https://docs.google.com/Forms/d/e/1FAIpQLSdcrFj2WzxzFWnVJnx7CdZpayNgIb0klJoRRNjcsVrtZD6VbQ/viewform?usp=header>

Peço gentilmente que a resposta seja enviada até **17 de março de 2025**.

Muito obrigada pelo seu tempo e atenção!

Atenciosamente,

Juliane de Freitas Battisti.

## APÊNDICE E – TERMO DE CONSENTIMENTO

**Título da pesquisa:** Impacto da servitização digital nas estratégias empresariais: um modelo de negócio para empresas fotovoltaicas

**Pesquisadora:** Juliane de Freitas Battisti – Doutoranda em Engenharia de Produção – UFSC

**Orientador:** Prof. Dr. Edson Pacheco Paladini

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa acima mencionada, que tem como objetivo investigar como as empresas de energia solar podem gerenciar eficientemente a transição para a servitização digital, integrando práticas sustentáveis e inovadoras.

A participação consiste em uma **entrevista semiestruturada**, com duração aproximada de **45 a 60 minutos**, que ocorre **presencialmente**, na data: **03/03/2025**. As informações obtidas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e científicos. O conteúdo será analisado de forma anônima, preservando a identidade dos participantes e da empresa. A participação é voluntária e o(a) participante poderá desistir a qualquer momento, sem que isso implique em qualquer prejuízo ou penalidade.

Em caso de dúvidas, fico à disposição pelo e-mail: [julianedefreitasbattisti@gmail.com](mailto:julianedefreitasbattisti@gmail.com)

### DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO:

Eu, \_\_\_\_\_, declaro que fui informado(a) sobre os objetivos, procedimentos e garantias de sigilo da pesquisa. Concordo em participar da entrevista de forma voluntária e autorizo o uso das informações para fins acadêmicos, ciente de que minha identidade será preservada.

Local: \_\_\_\_\_

Data: 03/03/2025

Assinatura do(a) participante: \_\_\_\_\_

Assinatura da pesquisadora: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE F – PORTFÓLIO DOS ARTIGOS UTILIZADOS

(continua)

| <b>Autores</b>                                    | <b>Título</b>                                                                                                          | <b>Nome da Revista</b>                                                                                    |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vandermerwe e Rada (1988)                         | Servitization of business: adding value by adding services                                                             | <i>European Management Journal</i>                                                                        |
| Mathieu (2001)                                    | Service strategies within the manufacturing sector: benefits, costs and partnership                                    | <i>International Journal of Service Industry Management</i>                                               |
| Voss, Tsikriktsis e Trohlich (2002)               | Case research in operations management                                                                                 | <i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i>                                    |
| Oliva e Kallenberg (2003)                         | Managing the transition from products to services                                                                      | <i>International Journal of Service Industry Management</i>                                               |
| Tranfield, Denyer e Smart (2003)                  | Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review              | <i>British Journal of Management</i>                                                                      |
| Davies (2004)                                     | Moving base into high-value integrated solutions: a value stream approach                                              | <i>Industrial and Corporate Change</i>                                                                    |
| Tukker (2004)                                     | Eight types of products-service system: eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet                       | <i>Business strategy and the Environment</i>                                                              |
| Brax (2005)                                       | A manufacturer becoming service provider: challenges and a paradox                                                     | <i>Managing Service Quality: An International Journal</i>                                                 |
| Gebauer, Fleisch e Friedli (2005)                 | Overcoming the service paradox in manufacturing companies                                                              | <i>European Management Journal</i>                                                                        |
| Malleret (2006)                                   | Value creation through service offers                                                                                  | <i>European Management Journal</i>                                                                        |
| Gebauer e Fleisch (2007)                          | An investigation of the relationship between behavioral processes, motivation, and investments in the service business | <i>Industrial Marketing Management</i>                                                                    |
| Machuca, González-Zamora e Aguilar-Escobar (2007) | Service operations management research                                                                                 | <i>Journal of Operations Management</i>                                                                   |
| Tuli, Kohli e Bharadwaj (2007)                    | Rethinking customer solutions: from product bundles to relational processes                                            | <i>Journal of Marketing</i>                                                                               |
| Gebauer (2008)                                    | Identifying service strategies in product manufacturing companies by exploring environment-strategy configurations     | <i>Industrial Marketing Management</i>                                                                    |
| Neely (2008)                                      | Exploring the financial consequences of the servitization of manufacturing                                             | <i>Operations Management Research</i>                                                                     |
| Baines <i>et al.</i> (2009)                       | The servitization of manufacturing: a review of literature and reflection on future challenges                         | <i>Journal of Manufacturing Technology Management</i>                                                     |
| Baines, Lightfoot e Kay (2009)                    | Servitized manufacture: practical challenges of delivering integrated products and services                            | <i>Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture</i> |

(continua)

| <b>Autores</b>                   | <b>Título</b>                                                                                                                | <b>Nome da Revista</b>                                                 |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Brax e Jonsson (2009)            | Developing integrated solution offerings for remote diagnostics: a comparative case study of two manufacturers               | <i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i> |
| Fischer <i>et al.</i> (2010)     | Exploitation or exploration in service business development: <i>insights</i> from a dynamic capabilities' perspective        | <i>Journal of Service Management</i>                                   |
| Gebauer <i>et al.</i> (2010)     | Match or mismatch: strategy structure configurations in the service business of manufacturing companies                      | <i>Journal of Service Research</i>                                     |
| Kindström (2010)                 | Towards a service-based business model–Key aspects for future competitive advantage                                          | <i>European Management Journal</i>                                     |
| Martinez <i>et al.</i> (2010)    | Challenges in transforming manufacturing organisations into product–service providers                                        | <i>Journal of Manufacturing Technology Management</i>                  |
| Van, Nees e Waltman (2010)       | Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping                                                      | <i>Scientometrics</i>                                                  |
| Gebauer e Kowalkowski (2012)     | Customer focused and service focused orientation in organizational structures                                                | <i>Journal of Business &amp; Industrial Marketing</i>                  |
| Oliva, Gebauer e Brann (2012)    | Separate or integrate? assessing the impact of separation between product and service business on service <i>performance</i> | <i>Journal of Business-to-Business Marketing</i>                       |
| Wong <i>et al.</i> (2012)        | Towards a theory of supply chain alignment enablers: a systematic literature review                                          | <i>Supply Chain Management</i>                                         |
| Baines e Lightfoot (2013)        | Made to serve: how manufacturers can compete through servitization and product–service systems                               | <i>Chichester, west sussex: wiley and sons, inc.</i>                   |
| Finne, Brax e Holmström (2013)   | Reversed servitization paths: a case analysis of two manufacturers                                                           | <i>Service Business</i>                                                |
| Gebauer, Paiola e Saccani (2013) | Characterizing service networks for moving from products to solutions                                                        | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Hou e Neely (2013)               | Barriers of servitization: results of a systematic literature review                                                         | <i>Frameworks and Analysis</i>                                         |
| Kastalli, Van Looy (2013)        | Servitization: disentangling the impact of service business model innovation on manufacturing firm <i>performance</i>        | <i>Journal of Operations Management</i>                                |
| Paiola <i>et al.</i> (2013)      | Moving from products to solutions: strategic approaches for developing capabilities                                          | <i>European Management Journal</i>                                     |
| Cusumano, Kahl e Suarez (2014)   | Services, industry evolution, and the competitive strategies of product firms                                                | <i>Strategic Management Journal</i>                                    |
| Durugbo (2014)                   | Managing industrial service co– <i>design</i> : identifying challenges from technology firms                                 | <i>The Service Industries Journal</i>                                  |
| Eggert <i>et al.</i> (2014)      | Revenue and profit implications of industrial service strategies                                                             | <i>Journal of Service Research</i>                                     |
| Grubic (2014)                    | Servitization and remote monitoring technology: A literature review and research agenda                                      | <i>Journal of Manufacturing Technology Management</i>                  |
| Kindström e Kowalkowski (2014)   | Service innovation in product–centric firms: a multidimensional business model perspective                                   | <i>Journal of Business &amp; Industrial Marketing</i>                  |

(continua)

| <b>Autores</b>                          | <b>Título</b>                                                                                                                      | <b>Nome da Revista</b>                                                 |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Nenonen, Ahvenniemi e Martinsuo (2014)  | Image risks of servitization in collaborative service deliveries                                                                   | <i>The Service Industries Journal</i>                                  |
| Parida <i>et al.</i> (2014)             | Mastering the transition to product–service provision: <i>Insights</i> into business models, learning activities, and capabilities | <i>Research–Technology Management</i>                                  |
| Vendrell-Herrero <i>et al.</i> (2014)   | Servitization as a driver for organizational change                                                                                | <i>Strategic Change</i>                                                |
| Alghisi e Sacconi (2015)                | Internal and external alignment in the servitization journey – overcoming the challenges                                           | <i>Production Planning &amp; Control</i>                               |
| Bustinza <i>et al.</i> (2015)           | Servitization and competitive advantage: the importance of organizational structure and value chain position                       | <i>Research Technology Management</i>                                  |
| Eggert, Thiesbrummel e Deutscher (2015) | Heading for new shores: do service and hybrid innovations outperform product innovations in industrial companies?                  | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Benedettini, Neely e Swink (2015)       | Why do servitized firms fail? A risk–based explanation                                                                             | <i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i> |
| Confente, Buratti e Russo (2015)        | The role of servitization for small firms: Drivers versus barriers                                                                 | <i>International Journal of Entrepreneurship and Small Business</i>    |
| Finne, Turunen e Eloranta (2015)        | Striving for network power: The perspective of solution integrators and suppliers                                                  | <i>Journal of Purchasing and Supply Management</i>                     |
| Kowalkowski <i>et al.</i> (2015)        | What service transition? rethinking established assumptions about manufacturers’ service–led growth strategies                     | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Ostrom <i>et al.</i> (2015)             | Service research priorities in a rapidly changing context                                                                          | <i>Journal of Service Research</i>                                     |
| Zhu e Zolkiewski (2015)                 | Exploring service failure in a business–to–business context                                                                        | <i>Journal of Services Marketing</i>                                   |
| Dahmani <i>et al.</i> (2016)            | A reliability diagnosis to support servitization decision–making process                                                           | <i>Journal of Manufacturing Technology Management</i>                  |
| Durugbo e Erkoyuncu (2016)              | Mitigating uncertainty for industrial service operations: a multi case study                                                       | <i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i> |
| Grubic e Peppard (2016)                 | Servitized manufacturing firms competing through remote monitoring technology: An exploratory study                                | <i>Journal of Manufacturing Technology Management</i>                  |
| Jovanovic, Engwall e Jerbrant (2016)    | Matching service offerings and product operations a key to servitization success                                                   | <i>Research Technology</i>                                             |
| Nudurupati <i>et al.</i> (2016)         | Eight challenges of servitisation for the configuration, measurement and management of organisations                               | <i>Journal of Service Theory and Practice</i>                          |
| Visnjic, Wiengarten e Neely (2016)      | Only the brave: product innovation, service business model innovation, and their impact on <i>performance</i>                      | <i>Journal of Product Innovation Management</i>                        |



(continua)

| <b>Autores</b>                             | <b>Título</b>                                                                                                                            | <b>Nome da Revista</b>                                                        |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Wang, Zhao e Voss (2016)                   | Customer orientation and innovation: a comparative study of manufacturing and service firms                                              | <i>International Journal of Production Economics</i>                          |
| Baines <i>et al.</i> (2017)                | Servitization: revisiting the state of the art and research priorities                                                                   | <i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i>        |
| Batista <i>et al.</i> (2017)               | Servitization through outcome-based contract—A systems perspective from the defence industry                                             | <i>International Journal of Production Economics</i>                          |
| Benedettini, Swink e Neely (2017)          | Examining the influence of service additions on manufacturing firms' bankruptcy likelihood                                               | <i>Industrial Marketing Management</i>                                        |
| Benyoussef-Zghidi e Zaiem (2017)           | Service orientation as a strategic <i>marketing</i> tool: the moderating effect of business sector                                       | <i>Competitiveness Review</i>                                                 |
| Böhm, Eggert e Thiesbrummel (2017)         | Service transition: a viable option for manufacturing companies with deteriorating financial <i>performance</i> ?                        | <i>Industrial Marketing Management</i>                                        |
| Brax e Visintin (2017)                     | Meta-model of servitization: the integrative profiling approach                                                                          | <i>Industrial Marketing Management</i>                                        |
| Burton <i>et al.</i> (2017)                | Overcoming the challenges that hinder new service development by manufacturers with diverse services strategies                          | <i>International Journal of Production Economics</i>                          |
| Bustinza, Vendrell-Herrero e Baines (2017) | Service implementation in manufacturing: an organisational transformation perspective                                                    | <i>International Journal of Production Economics</i>                          |
| Cenamor, Sjödin e Parida (2017)            | Adopting a platform approach in servitization: Leveraging the value of digitalization                                                    | <i>International Journal of Production Economics</i>                          |
| Forkmann <i>et al.</i> (2017a)             | Driver configurations for successful service infusion                                                                                    | <i>Journal of Service Research</i>                                            |
| Forkmann <i>et al.</i> (2017b)             | Understanding the service infusion process as a business model reconfiguration                                                           | <i>Industrial Marketing Management</i>                                        |
| Green, Davies e Ng, (2017)                 | Two strands of servitization: a thematic analysis of traditional and customer co-created servitization and future research directions    | <i>International Journal of Production Economics</i>                          |
| Kamp, Ochoa e Diaz (2017)                  | Smart servitization within the context of industrial user-supplier relationships: contingencies according to a machine tool manufacturer | <i>International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)</i> |
| Kindstrom, Ottosson e Thollander (2017)    | Driving forces for and barriers to providing energy services—a study of local and regional energy companies in Sweden                    | <i>Energy Efficiency</i>                                                      |
| Kowalkowski <i>et al.</i> (2017)           | Servitization and deservitization: overview, concepts, and definitions                                                                   | <i>Industrial Marketing Management</i>                                        |
| Kowalkowski, Gebauer e Oliva (2017)        | Service growth in product firms: past, present, and future                                                                               | <i>Industrial Marketing Management</i>                                        |
| Kreye (2017)                               | Can you put too much on your plate? uncertainty exposure in servitized triads                                                            | <i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i>        |
| Martinez <i>et al.</i> (2017)              | Exploring the journey to services                                                                                                        | <i>International Journal of Production Economics</i>                          |
| Lammi (2017)                               | Emotional service experience toolkit for servitization                                                                                   | <i>The Design Journal</i>                                                     |

(continua)

| <b>Autores</b>                         | <b>Título</b>                                                                                                                                                             | <b>Nome da Revista</b>                                                 |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Luetjen, Tietze e Schultz (2017)       | Service transitions of product-centric firms: an explorative study of service transition stages and barriers in Germany's energy market.                                  | <i>International Journal of Production Economics</i>                   |
| Luoto, Brax e Kohtamäki (2017)         | Critical meta-analysis of servitization research: constructing a model-narrative to reveal paradigmatic assumptions                                                       | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Raja e Frandsen (2017)                 | Exploring servitization in China: challenges of aligning motivation, opportunity and ability in coordinating an external service partner network                          | <i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i> |
| Raja, Frandsen e Mouritsen (2017)      | Exploring the managerial dilemmas encountered by advanced analytical equipment providers in developing service-led growth strategies                                      | <i>International Journal of Production Economics</i>                   |
| Rabetino, Kohtamaki e Gebauer (2017)   | Strategy map of servitization                                                                                                                                             | <i>International Journal of Production Economics</i>                   |
| Prester e Peles (2017)                 | Trends in Servitization: evidence from Croatia                                                                                                                            | <i>Ekonomski Pregled</i>                                               |
| Sousa e Silveira (2017)                | Capability antecedents and <i>performance</i> outcomes of servitization: differences between basic and advanced services                                                  | <i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i> |
| Spohrer (2017)                         | IBM's service journey: a summary sketch                                                                                                                                   | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Szász <i>et al.</i> (2017)             | Servitization of manufacturing: the effect of economic context                                                                                                            | <i>Journal of Manufacturing Technology Management</i>                  |
| Valtakoski (2017)                      | Explaining servitization failure and deservitization: a knowledge-based perspective                                                                                       | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Vendrell-Herrero <i>et al.</i> (2017a) | Servitization, digitization and supply chain interdependency                                                                                                              | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Wan <i>et al.</i> (2017)               | Process and knowledge management in a collaborative maintenance planning system for high value machine tools                                                              | <i>Computers in Industry</i>                                           |
| Yang, Gao e Shen (2017)                | Different roles of control mechanisms in buyer-supplier conflict: an empirical study from China                                                                           | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Zhang e Banerji (2017)                 | Challenges of servitization: a systematic literature review                                                                                                               | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Ziaee-Bigdeli <i>et al.</i> (2017)     | Organisational change towards servitization: a theoretical framework                                                                                                      | <i>Competitiveness Review: An International Business Journal</i>       |
| Ambroise, Prim-Allaz e Teyssier (2018) | Financial <i>performance</i> of servitized manufacturing firms: a configuration issue between servitization strategies and customer-oriented organizational <i>design</i> | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Coreynen <i>et al.</i> (2018)          | Internal levers for servitization: how product-oriented manufacturers can upscale product-service systems                                                                 | <i>International Journal of Production Research</i>                    |
| Hou e Neely (2018)                     | Investigating risks of outcome-based service contracts from a provider's perspective                                                                                      | <i>International Journal of Production Research</i>                    |
| Visnjic, Neely e Jovanovic (2018)      | The path to outcome delivery: interplay of service market strategy and open business models                                                                               | <i>Technovation</i>                                                    |

(continua)

| <b>Autores</b>                      | <b>Título</b>                                                                                                                                     | <b>Nome da Revista</b>                                 |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Benedettini e Neely (2019)          | Service providers and firm <i>performance</i> : investigating the <i>non-linear</i> effect of dependence                                          | <i>Journal of Service Management</i>                   |
| Cui <i>et al.</i> (2019)            | Causal or effectual? dynamics of decision-making logics in servitization                                                                          | <i>Industrial Marketing Management</i>                 |
| Iriarte <i>et al.</i> (2019)        | To be or not to be. The Servitization dilemma and the role of <i>design</i>                                                                       | <i>Design Journal</i>                                  |
| Frank <i>et al.</i> (2019)          | Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective                | <i>Technological Forecasting and Social Change</i>     |
| Li e Chen (2019)                    | The role of supplier collaboration and risk management capabilities in managing product complexity                                                | <i>Operations Management Research</i>                  |
| Martin, Schroeder Bigdeli (2019)    | The value architecture of servitization: expanding the research scope                                                                             | <i>Journal of Business Research</i>                    |
| Parida, Sjödin e Reim (2019)        | Leveraging digitalization for advanced service business models: Reflections from a systematic literature review and special issue contributions   | <i>Sustainability</i>                                  |
| Raddats <i>et al.</i> (2019)        | Servitization: a contemporary thematic review of four major research streams                                                                      | <i>Industrial Marketing Management</i>                 |
| Reim, Sjödin e Parida (2019)        | Servitization of global service network actors – a contingency framework for matching challenges and strategies in service transition             | <i>Journal of Business Research</i>                    |
| Yan <i>et al.</i> (2019)            | Overcoming the service paradox by leveraging organizational <i>design</i> and cultural factors: a combined configuration and contingency approach | <i>IEEE Transactions on Engineering Management</i>     |
| Baines <i>et al.</i> (2020)         | Framing the servitization transformation process: a model to understand and facilitate the servitization journey                                  | <i>International Journal of Production Economics</i>   |
| Chen, Huang e Liu (2020)            | Operations management in the digitization era: From empowering to enabling                                                                        | <i>Management World</i>                                |
| Colm, Ordanini e Bornemann (2020)   | Dynamic Governance Matching in Solution Development                                                                                               | <i>Journal of Marketing</i>                            |
| Dmitrijeva <i>et al.</i> (2020)     | Context matters: how internal and external factors impact servitization                                                                           | <i>Production Planning &amp; Control</i>               |
| Ghobakhloo (2020)                   | Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability                                                                                  | <i>Journal of Cleaner Production</i>                   |
| Kamal <i>et al.</i> (2020)          | Servitization implementation in the manufacturing organisations: classification of strategies, definitions, benefits and challenges               | <i>International Journal of Information Management</i> |
| Kohtamäki, Einola e Rabetino (2020) | Exploring servitization through the paradox lens: coping practices in servitization                                                               | <i>International Journal of Production Economics</i>   |

(continua)

| <b>Autores</b>                                 | <b>Título</b>                                                                                                                                                                                      | <b>Nome da Revista</b>                                                 |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Kryvinska, Kaczor e Strauss (2020)             | Enterprises' Servitization in the First Decade—Retrospective Analysis of Back–End and Front–End Challenges                                                                                         | <i>Applied Sciences</i>                                                |
| Legros <i>et al.</i> (2020)                    | Front–office multitasking between service encounters and back–office tasks                                                                                                                         | <i>European Journal of Operational Research</i>                        |
| Lexutt (2020)                                  | Different roads to servitization success: A configurational analysis of financial and non–financial service <i>performance</i>                                                                     | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Paschou <i>et al.</i> (2020)                   | Digital servitization in manufacturing: A systematic literature review and research agenda                                                                                                         | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Sjödin <i>et al.</i> (2020)                    | An agile co–creation process for digital servitization: A micro–service innovation approach                                                                                                        | <i>Journal of Business Research</i>                                    |
| Tóth <i>et al.</i> (2020)                      | A paradox theory approach to tensions in digital servitization: the case of the aerospace and maritime industries                                                                                  | <i>Advanced Services for Sustainability and Growth</i>                 |
| Xu e Long (2020)                               | The role of supply chain integration in the transformation of food manufacturers: a case study from China                                                                                          | <i>International Journal of Logistics Research and Applications</i>    |
| Zhou <i>et al.</i> (2020)                      | <i>Performance</i> implications of servitization: does a Manufacturer's service supply network matter?                                                                                             | <i>International Journal of Production Economics</i>                   |
| Gomes <i>et al.</i> (2021)                     | A history–based framework of servitization and deservitization                                                                                                                                     | <i>International Journal of Operations &amp; Production Management</i> |
| Dmitrijeva <i>et al.</i> (2022)                | Paradoxes in servitization: A processual perspective                                                                                                                                               | <i>Industrial Marketing Management</i>                                 |
| Favaretto <i>et al.</i> (2022)                 | From servitization to digital servitization: How digitalization trans <i>Forms</i> companies' transition towards services                                                                          | <i>Industrial marketing management</i>                                 |
| Grybauskas, Stefanini e Ghobakhloo (2022)      | Social sustainability in the age of digitalization: A systematic literature Review on the social implications of industry 4.0                                                                      | <i>Technology in Society</i>                                           |
| Battisti, Cauchick–Miguel e Sousa–Zomer (2023) | From servitization to deservitization: a literature review on the aspects related to a deservitization movement in manufacturing firms.                                                            | <i>Production</i>                                                      |
| Broccardo <i>et al.</i> (2023)                 | How digitalization supports a sustainable business model: A literature review                                                                                                                      | <i>Technological Forecasting and Social Change</i>                     |
| Chávez <i>et al.</i> (2023)                    | Analyzing the risks of digital servitization in the machine tool industry                                                                                                                          | <i>Robotics and Computer-Integrated Manufacturing</i>                  |
| Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023)              | Moving from servitization to digital servitization: Identifying the required dynamic capabilities and related microfoundations to facilitate the transition                                        | <i>Journal of Business Research</i>                                    |
| Lyu <i>et al.</i> (2023)                       | Breaking away from servitization paradox to improve manufacturing enterprises' service innovation <i>performance</i> : the roles of market orientation and service supply chain dynamic capability | <i>Journal of Organizational Change Management</i>                     |
| Shen, Sun e Parida (2023)                      | Consolidating digital servitization research: A systematic review, integrative framework, and future research directions                                                                           | <i>Technological Forecasting and Social Change</i>                     |

(conclusão)

| <b>Autores</b>                        | <b>Título</b>                                                                                                                                           | <b>Nome da Revista</b>                                |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Vandermerwe e Erixon (2023)           | Servitization of business updated: Now, new, next                                                                                                       | <i>European Management Journal</i>                    |
| Wang <i>et al.</i> (2023)             | A systematic review for organizing servitization by multi-actor collaborations: lenses, factors and outcomes                                            | <i>Journal of Business &amp; Industrial Marketing</i> |
| Xing, Liu e Davies (2023)             | Servitization innovation: a systematic review, integrative framework, and future research directions                                                    | <i>Technovation</i>                                   |
| Yang, Zhang e Zhang (2023)            | Leveraging digitalization and servitization to improve financial <i>performance</i>                                                                     | <i>Production Planning &amp; Control</i>              |
| Chávez <i>et al.</i> (2024)           | Advancing sustainability through digital servitization: An exploratory study in the maritime shipping industry                                          | <i>Journal of Cleaner Production</i>                  |
| Lv e Chen (2024)                      | The Collision of digital and green: Digital transformation and green economic efficiency                                                                | <i>Journal of Environmental Management</i>            |
| Vom Scheidt e Staudt (2024)           | A data-driven Recommendation Tool for Sustainable Utility Service Bundles                                                                               | <i>Applied Energy</i>                                 |
| Smania <i>et al.</i> (2024)           | Unraveling paradoxical tensions in digital servitization ecosystems: An analysis of their interrelationships from the technology provider's perspective | <i>Technovation</i>                                   |
| Upadhayay <i>et al.</i> (2024)        | Blazing the trail: The role of digital and green servitization on technological innovation                                                              | <i>Technovation</i>                                   |
| Vendrell-Herrero <i>et al.</i> (2024) | The order of the factors matters: How digital transformation and servitization integrate more efficiently                                               | <i>International Journal of Production Economics</i>  |

## APÊNDICE G – COMPONENTES MN DIGITAIS

(continua)

| Autores                            | Principais discussões                                             | Componentes do modelo de negócio |                       |        |                             |                   |                     |                       |                      |                     |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
|                                    |                                                                   | Proposta de valor                | Segmentos de clientes | Canais | Relacionamento com clientes | Fontes de receita | Recursos principais | Atividades principais | Parcerias principais | Estrutura de custos |
| Cenamor, Sjödin e Parida (2017)    | Monitoramento remoto e Gerenciamento de ativos digital            | X                                |                       | X      |                             |                   | X                   | X                     |                      | X                   |
| Chávez <i>et al.</i> (2023)        | Mitigação de riscos digitais                                      | X                                |                       |        |                             |                   | X                   | X                     |                      |                     |
| Chávez <i>et al.</i> (2024)        | Soluções sustentáveis digitais                                    | X                                |                       |        |                             |                   | X                   | X                     |                      | X                   |
| Chirumalla, Leoni e Oghazi (2023)  | Desenvolvimento de capacidades digitais                           | X                                |                       |        |                             |                   | X                   | X                     |                      |                     |
| Cui <i>et al.</i> (2019)           | Análise de dados                                                  | X                                |                       |        |                             |                   | X                   | X                     |                      |                     |
| Eggert <i>et al.</i> (2022)        | Soluções integradas digitais                                      | X                                |                       |        |                             |                   | X                   | X                     |                      |                     |
| Favoretto <i>et al.</i> (2022)     | Transformação digital                                             | X                                |                       |        |                             |                   | X                   | X                     |                      | X                   |
| Frank <i>et al.</i> (2019)         | Automatização de serviços e serviços de monitoramento inteligente | X                                |                       |        |                             |                   | X                   | X                     |                      |                     |
| Paschou <i>et al.</i> (2020)       | Serviços de manutenção preditiva e atualizações de software       | X                                |                       |        |                             |                   | X                   | X                     |                      |                     |
| Ruiz-Alba <i>et al.</i> (2019)     | Suporte técnico digital                                           | X                                |                       |        | X                           |                   |                     |                       |                      |                     |
| Sánchez-López <i>et al.</i> (2018) | Inovação contínua digital                                         | X                                |                       |        |                             |                   | X                   | X                     |                      |                     |
| Shen, Sun e Parida (2023)          | <i>Frameworks</i> de implementação digital                        | X                                |                       |        |                             |                   | X                   | X                     |                      |                     |

(conclusão)

| Autores                               | Principais discussões                                       | Componentes do modelo de negócio |                       |        |                             |                   |                     |                       |                      |                     |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
|                                       |                                                             | Proposta de valor                | Segmentos de clientes | Canais | Relacionamento com clientes | Fontes de receita | Recursos principais | Atividades principais | Parcerias principais | Estrutura de custos |
| Sjödin <i>et al.</i> (2020)           | Inovação em micro serviços e cocriação digital com clientes | X                                | X                     |        | X                           |                   | X                   | X                     |                      |                     |
| Upadhayay <i>et al.</i> (2024)        | Inovação tecnológica digital                                | X                                |                       |        |                             |                   | X                   | X                     |                      |                     |
| Vendrell-Herrero <i>et al.</i> (2024) | Planejamento estratégico digital                            | X                                |                       |        |                             |                   | X                   | X                     |                      | X                   |
| Zheng <i>et al.</i> (2018)            | <i>Design</i> de sistemas inteligentes                      | X                                |                       |        |                             |                   | X                   | X                     |                      |                     |