

Gustavo Scheid Prass

**MODELO DE AVALIAÇÃO DO USO DE PRÁTICAS DE
DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTOS NO
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MOLDES DE
INJEÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Mecânicas da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Ciências Mecânicas.
Orientador: Prof. Dr. Eng. Cristiano Vasconcellos Ferreira.

Joinville
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Prass, Gustavo Scheid
Modelo de Avaliação do Uso de Práticas de
Desenvolvimento Enxuto de Produtos no Processo de
Desenvolvimento de Moldes de Injeção / Gustavo Scheid Prass
; orientador, Cristiano Vasconcellos Ferreira - Joinville,
SC, 2017.
167 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Campus Joinville. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia e Ciências Mecânicas.

Inclui referências

1. Engenharia e Ciências Mecânicas. 2. Modelo de
Avaliação. 3. Desenvolvimento Enxuto de Produtos. 4.
Desenvolvimento de Moldes de Injeção. I. Ferreira,
Cristiano Vasconcellos. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências
Mecânicas. III. Título.

Gustavo Scheid Prass

**MODELO DE AVALIAÇÃO DO USO DE PRÁTICAS DE
DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTOS NO
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MOLDES DE
INJEÇÃO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia e Ciências Mecânicas”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Mecânicas.

Joinville, 15 de Fevereiro de 2017.

Prof. Breno Salgado Barra, Dr. Eng.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Cristiano Vasconcellos
Ferreira, Dr. Eng.
Orientador
UFSC

Prof. Régis Kovacs Scalice,
Dr. Eng.
UFSC

Prof. Carlos Maurício Sacchelli,
Dr. Eng.
UFSC

Prof. Jefferson de Oliveira
Gomes, Dr. Eng.
ITA

Dedico este trabalho aos meus pais,
professores, amigos e namorada.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Marcos e Rosane, por me darem a oportunidade de estudar e me dedicar aos meus objetivos de vida.

A minha namorada, por me acompanhar ao longo da minha jornada dentro da graduação e do mestrado, sempre me apoiando.

Aos meus familiares e amigos, por me alegrarem e ajudarem a superar desafios.

A Associação Brasileira da Indústria de Ferramentais, por apoiar o desenvolvimento e a aplicação deste trabalho.

Às empresas que participaram da aplicação do modelo de avaliação, pela disponibilidade e interesse em participar neste trabalho.

A Universidade Federal de Santa Catarina, por me dar as oportunidades de aprender com profissionais dedicados e competentes.

Aos meus professores, por colaborarem para minha formação acadêmica e profissional, me auxiliando a trilhar meu caminho.

E ao meu orientador Prof. Dr. Cristiano Vasconcellos Ferreira, pelos ensinamentos valiosos, pelas horas de trabalho dedicadas e pelos caminhos compartilhados.

RESUMO

As organizações que pretendem garantir sua participação em um mercado cada vez mais competitivo têm o desafio de desenvolver seus produtos de maneira dinâmica e eficiente. Como os moldes de injeção são sistemas complexos que exigem um grande esforço da empresa responsável pelo seu projeto e fabricação, salienta-se a importância de ter um processo de desenvolvimento de moldes de injeção estruturado. Neste contexto, foram levantados na literatura, modelos de referência específicos para o desenvolvimento de moldes de injeção e práticas (métodos e ferramentas) de desenvolvimento enxuto de produtos. A inserção das práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produtos (PDP) de uma organização é uma atividade complexa, que requer mudanças comportamentais e culturais. Deste modo, deve se verificar a maturidade de utilização das práticas enxutas no PDP de uma empresa, para que esta tenha informações para implantar melhorias em seus processos. Assim, este trabalho tem como principal objetivo propor um modelo de avaliação do uso de práticas de desenvolvimento enxuto de produtos no processo de desenvolvimento de moldes de injeção. O modelo proposto alinha as práticas com as fases do processo de desenvolvimento de moldes de injeção, permitindo apreciar individualmente cada fase de desenvolvimento com base nos critérios estabelecidos. Os resultados provenientes do modelo de avaliação são apresentados na forma de gráficos e tabelas, que auxiliam as empresas a conhecer a forma que utilizam práticas de desenvolvimento enxuto de produtos em seus processos. O modelo foi aplicado em empresas do setor de ferramentais da região de Joinville com o auxílio de um instrumento de avaliação. Os dados coletados pelo instrumento foram inseridos no modelo e os resultados da avaliação foram obtidos. Com a aplicação do modelo de avaliação foi possível verificar o nível de maturidade do uso das práticas enxutas pelas empresas do setor de ferramentais. Ademais, o modelo pode ser utilizado como uma ferramenta de benchmarking entre empresas, e pode ser modificado e aplicado em empresas de outros setores.

Palavras-chave: Modelo de Avaliação. Desenvolvimento Enxuto de Produtos. Desenvolvimento de Moldes de Injeção.

ABSTRACT

Organizations that want to ensure their participation in an increasingly competitive market have the challenge of developing their products dynamically and efficiently. As injection molds are complex systems that require a great deal of effort from the company responsible for their design and manufacturing, it is noted the importance of having a structured injection mold developing process. In this context, specific reference models for the injection molds development and practices (methods and tools) for lean product development were raised in the literature. Inserting lean practices into an organization's product development process (PDP) is a complex activity that requires behavioral and cultural changes. Thus, the usage maturity of lean practices in a company's PDP should be verified, so that it has information to implement improvements in its processes. Thus, this work has as main objective to propose an evaluation model of the lean product development practices usage in the injection mold development process. The proposed model aligns the practices with the phases of the injection mold development process, allowing to individually evaluate each development phase based on the established criteria. The results from the evaluation model are presented in the form of graphs and tables, which help companies to know how they use lean product development practices in their processes. The model was applied in companies of the tooling sector of the Joinville region with the aid of an evaluation instrument. The data collected by the instrument were inserted into the model and the results of the evaluation were obtained. With the application of the evaluation model it was possible to verify the level of usage maturity of the lean practices by the companies of the tooling sector. In addition, the model can be used as a benchmarking tool between companies, and can be modified and applied in companies from other sectors.

Keywords: Evaluation Model. Lean Product Development. Injection Mold Development.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1 - Visão Simplificada do Modelo de Referência do Processo de Desenvolvimento de Produtos. | 21 |
| Figura 2 - Metodologia científica adotada. | 27 |
| Figura 3 - Mapa conceitual de moldes de injeção. | 32 |
| Figura 4 - Diagrama de uma máquina de moldagem por injeção. | 32 |
| Figura 5 - Molde de injeção de duas placas. | 34 |
| Figura 6 - Visão Geral do Modelo de Referência do Processo de Desenvolvimento de Produtos. | 36 |
| Figura 7 - Síntese do modelo de referência proposto por Sacchelli (2007). | 39 |
| Figura 8 - Processo de desenvolvimento de produto integrado ao do molde. ... | 40 |
| Figura 9 – Modelo de referência proposto por Kazmer (2007). | 41 |
| Figura 10 - Modelo de referência proposto por Fuh et al. (2004). | 43 |
| Figura 11 - Desenvolvimento de componentes injetados. | 44 |
| Figura 12 - Mapa Conceitual do Desenvolvimento Enxuto de Produtos. | 46 |
| Figura 13 - Princípios enxutos aplicados no PDP. | 49 |
| Figura 14 - Relação de valor para o cliente. | 50 |
| Figura 15 - Esquema comparativo entre engenharia simultânea e SBCE. | 57 |
| Figura 16 - Exemplo de Reporte A3. | 61 |
| Figura 17 - Matriz da Casa da Qualidade do QFD. | 65 |
| Figura 18 - Visão Geral da Proposição do Modelo de Avaliação. | 69 |
| Figura 19 - Visão Geral da Ponderação dos Critérios de Avaliação. | 90 |
| Figura 20 - Interface de julgamentos de critérios do MACBETH. | 91 |
| Figura 21 - Interface de julgamentos de critérios com inconsistência. | 91 |
| Figura 22 - Níveis de avaliação para o reporte A3 na fase de contratação. | 94 |
| Figura 23 - Página 1 de 7 do formulário de avaliação da fase de certificação. . | 98 |
| Figura 24 - Pergunta do formulário de avaliação para a fase de certificação. ... | 99 |
| Figura 25- Desempenho do uso do reporte A3 na fase de contratação. | 100 |
| Figura 26 - Pontuações e desempenhos detalhados na fase de contratação. ... | 100 |
| Figura 27 - Pontuações e desempenhos por prática enxuta. | 101 |
| Figura 28 - Pontuações e desempenhos por fase e geral. | 102 |
| Figura 29 - Pontuações e desempenhos na fase de contratação - empresa A. . | 104 |
| Figura 30 - Pontuações e desempenhos na fase de planejamento - empresa A. | 105 |
| Figura 31 - Pontuações e desempenhos na fase de projeto - empresa A. | 106 |

| | |
|--|-----|
| Figura 32 - Pontuações e desempenhos na fase de fabricação - empresa A.... | 107 |
| Figura 33 - Pontuações e desempenhos na fase de certificação - empresa A.. | 108 |
| Figura 34 - Pontuações e desempenhos por fase e geral - empresa A. | 108 |
| Figura 35 - Pontuações e desempenhos por prática enxuta - empresa A. | 109 |
| Figura 36 - Pontuações e desempenhos na fase de contratação - empresa B.. | 110 |
| Figura 37 - Pontuações e desempenhos na fase de planejamento - empresa B. | 111 |
| Figura 38 - Pontuações e desempenhos na fase de projeto - empresa B. | 112 |
| Figura 39 - Pontuações e desempenhos na fase de fabricação - empresa B.... | 113 |
| Figura 40 - Pontuações e desempenhos na fase de certificação - empresa B.. | 114 |
| Figura 41 - Pontuações e desempenhos por fase e geral - empresa B..... | 114 |
| Figura 42 - Pontuações e desempenhos por prática enxuta - empresa B. | 115 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Componentes de um molde de injeção de duas placas..... | 35 |
| Tabela 2 - Princípios Enxutos aplicados no PDP..... | 47 |
| Tabela 3 - Princípios enxutos na manufatura e no PDP..... | 48 |
| Tabela 4 - Relação entre desperdícios na manufatura e no PDP..... | 53 |
| Tabela 5 - Relação entre desperdícios na manufatura e no PDP (Continuação). | 54 |
| Tabela 6 - Comparação entre os modelos de referência específicos abordados. | 68 |
| Tabela 7 - Fases e Atividades de Desenvolvimento de Moldes de Injeção..... | 71 |
| Tabela 8 - Fases e Atividades de Desenvolvimento de Moldes de Injeção (continuação). | 72 |
| Tabela 9 – Combinação das práticas enxutas com as fases do desenvolvimento de moldes de injeção..... | 73 |
| Tabela 10 – Exemplo de aplicação das práticas enxutas..... | 75 |
| Tabela 11 – Exemplo de aplicação das práticas enxutas (continuação). | 76 |
| Tabela 12 - Critérios de avaliação para a fase de contratação..... | 77 |
| Tabela 13 - Critérios de avaliação para a fase de contratação (continuação). ... | 78 |
| Tabela 14 - Critérios de avaliação para a fase de contratação (continuação). ... | 79 |
| Tabela 15 - Critérios de avaliação para a fase de planejamento. | 80 |
| Tabela 16 - Critérios de avaliação para a fase de planejamento (continuação). .. | 81 |
| Tabela 17 - Critérios de avaliação para a fase de planejamento (continuação). .. | 82 |
| Tabela 18 - Critérios de avaliação para a fase de projeto..... | 82 |
| Tabela 19 - Critérios de avaliação para a fase de projeto (continuação). | 83 |
| Tabela 20 - Critérios de avaliação para a fase de projeto (continuação). | 84 |
| Tabela 21 - Critérios de avaliação para a fase de projeto (continuação). | 85 |
| Tabela 22 - Critérios de avaliação para a fase de fabricação. | 86 |
| Tabela 23 - Critérios de avaliação para a fase de fabricação (continuação)..... | 87 |
| Tabela 24 - Critérios de avaliação para a fase de certificação. | 88 |
| Tabela 25 - Critérios de avaliação para a fase de certificação. | 89 |
| Tabela 26 - Peso dos critérios para o reporte A3 na fase de contratação. | 92 |
| Tabela 27 - Disposição dos critérios para o reporte A3 na fase de contratação. | 93 |
| Tabela 28 - Pontuação dos níveis para o reporte A3 na fase de contratação..... | 93 |
| Tabela 29 - Pontuações dos níveis de avaliação na fase de contratação. | 94 |
| Tabela 30 - Pontuações dos níveis de avaliação na fase de planejamento. | 95 |
| Tabela 31 - Pontuações dos níveis de avaliação na fase de projeto. | 95 |

| | |
|---|----|
| Tabela 32 - Pontuações dos níveis de avaliação na fase de fabricação..... | 96 |
| Tabela 33 - Pontuações dos níveis de avaliação na fase de certificação..... | 96 |
| Tabela 34 - Pontuação dos níveis de avaliação geral..... | 97 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINFER - Associação Brasileira da Indústria de Ferramentais

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico

ACV - Atividades que Criam Valor

AGI - Atividade de Gerenciamento de Informação

ANCV - Atividades que Não Criam Valor

ANNCV - Atividades Necessárias que Não Criam Valor

ATF - Atividade de Transformação Física

CAD - Computer Aided Design

CAM - Computer Aided Manufacturing

DFA - Design For Assembly

DFC - Design For Cost

DFIM - Design For Injection Molding

DFM - Design For Manufacturability

DFQ - Design For Quality

ES - Engenharia Simultânea

ESI - Early Supplier Involvement

LPD - Lean Product Development

MACBETH - Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique

PDP - Processo de Desenvolvimento de Produto

PMI - Project Management Institute

QFD - Quality Function Deployment

SBCE - Set-Based Concurrent Engineering

VSM - Value Stream Mapping

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 21 |
| 1.1 | JUSTIFICATIVA | 24 |
| 1.2 | OBJETIVO | 26 |
| 1.3 | METODOLOGIA CIENTÍFICA | 26 |
| 1.4 | RESULTADOS ESPERADOS | 28 |
| 1.5 | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 28 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA..... | 31 |
| 2.1 | DESENVOLVIMENTO DE MOLDES DE INJEÇÃO | 31 |
| 2.1.1 | Processo de Desenvolvimento de Produto | 35 |
| 2.1.2 | Modelo de Referência Proposto por Sacchelli (2007)..... | 38 |
| 2.1.3 | Modelo de Referência Proposto por Kazmer (2007) | 40 |
| 2.1.4 | Modelo de Referência Proposto por Fuh et al. (2004)..... | 42 |
| 2.1.5 | Modelo de Referência Proposto por Daré (2001) | 43 |
| 2.2 | DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTOS..... | 44 |
| 2.2.1 | Princípios Enxutos | 46 |
| 2.2.2 | Desperdícios no Processo de Desenvolvimento de Produto | 52 |
| 2.2.3 | Práticas Enxutas | 55 |
| 2.3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 66 |
| 3 | PROPOSIÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO | 69 |
| 3.1 | COMBINAÇÃO DAS PRÁTICAS ENXUTAS COM AS FASES DO DESENVOLVIMENTO DE MOLDES DE INJEÇÃO | 70 |
| 3.2 | DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO | 76 |
| 3.2.1 | Critérios de avaliação para a fase de contratação | 77 |
| 3.2.2 | Critérios de avaliação para a fase de planejamento | 79 |
| 3.2.3 | Critérios de avaliação para a fase de projeto..... | 82 |
| 3.2.4 | Critérios de avaliação para a fase de fabricação | 86 |
| 3.2.5 | Critérios de avaliação para a fase de certificação | 88 |
| 3.3 | PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO | 89 |
| 3.3.1 | Definir critérios | 90 |

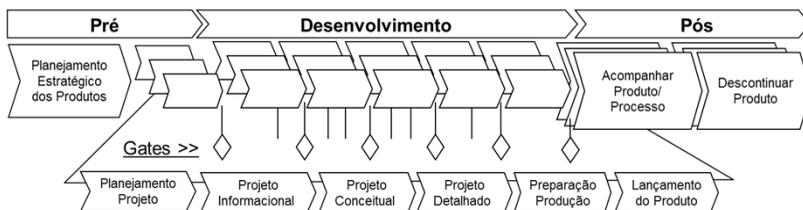
| | | |
|--------------|---|------------|
| 3.3.2 | Julgar a atratividade entre critérios e verificar a consistência dos julgamentos | 90 |
| 3.3.3 | Definir os limites da escala | 91 |
| 3.3.4 | Obter os resultados | 92 |
| 3.4 | DESCRIÇÃO DOS NÍVEIS DE AVALIAÇÃO | 92 |
| 3.5 | CRIAÇÃO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO | 97 |
| 4 | APLICAÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO | 103 |
| 4.1 | EMPRESAS PARTICIPANTES | 103 |
| 4.2 | RESULTADOS OBTIDOS | 104 |
| 4.2.1 | Empresa A | 104 |
| 4.2.2 | Empresa B | 110 |
| 5 | CONCLUSÕES | 117 |
| | REFERÊNCIAS | 121 |
| | APÊNDICE A - Peso dos Critérios de Avaliação | 129 |
| | APÊNDICE B - Fase de Contratação | 131 |
| | APÊNDICE C - Fase de Planejamento..... | 135 |
| | APÊNDICE D - Fase de Projeto | 139 |
| | APÊNDICE E - Fase de Fabricação | 145 |
| | APÊNDICE F - Fase de Certificação..... | 149 |
| | APÊNDICE G - Formulários de Avaliação..... | 151 |
| | APÊNDICE H - Métodos Multicritério..... | 161 |
| | APÊNDICE I - Julgamentos da atratividade entre crité | 163 |

1 INTRODUÇÃO

Várias organizações têm buscado acelerar o seu processo de desenvolvimento de produtos (PDP), uma vez que a concorrência é global, em inúmeros casos. A empresa que produz e entrega ao cliente as demandas no prazo correto, com o custo adequado e com o nível de qualidade exigido, tem a oportunidade de potencializar o seu sucesso. E, para isso, ter um processo de desenvolvimento de produtos estruturado é fundamental (DAL FORNO; FORCELLINI, 2012; MACHADO, 2006).

O PDP é um conjunto de atividades que buscam encontrar especificações de projeto de um produto a partir das necessidades de mercado e da capacidade tecnológica, indo ao encontro com as estratégias competitivas da empresa. Sendo, assim, uma interface entre a empresa e o mercado, identificando oportunidades e propondo soluções (ROZENFELD et al., 2006). O PDP é dividido em fases, que mesmo sendo apresentadas de forma seqüencial na Figura 1, podem ocorrer de forma simultânea em inúmeras situações.

Figura 1 - Visão Simplificada do Modelo de Referência do Processo de Desenvolvimento de Produtos.



Fonte: Adaptado de Rozenfeld et al. (2006).

Neste ambiente competitivo, salienta-se a importância do mercado de produtos plásticos, que representam cerca de 70% dos produtos manufaturados consumidos mundialmente. Somente em 2011, foram produzidos 280 milhões de toneladas de plástico (FUH et al., 2004; PLASTICS EUROPE, 2015). Grande parte destes produtos é obtida por meio do processo de moldagem por injeção, somente ficando atrás do processo de extrusão, conforme apresentado no relatório geral da ABIPLAST (2014).

O desenvolvimento de produtos injetados é caracterizado pela fragmentação de atividades, uma vez que comumente envolve várias empresas. Geralmente, uma primeira empresa fica responsável pelo

projeto do componente injetado, uma segunda empresa fica responsável pelo projeto e manufatura do molde de injeção e uma terceira empresa fica responsável pela fabricação do componente injetado (FERREIRA, 2002). Neste contexto, as empresas que projetam e fabricam os moldes de injeção, chamadas de ferramentarias, têm um papel importante no processo de desenvolvimento, pois utilizam informações do componente injetado para projetar e fabricar os moldes de injeção, o que é fator chave na qualidade e no tempo de fabricação do componente injetado, influenciando o custo final diretamente.

Além desta fragmentação, o projeto do molde de injeção é influenciado por, restrições da máquina injetora, do volume de peças que se deseja produzir, dos parâmetros do processo de injeção, do material a ser utilizado e da geometria do componente injetado. Uma vez que ocorre o aumento da complexidade de um sistema e/ou produto, mais pessoas e empresas são envolvidas na atividade de projeto de produto, portanto, o esforço para gerenciar e desenvolver o produto cresce. A falta de uma sistemática adequada para o desenvolvimento de moldes de injeção, a fragmentação das atividades do desenvolvimento do componente injetado, a complexidade dos projetos de moldes de injeção e a alta velocidade de execução de projetos exigida pelo mercado consumidor, levam ao surgimento de problemas no PDP envolvendo a fabricação de moldes de injeção (SACCHELLI, 2007).

Recentemente, algumas práticas industriais têm sido adotadas pelas empresas para se tornarem mais competitivas. Entre estas práticas, destaca-se a manufatura enxuta (*Lean Manufacturing*), que aplica princípios enxutos. Basicamente, estes princípios buscam focar os esforços em atividades que agregam valor ao produto, diminuir os esforços em atividades que não agregam valor e eliminar atividades desnecessárias, chamadas de desperdícios. É defendido que os princípios enxutos possam ser aplicados no processo de desenvolvimento de produtos, o que é chamado de **Desenvolvimento Enxuto de Produtos** (*Lean Product Development* - LPD). Este conceito também pode ser chamado de *Lean Design*. Os esforços de pesquisadores do LPD se concentram, basicamente, nas seguintes áreas (LEÓN; CROSS, 2011; OEHMEN; REBENTISCH, 2010):

- a) **Identificação dos tipos de desperdícios no PDP:** Tem como objetivo revisar extensamente as práticas enxutas que comumente são aplicadas na manufatura e traduzi-las para o PDP. Busca avaliar, empiricamente, desperdícios no PDP que podem aparecer como falha de comunicação, retrabalhos, falta de motivação, falta de reuso de informações, entre vários outros tipos de desperdícios.

E em primeiro momento, não se preocupam em tratar destes desperdícios (SALGADO et al., 2014; PESSÔA; LOUREIRO; ALVES, 2008; KATO, 2005; GRAEBSCHE; SEERING; LINDERMANN, 2005; BAUCH, 2004);

- b) **Valor no PDP e Métodos para o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* - VSM):** Tem como objetivo revisar a definição de valor dos princípios enxutos e traduzi-lo para o PDP. Busca ainda, a elaboração de métodos e ferramentas para mapear o fluxo de valor em um processo de desenvolvimento de produtos, uma vez que entendem que esta ferramenta serve como benchmarking do estado atual de um sistema/organização. Esta ferramenta é capaz de identificar desperdícios e gargalos no PDP (MILAN; REIS; COSTA, 2015; DAL FORNO; FORCELLINI, 2012; SALGADO; MELLO; SILVA, 2009; DAL FORNO et al., 2008; PESSÔA; LOUREIRO; ALVES, 2008; MCMANUS, 2005);
- c) **Aplicação de práticas no PDP:** Tem como objetivo a aplicação de práticas (métodos e ferramentas) de LPD no processo de desenvolvimento de produtos em empresas ou em simulações computadorizadas. A aplicação das ferramentas de mapeamento de fluxo de valor (VSM) têm se mostrado como potenciais na identificação de desperdícios dentro das empresas. Outras práticas enxutas visam ainda, a solução destes desperdícios e propostas de melhoria para corrigi-los, além de potencializar ações que aumentam o sucesso de um projeto (MILAN; REIS; COSTA, 2015; NAKAMURA, 2010; MACHADO, 2006; WHITAKER, 2005).
- d) **Identificação de práticas de LPD:** Tem como objetivo a identificação de práticas (métodos e ferramentas) que são utilizadas por inúmeras empresas de sucesso e que tem mostrado o aumento da competitividade da mesma, além demonstrar a diminuição do tempo de desenvolvimento e diminuição do custo de projetos (MILAN; REIS; COSTA, 2015; DAL FORNO; FORCELLINI, 2012; LEÓN; CROSS, 2011).

Destas áreas do LPD, o interesse deste trabalho é concentrado nos pontos “c” e “d”, aplicação de práticas no PDP e identificação de práticas de LPD. Portanto, neste contexto onde duas grandes áreas do conhecimento estão presentes, o processo de desenvolvimento de moldes de injeção e o desenvolvimento enxuto de produtos, é que ocorre a elaboração deste trabalho.

1.1 JUSTIFICATIVA

Como apresentado, o processo de desenvolvimento de componentes injetados tem como característica ser fragmentado, normalmente envolvendo mais do que uma empresa, fazendo com que surjam problemas que resultam no aumento do lead time (tempo entre início e o fim do desenvolvimento) e conseqüentemente no aumento do custo de desenvolvimento. Para garantir uma melhor qualidade, menor tempo de projeto e menor custo dos componentes injetados, se faz necessário a utilização de modelos de referência que favoreçam a troca de informações entre todas as etapas do processo (DIAS, 2008).

Na última década, ocorreu o crescimento acelerado da competitividade em vários segmentos econômicos no Brasil. O mesmo ocorreu com as ferramentarias, que têm como desafios, escassez de mão de obra qualificada, cargas tributárias excessivas, pesados investimentos em tecnologia e dificuldades de gestão de negócio (ABINFER, 2016). Em geral, o segmento tem apresentado baixa competitividade, o que afeta o desempenho produtivo e econômico de algumas cadeias produtivas, como exemplo, a cadeia de transformação de termoplástico e a cadeia metal-mecânica. Isto ocorre pela presença de problemas na estruturação das empresas do setor, o que atinge negativamente os padrões de qualidade, custo e entrega (SCHLOTEFELDT et al., 2016).

As ferramentarias são indústrias do ramo metal-mecânico responsável pela criação e construção de ferramentais, como os moldes de injeção. No Brasil este setor é caracterizado por empresas com até 20 funcionários (pequeno porte) e até 50 funcionários (médio porte) que representam 78,57% deste setor. Ao todo, o setor conta com 2000 ferramentarias de mercado, cujo negócio é a construção de ferramentais, e 3500 ferramentarias cativas, cujo negócio principal não é a construção de ferramentais, tendo como principal foco a manutenção destes (ABINFER, 2016).

O Brasil conta com três grandes pólos ferramenteiros, que se localizam nas cidades de Caxias do Sul (RS), Joinville (SC) e São Paulo (SP). Em números, São Paulo conta com mais de 1000 (mil) ferramentarias, seguido de Joinville com aproximadamente 400 ferramentarias e Caxias do Sul com cerca de 350 ferramentarias. Um dos fatores que foi responsável pela formação do pólo de Joinville é que a cidade tem o maior pólo de transformação de PVC, encabeçado por empresas como Tigre, Krona e FortLev (CASAGRANDE; AMAL; TOMIO, 2015). Outro dado importante do setor de fabricantes de

ferramentais indica que 77,45% dos ferramentais construídos são para o processo de injeção (ABINFER, 2016).

Neste contexto, o INOVAR-AUTO (novo Regime Automotivo), programa do governo federal que concede incentivos fiscais ao setor, estimula a produção local, à pesquisa, à inovação e ao desenvolvimento tecnológico, abriu caminhos para as ferramentarias no Brasil. Este programa governamental definiu etapas de produção de ferramental e autorizou a reversão destes gastos em créditos para desconto no Imposto sobre Produtos Industrializados. As cinco fases de desenvolvimento de ferramental creditadas pelo programa foram: planejamento, projeto, construção, testes e acabamentos. Tal programa demonstrou o interesse no crescimento industrial com geração de postos de trabalho, com foco nas áreas que envolvem maior conhecimento e elevado nível técnico (SILVA, 2015).

Tratando-se do PDP, empresas de diferentes setores têm buscado oportunidades de aplicar os princípios enxutos (base do desenvolvimento enxuto de produtos) nas atividades de desenvolvimento de produtos, princípios que são conhecidos usualmente através da manufatura enxuta (MACHADO, 2006). Para Nakamura (2010), o LPD por si só não representa uma sistemática estruturada para o PDP, desta forma não existe um modelo de referência construído sob os princípios do desenvolvimento enxuto de produtos. O autor defende que os modelos de referência para o processo de desenvolvimento de produtos podem se beneficiar das práticas do LPD nas atividades de projeto.

O modelo de referência de um processo constitui-se de atividades, informações, recursos e organização, embasados por conhecimento constituído por conceitos, métodos, técnicas e ferramentas, e tem como objetivo tornar o processo de desenvolvimento de produtos mais eficiente, pois auxilia na sua representação, compreensão, elaboração, gestão e melhoria (MUNDIN et al., 2002 apud AMIGO, 2013).

Desta forma, este trabalho propõe um modelo de avaliação do uso de práticas de desenvolvimento enxuto de produtos no processo de desenvolvimento de moldes de injeção, que busca mensurar o uso de práticas enxutas, com objetivo de caracterizar o setor e propor melhorias. Assim, pretende-se contribuir com as empresas do setor de fabricação de ferramentais, uma vez que as práticas de LPD propostas possibilitam a minimização de desperdícios, aumentam as chances de sucesso de um projeto, minimizam o tempo e o custo de desenvolvimento, resultando num aumento de competitividade.

1.2 OBJETIVO

O objetivo geral desta dissertação é propor um modelo de avaliação do uso de práticas de desenvolvimento enxuto de produtos no processo de desenvolvimento de moldes de injeção.

Para alcançar o objetivo geral desta dissertação, a metodologia científica proposta apoia-se nos resultados obtidos pelos objetivos específicos, os quais estão definidos a seguir:

- i) Identificar os modelos de referência para o desenvolvimento de moldes de injeção presentes na literatura;
- ii) Identificar as práticas (métodos e ferramentas) de desenvolvimento enxuto de produtos presentes na literatura;
- iii) Alinhar as práticas de LPD levantadas com as fases do processo de desenvolvimento de moldes de injeção descritas pelo modelo de referência adotado;
- iv) Avaliar a aplicação do modelo de avaliação proposto para investigar o uso das práticas de LPD nas ferramentarias da região de Joinville.

1.3 METODOLOGIA CIENTÍFICA

Segundo Gil (2002), as pesquisas científicas são classificadas com base em seus objetivos. O autor as classifica como: pesquisas exploratórias, pesquisas descritivas e pesquisas explicativas.

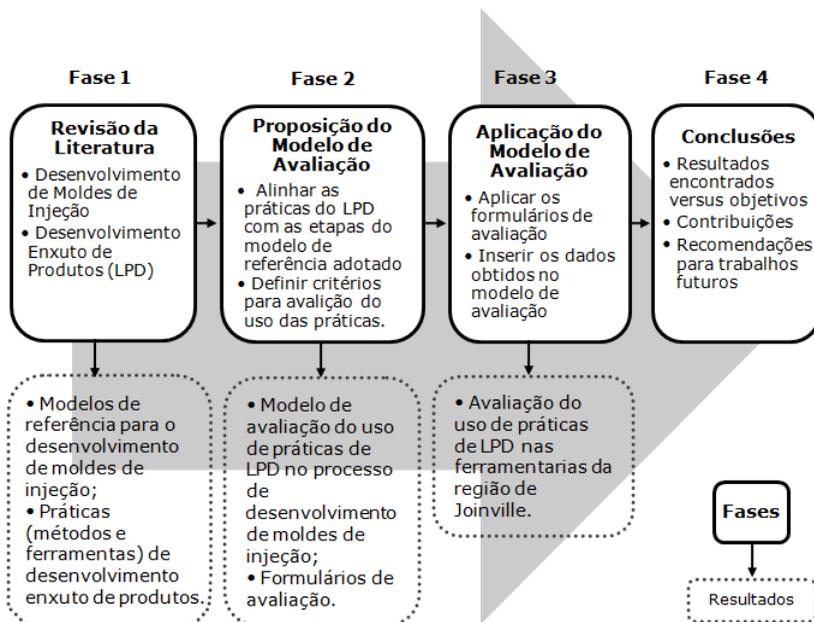
A pesquisa científica presente nesta dissertação pode ser classificada como exploratória, uma vez que tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o tema abordado, tornando-o mais explícito, além de construir hipóteses. Este tipo de pesquisa envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tenham experiência prática com o problema e estudo de casos.

A Figura 2 descreve as etapas desta pesquisa científica em forma de um diagrama, onde são vistas as principais etapas envolvidas em uma pesquisa exploratória.

A primeira fase é a **revisão da literatura**, onde são estudados os seguintes temas: desenvolvimento de moldes de injeção e desenvolvimento enxuto de produtos (LPD). A importância desta etapa é buscar, compreender e analisar o estado da arte (teórico e prático) sobre os temas, para posteriormente ter condições de propor um modelo de avaliação do uso de práticas de LPD no processo de desenvolvimento de moldes de injeção, baseado nos modelos de referência. A entrega desta fase é o levantamento das práticas (métodos e ferramentas) de LPD e

dos modelos de referência para o desenvolvimento de moldes de injeção.

Figura 2 - Metodologia científica adotada.



Fonte: Autoria Própria.

A segunda fase é a **proposição do modelo de avaliação**, onde são alinhadas as práticas de LPD com o modelo de referência para o desenvolvimento de moldes de injeção adotado. Além de definir os critérios que serão utilizados na avaliação do uso das práticas e a definição dos pesos para cada critério. Portanto, as entregas desta fase são: o modelo de avaliação do uso de práticas de LPD no processo de desenvolvimento de moldes de injeção e formulários que serão utilizados para levantar informações sobre o uso das práticas de LPD pelas ferramentarias da região de Joinville.

A terceira fase é a **aplicação do modelo de avaliação**, onde são aplicados os formulários nas ferramentarias levantando informações sobre o uso das práticas de LPD que serão introduzidas no modelo de avaliação. As entregas desta fase são: a avaliação do uso das práticas de LPD em cada uma das ferramentarias analisadas e a avaliação do uso

das práticas de LPD de forma regional, onde a média das ferramentarias é o objeto de estudo.

Finalizando com a quarta fase, **conclusões**, onde são comparados os objetivos do trabalho com os resultados obtidos nas fases anteriores. Fechando com as contribuições, pontos fortes e fracos do conjunto de práticas proposto, discussões finais e recomendações para trabalhos futuros.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que o modelo de avaliação do uso de práticas (métodos e ferramentas) de desenvolvimento enxuto de produtos no processo de desenvolvimento de moldes de injeção seja capaz de avaliar de maneira adequada os diferentes critérios estipulados para as práticas propostas. Espera-se que os resultados obtidos se tornem guias para a melhoria dos processos das empresas avaliadas, possibilitando o aumento de sua competitividade.

Além disto, espera-se que o levantamento de modelos de referência específicos para o desenvolvimento de moldes de injeção e das práticas de LPD seja adequado para o ambiente de aplicação, que neste caso é o setor de empresas de ferramentais da região de Joinville.

Por outro lado, espera-se que a organização do conhecimento apresentado na revisão bibliográfica possa ser utilizada como base de consulta para trabalhos futuros, tanto para o desenvolvimento de moldes de injeção quanto para o desenvolvimento enxuto de produtos.

E por fim, espera-se que os resultados da aplicação do modelo de avaliação representem, com completude, o cenário do uso de práticas (métodos e ferramentas) de desenvolvimento enxuto de produtos para o setor das ferramentarias. Possibilitando que trabalhos futuros sejam executados a partir dos resultados obtidos na avaliação.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada em cinco capítulos.

No Capítulo 1 (**Introdução**) são estabelecidos a motivação e os objetivos deste trabalho, são apresentados a justificativa e as contribuições do mesmo para a sociedade e/ou instituições envolvidas. Também é explicada a metodologia científica aplicada à pesquisa, que busca manter o modelo de avaliação proposto robusto e aplicável.

No Capítulo 2 (**Revisão Bibliográfica**) apresenta-se a revisão da literatura sobre modelos de referência para o desenvolvimento de

moldes de injeção e as práticas (métodos e ferramentas) do desenvolvimento enxuto de produtos.

No Capítulo 3 (**Proposição do Modelo de Avaliação**) trata-se da elaboração do modelo de avaliação do uso das práticas de LPD no processo de desenvolvimento de moldes de injeção. Onde são explicadas as técnicas envolvidas na proposição do modelo de avaliação e das ferramentas de apoio.

No Capítulo 4 (**Aplicação do Modelo de Avaliação**) são apresentadas as avaliações de algumas ferramentarias da região de Joinville, seus pontos fortes e fracos no uso das práticas de LPD no processo de desenvolvimento e o posicionamento das mesmas perante as práticas de LPD propostas.

Finalizando no Capítulo 5 (**Conclusões**) onde são expostas as conclusões sobre o modelo de avaliação proposto, suas vantagens e desvantagens, os resultados obtidos e recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

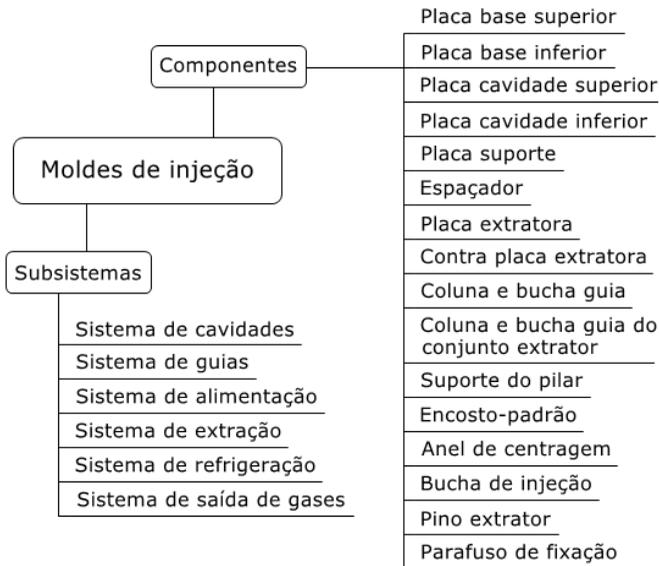
Esta revisão bibliográfica tem como objetivo tratar de temas relevantes para a construção deste trabalho. Estes temas envolvem o desenvolvimento de moldes de injeção e o desenvolvimento enxuto de produtos (LDP). Inicialmente, foi exposta uma visão geral dos moldes de injeção e, na sequência, modelos de referência específicos para o desenvolvimento de moldes de injeção. No que se refere ao LPD, foram mencionados os princípios enxutos que servem como base conceitual do LPD, os desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos, as práticas de LPD que são métodos e ferramentas que podem ser aplicados no processo de desenvolvimento de produtos.

2.1 DESENVOLVIMENTO DE MOLDES DE INJEÇÃO

Um molde de injeção é uma ferramenta desenvolvida para reproduzir uma geometria desejada, através da injeção de material fundido em suas cavidades, as quais têm forma e dimensão do componente injetado (HARADA, 2004). Igualmente, o molde de injeção pode ser considerado um sistema complexo que é desenvolvido juntamente com o componente que será injetado e é responsável por grande parte do investimento para produzir este componente. O molde é dividido em seis subsistemas: cavidades, guias, alimentação, extração, resfriamento e saída de gases (DIAS, 2008). O mapa conceitual apresentado na Figura 3 apresenta um resumo dos subsistemas que compõem o molde de injeção e dos principais componentes do molde de injeção.

O processo de moldagem por injeção utiliza os moldes de injeção como ferramenta, que é projetada e fabricada para dar forma e dimensão aos componentes injetados, com o objetivo de produzi-los em grande escala. A moldagem por injeção é um processo no qual o material é aquecido a um estado altamente plástico e é forçado a fluir sobre alta pressão nas cavidades do molde, onde ele solidifica e então é removido da cavidade na sua forma final. Os moldes de injeção podem conter mais de uma cavidade, sendo capaz de produzir mais de um componente injetado por ciclo, o que torna o processo de moldagem por injeção um atrativo para grandes volumes de produção (GROOVER, 2010).

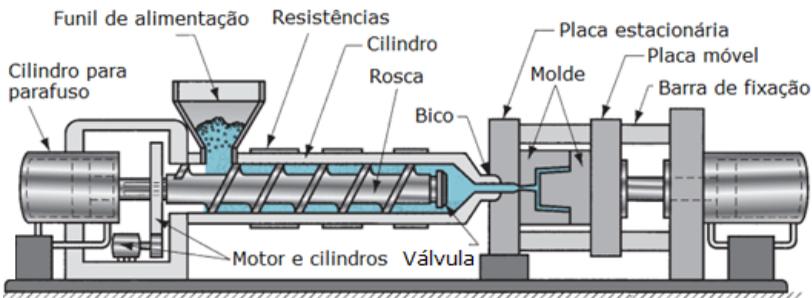
Figura 3 - Mapa conceitual de moldes de injeção.



Fonte: Autoria Própria.

O processo de moldagem de injeção ocorre em uma máquina injetora, que é esquematizada na Figura 4.

Figura 4 - Diagrama de uma máquina de moldagem por injeção.



Fonte: Adaptado de Groover (2010).

De maneira simplificada, a máquina é abastecida com o material no funil de alimentação, que é plastificado no cilindro pelo calor

transferido pelas resistências, a rosca homogênea e transporta o material para perto do molde. O bico injetor entra em contato com o anel de centragem do molde de injeção e injeta o material fundido através da bucha de injeção. A placa móvel realiza o abre e fecha do molde.

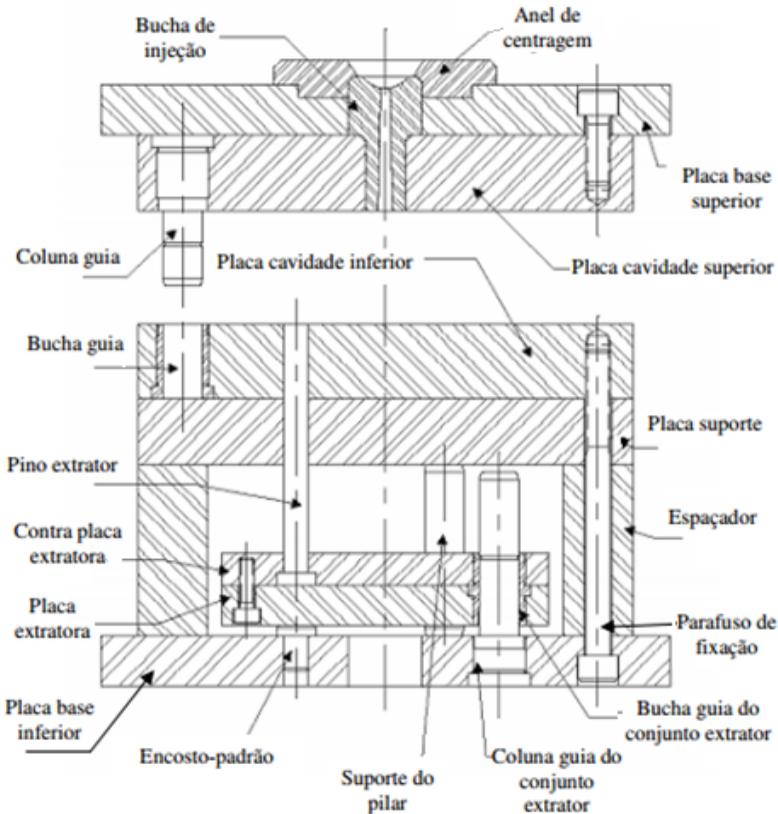
O tempo típico de um ciclo do processo de injeção dura de 10 a 30 segundos, dependendo da geometria do produto a ser injetado. Este ciclo compreende todas as fases do processo, desde o fechamento do molde até a reabertura do molde. As 7 fases são descritas sucintamente com base no texto de Silva (2009):

- **Fechamento do molde:** a máquina injetora fecha o molde de injeção e os componentes móveis do molde (utilizados para a moldagem e a extração) são posicionados (com auxílio das guias).
- **Injeção:** a rosca (fuso roscado) é empurrada por um pistão hidráulico que comprime o material já plastificado, que flui através da bucha de injeção e canais de injeção, preenchendo as cavidades do molde.
- **Recalque:** quando o material termina de preencher todas as cavidades do molde, ocorre a aplicação de uma pressão de recalque que empurra mais material para dentro do molde, aumentando um pouco a densidade do componente injetado. Essa fase é necessária para compensar o efeito da contração do material na fase de resfriamento, evitando problemas de rechupe e cavidades mal preenchidas. A pressão e tempo de recalque são ajustados de acordo com as características do componente injetado, do sistema de injeção e do material utilizado.
- **Plastificação:** a rosca retorna a posição inicial e começa uma nova dosagem de material que será injetado na segunda fase do ciclo seguinte. O movimento de rotação do fuso serve para homogeneizar o material e conduzi-lo pelo cilindro.
- **Resfriamento:** Esta se inicia juntamente com a fase de recalque e segue até a extração do componente injetado, o resfriamento é responsável por promover a solidificação do produto, para que este possa ser extraído da cavidade do molde sem sofrer deformações.
- **Abertura do molde:** juntamente com a abertura do molde, ocorre o processo de extração do componente injetado. As partes móveis do molde (placa extratora) são acionadas, movendo o conjunto extrator, que tem como função empurrar o componente injetado para fora da cavidade do molde de injeção.

- **Molde aberto:** é o período de tempo entre a abertura e o fechamento do molde, podendo ser nulo em processos automatizados e bem calibrados.

Na Figura 5 é apresentado um desenho esquemático de um molde de injeção de duas placas. Apresenta-se o molde de duas placas, um dos tipos de molde mais comum.

Figura 5 - Molde de injeção de duas placas.



Fonte: Provenza (1993) apud Sacchelli (2007).

Como visto na Figura 5, o molde de injeção é composto por inúmeros componentes, a Tabela 1 apresenta uma descrição sobre as funções dos principais componentes de um molde de injeção de duas placas.

Tabela 1 - Componentes de um molde de injeção de duas placas.

| Componentes | Funções |
|--|---|
| Placa base superior | Fixar a parte superior do molde à máquina, bem como promover estrutura aos componentes e placas adjacentes |
| Placa base inferior | Fixar a parte superior do molde à máquina, bem como promover estrutura aos componentes e placas adjacentes |
| Placa cavidade superior | Placa na qual as cavidades são usinadas ou embutidas e que darão forma a um dos lados do componente |
| Placa cavidade inferior | Placa na qual as cavidades são usinadas ou embutidas e que darão forma a um dos lados do componente |
| Placa suporte | Suportar toda pressão de injeção exercida no molde |
| Espaçador | Garantir o curso necessário às placas extratoras |
| Placa extratora | Empregada para acionar os extratores |
| Contra placa extratora | Alojar os extratores |
| Coluna e bucha guia | Guiar e centralizar a parte fixa na parte móvel |
| Coluna e bucha guia do conjunto extrator | Guiar o deslocamento das placas extratoras durante o processo de extração |
| Suporte do pilar | Evitar possíveis deflexões da placa suporte |
| Encosto-padrão | Apoiar o conjunto extrator, diminuindo a área de apoio e dando melhor assentamento |
| Anel de centragem | Centralizar o molde em relação à placa de fixação da prensa, de modo que o bico de injeção e a bucha de injeção estejam alinhados |
| Bucha de injeção | Permitir a passagem do fundido, proveniente do bico de injeção, ser introduzido ao interior do molde e direcionado as cavidades |
| Pino extrator | Extrair o componente injetado sobre o macho após a abertura do molde |
| Parafuso de fixação | Manter unido a placa base inferior, o espaçador, a placa suporte e a placa cavidade |

Fonte: Adaptado de Sacchelli (2007); Harada (2004).

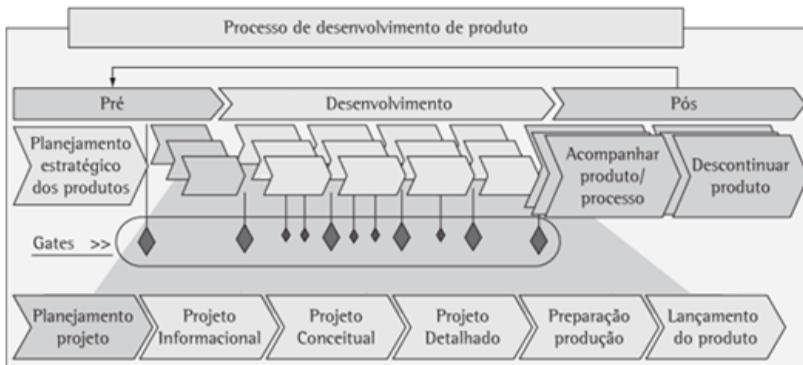
2.1.1 Processo de Desenvolvimento de Produto

Segundo a definição apresentada por Mundin et al. (2002) apud Amigo (2013), o modelo de referência de um processo constitui-se de

atividades, informações, recursos e organização, embasados por conhecimento constituído por conceitos, métodos, técnicas e ferramentas, e tem como objetivo tornar o processo de desenvolvimento de produtos mais eficiente.

Na literatura são encontrados diversos modelos de referência para o processo de desenvolvimento de produtos (ROZENFELD et al., 2006; BACK et al., 2008), os quais apresentam semelhanças entre fases e etapas. Na Figura 6 é apresentada a visão geral do modelo de referência proposto por Rozenfeld et al. (2006).

Figura 6 - Visão Geral do Modelo de Referência do Processo de Desenvolvimento de Produtos.



Fonte: Adaptado de Rozenfeld et al. (2006).

O modelo de referência proposto por Rozenfeld et al. (2006) é estruturado em três fases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. Estas fases estão descritas a seguir:

- **Pré-desenvolvimento:** esta fase é composta pelas subfases de planejamento estratégico de produtos e planejamento de projeto;
 - **Planejamento estratégico de produtos:** visa obter um plano contendo o portfólio de produtos da empresa a partir do planejamento estratégico de negócios, uma lista descrevendo a linha de produtos da empresa e os projetos que serão desenvolvidos;
 - **Planejamento de projeto:** tem o intuito de realizar o planejamento macro dos projetos de produto definidos no portfólio. O planejamento do projeto compreende os esforços no sentido de identificar todas as atividades, recursos e a

melhor forma de integrá-los para que o projeto siga em frente com o mínimo de erros. O resultado é o plano de projeto do produto, que compreende informações relevantes para a execução do projeto;

- **Desenvolvimento:** esta fase é composta pelas subfases de projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação do produto e lançamento do produto;
 - **Projeto informacional:** ocorre a definição das especificações-meta do produto, a partir das informações das necessidades dos clientes e requisitos de projeto.
 - **Projeto conceitual:** é a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto;
 - **Projeto detalhado:** tem o intuito de desenvolver e finalizar todas as especificações do produto, para então serem encaminhadas à manufatura e às outras fases do desenvolvimento;
 - **Preparação do produto:** engloba a preparação para a produção, a produção do lote piloto, a definição dos processos de produção e manutenção. Trata de atividades da cadeia de suprimentos do ponto de vista interno;
 - **Lançamento do produto:** envolve o desenvolvimento dos processos de venda e distribuição, atendimento ao cliente e assistência técnica e as campanhas de marketing. As atividades da cadeia de suprimentos relacionadas à colocação do produto no mercado;
- **Pós-desenvolvimento:** esta fase é composta pelas subfases de acompanhamento do produto e processo e descontinuação do produto no mercado;
 - **Acompanhar produto e processo:** envolve o levantamento e acompanhamento de dados e informações sobre o produto e o processo, após a entrada no mercado, visando verificar se atendem os requisitos estabelecidos no planejamento estratégico do produto;
 - **Descontinuar produto no mercado:** a produção é descontinuada quando o produto não apresenta mais vantagens e impotência do ponto de vista econômico ou estratégico. Alguns sinais do fim de vida do produto: declínio das vendas, redução na margem de lucro, perda de participação no mercado ou uma combinação desses três fatores.

O modelo de referência proposto por Rozenfeld et al. (2006) é um modelo de referência genérico. Por outro lado, existem modelos de referência que consideram as peculiaridades para cada domínio de conhecimento e são chamados de “modelos de referência específicos”. Na sequência são apresentados quatro modelos de referência específicos para o processo de desenvolvimento de moldes de injeção, propostos respectivamente por Sacchelli (2007), Kazmer (2007), Fuh et al. (2004) e Daré (2001).

2.1.2 Modelo de Referência Proposto por Sacchelli (2007)

Quando o produto que está sendo projetado é um componente injetado, no decorrer do processo de desenvolvimento deste produto também se inicia o desenvolvimento do molde de injeção. Esta abordagem está presente no modelo de referência proposto por Sacchelli (2007).

Na visão conceitual apresentada por Sacchelli (2007), o processo de desenvolvimento de componentes injetados ocorre em paralelo com o processo de desenvolvimento de moldes de injeção. São apresentadas as principais relações entre as fases de desenvolvimento do componente injetado com as fases do desenvolvimento do molde, de forma que:

- O planejamento do desenvolvimento do componente injetado deve considerar o planejamento do desenvolvimento do molde de injeção, prevendo os tempos necessários, custos e riscos envolvidos;
- No planejamento do desenvolvimento do molde, devem-se contemplar as atividades necessárias para o projeto e fabricação do molde;
- O desenvolvimento do componente injetado deve ocorrer de forma simultânea com o desenvolvimento do molde de injeção;
- Durante o projeto do molde, devem-se atentar as restrições do processo de fabricação, evitando problemas relacionados à geometria adotada, de modo que o processo atenda aos requisitos das soluções propostas;
- Deve-se analisar se os primeiros componentes injetados atendem os requisitos de projeto e, se necessário, ajustes devem ser feitos no projeto e no molde.

Na Figura 7 é apresentado o modelo de referência para o desenvolvimento de moldes de injeção proposto por Sacchelli (2007).

Figura 7 - Síntese do modelo de referência proposto por Sacchelli (2007).



Fonte: Adaptado de Sacchelli (2007).

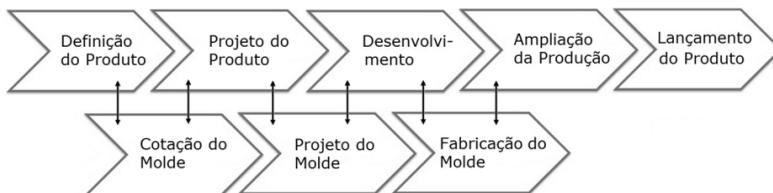
O modelo de referência para o desenvolvimento de moldes de injeção proposto por Sacchelli (2007) é composto por cinco fases, que são descritas na sequência:

- 1) **Contratação do desenvolvimento do molde:** nesta fase é elaborado o orçamento do molde de injeção, atentando-se as necessidades dos clientes;
- 2) **Planejamento do processo do desenvolvimento do molde:** ocorre o planejamento para que o processo de desenvolvimento de moldes de injeção seja executado conforme as necessidades do cliente e da ferramentaria;
- 3) **Projeto do molde:** nesta fase ocorrem os projetos informacional, conceitual, preliminar e detalhado do molde de injeção;
- 4) **Fabricação do molde:** é realizada a fabricação dos componentes do molde e sua montagem, além de tratamentos térmicos e superficiais;
- 5) **Certificação do molde:** é avaliada a funcionalidade do molde e das dimensões do componente injetado obtido nos primeiros testes.

2.1.3 Modelo de Referência Proposto por Kazmer (2007)

O desenvolvimento do molde de injeção faz parte do processo de desenvolvimento do produto (componente injetado). Como o produto e o molde são interdependentes, é importante que os engenheiros de produto e os engenheiros de moldes entendam o papel dos moldes no PDP (KAZMER, 2007). Na Figura 8 é representado o processo interativo entre o desenvolvimento do produto (componente injetado) e do molde de injeção de maneira simplificada.

Figura 8 - Processo de desenvolvimento de produto integrado ao do molde.



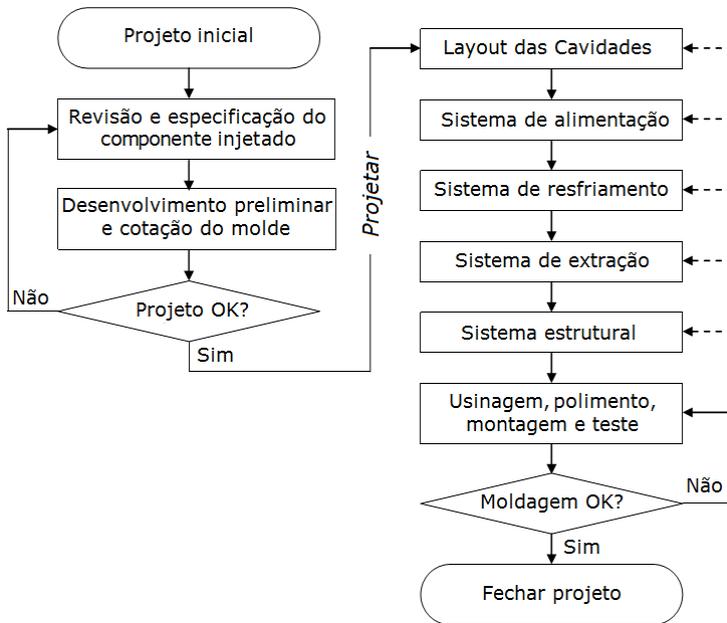
Fonte: Adaptado de Kazmer (2007).

De acordo com a proposta de Kazmer (2007), na fase de definição do produto ocorre a cotação do molde. Quando realizada a fase de projeto do produto são executadas as atividades de cotação do

molde e projeto do molde. Na fase de desenvolvimento do produto são executados o projeto do molde e a fabricação do molde. Na fase de ampliação da produção (*scale-up*) do produto se realizam a fabricação do molde, que ainda pode sofrer ajustes finais. E por fim, a fase de lançamento do produto.

De modo geral, o processo de desenvolvimento de moldes de injeção proposto por Kazmer (2007) começa com a revisão e especificação do componente injetado, seguindo para o desenvolvimento preliminar e cotação do molde, processo que é iterativo. Após aprovar o projeto inicial, inicia-se o projeto do molde e por fim, a fabricação e testes do molde. Com relação ao projeto do molde de injeção, o autor propõe o seguinte fluxo de atividades: projeta-se o layout das cavidades, especificando o tipo do molde, o número de cavidades e a posição das cavidades, além do tamanho e a espessura do molde. Após, projetam-se os demais subsistemas, lembrando que este processo pode sofrer varias iterações. Na Figura 9 é apresentado o modelo de referência para o desenvolvimento de moldes de injeção proposto por Kazmer (2007).

Figura 9 – Modelo de referência proposto por Kazmer (2007).



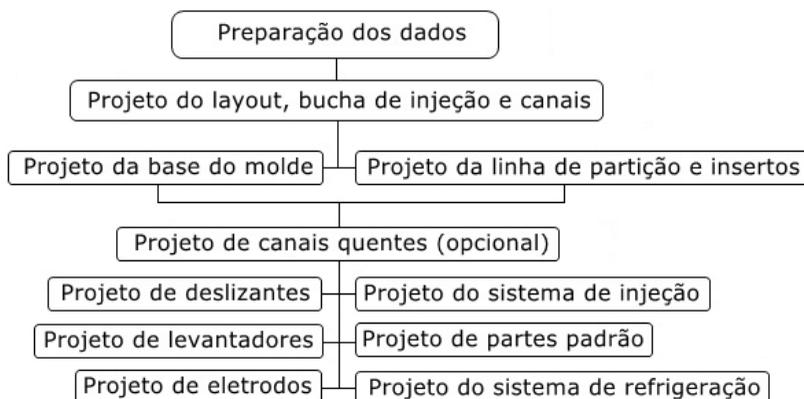
Fonte: Adaptado de Kazmer (2007).

2.1.4 Modelo de Referência Proposto por Fuh et al. (2004)

Fuh et al. (2004) sugerem um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de moldes de injeção que utiliza sistemas CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*) em seu auxílio. O modelo de referência proposto conta com onze passos, dos quais os seis últimos podem ter ordem de execução alterada sem prejudicar a execução do projeto, segundo os autores. A Figura 10 representa os passos do modelo de referência proposto, os quais estão descritos a seguir:

- 1) **Preparação dos dados:** são carregados os dados sobre o componente injetado, determinados a direção de abertura do molde e o seu tamanho, tendo em mãos todas as dimensões básicas;
- 2) **Projeto de layout, bucha de injeção e canais:** são definidas as cavidades do molde, criados os pontos de injeção e os canais que conectam a bucha de injeção até os pontos de injeção;
- 3) **Projeto da base do molde:** é definido o tipo do molde e é especificado o tamanho das placas base;
- 4) **Projeto da linha de partição e insertos:** ocorre a especificação da posição da linha de partição e são criados insertos, quando necessário;
- 5) **Projeto de canais quentes:** é projetado o sistema de alimentação quente, bucha de injeção quente e canais quentes;
- 6) **Projeto de deslizantes:** neste passo são projetadas as partes deslizantes do molde, normalmente utilizadas na presença de rebaixos, permitindo a ejeção do componente injetado durante a abertura do molde;
- 7) **Projeto de levantadores:** são projetadas as partes móveis do molde, similarmente as peças deslizantes, estes permitem a ejeção das peças com rebaixos;
- 8) **Projeto do sistema de resfriamento:** ocorre o projeto dos canais de resfriamento para a cavidade, placas de suporte, deslizantes, levantadores e outros componentes;
- 9) **Projeto do sistema de extração:** são definidos os pinos extratores e seu sistema de acionamento;
- 10) **Projeto de partes padrão:** são adicionadas as colunas e buchas guias, parafusos de fixação e outros componentes;
- 11) **Projeto de eletrodos:** são projetados os eletrodos que são utilizados na fabricação do molde, com auxílio do CAM.

Figura 10 - Modelo de referência proposto por Fuh et al. (2004).



Fonte: Adaptado de Fuh et al. (2004).

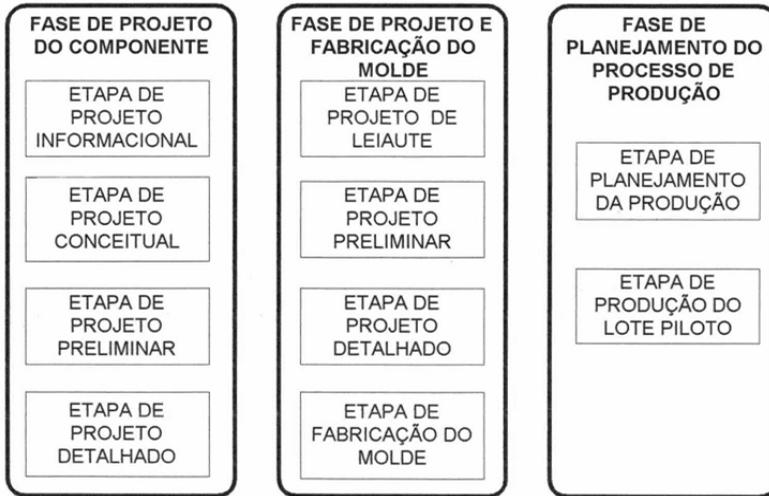
2.1.5 Modelo de Referência Proposto por Daré (2001)

Daré (2001) verificou que o setor da indústria de transformação de plásticos pratica abordagens de projeto seqüencial. O autor diz que este efeito somado as falhas de comunicação entre os responsáveis pelo projeto do componente plástico e os responsáveis pelo projeto do molde contribuem pela ocorrência de retrabalhos e má qualidade no componente obtido, elevação do custo de desenvolvimento e de produção.

Ainda de acordo com Daré (2001), existem inúmeras relações entre as atividades do projeto de molde, fazendo com que seja de grande dificuldade a construção de uma sistemática para o processo, uma vez que as decisões devem ser tomadas iterativamente e simultaneamente. Cada molde de injeção é um projeto único e os modelos do processo de desenvolvimento são usados como referência, considerando as particularidades de cada projeto.

A proposta para o processo de desenvolvimento de componentes injetados por Daré (2001), busca integrar o projeto do componente injetado com o projeto e fabricação do molde, conforme exposto na Figura 11. O autor julga que as três fases têm atividades que devem ser executadas simultaneamente, de modo que as informações decorrentes do projeto do molde influenciem desde a concepção do componente injetado, por exemplo.

Figura 11 - Desenvolvimento de componentes injetados.



Fonte: Adaptado de Daré (2001).

2.2 DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTOS

Uma das abordagens citadas na literatura de desenvolvimento de produtos é o desenvolvimento enxuto de produtos (*Lean Product Development - LPD*), que tem como característica buscar a criação de valor e a eliminação de desperdícios, alinhando os princípios enxutos com as práticas de desenvolvimento de produtos (MILAN; REIS; COSTA, 2015; DAL FORNO; FORCELLINI, 2012). O desenvolvimento enxuto de produtos pode ser definido como: métodos e ferramentas de desenvolvimento multifuncionais que são governadas pelos princípios enxutos e podem ser usadas para maximizar o valor e eliminar desperdícios no processo de desenvolvimento de produtos (LEÓN; CROSS, 2011).

O termo LPD foi inserido pelos autores Womack, Jones e Roos no ano de 1991 para descrever o processo de desenvolvimento de produtos da Toyota. Para a época, o sistema Toyota era de grande interesse por ter menor custo, menor tempo de desenvolvimento e maior qualidade que as práticas utilizadas pelos competidores do mercado automotivo no ocidente. Portanto, historicamente o LPD está muito associado à utilização das práticas (métodos e ferramentas) do PDP da Toyota na indústria automotiva. Entretanto, as pesquisas acerca do tema,

não se restringem aos métodos da Toyota. Estas pesquisas incorporam outras práticas (métodos e ferramentas), que auxiliam a desenvolver produtos e serviços mais rapidamente, com menos esforços e menos erros. Para León e Cross (2011), tratar o LPD como sendo apenas um conjunto de práticas da Toyota é uma definição incompleta para o termo.

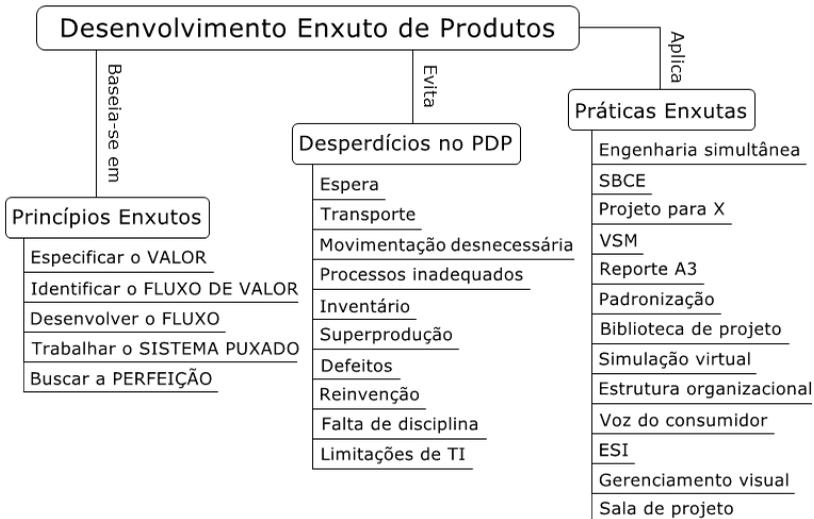
Um destaque desta abordagem é uma proposta que busca simplificar ao máximo e diminuir a formalização dos processos de desenvolvimento, e evitar atividades que não agregam valor ao cliente. Por outro lado, tem-se a valorização dos trabalhos das equipes, com foco nas atividades de prototipagem e testes, visando à experimentação e aprendizado máximos. O segundo destaque é buscar retardar ao máximo as decisões sobre detalhes muito específicos, que vão ser otimizadas nas fases finais do projeto, eliminando assim retrabalhos, o método prega que este tempo “economizado” deve ser utilizado para buscar alternativas de soluções e melhor entendimento do problema de projeto (ROZENFELD et al., 2006).

O LPD busca eliminar tudo aquilo que não é benéfico ao sistema, de forma a eliminar e/ou evitar desperdícios. O foco da abordagem é no cliente e nos processos que agregam valor em termos de preço, qualidade, prazos e entrega, incluindo aspectos sociais e ambientais (DAL FORNO; FORCELLINI, 2012). Para Womack e Jones (2003), desperdício é qualquer atividade humana que consome recursos, mas não cria valor. Como por exemplo, erros que geram retrabalho, itens que são fabricados e permanecem em estoque até que sejam vendidos, processos de desenvolvimento desnecessários, movimentação de carga, e outros que são apresentados adiante neste capítulo. Para Machado (2006), a criação de valor e a diminuição de desperdícios devem ser abordadas pelo LPD de maneira coordenada, uma vez que centralizar os esforços na eliminação de desperdícios pode perder qualidade, entrega ou outro valor que seja importante para o cliente. O mesmo ocorre se centralizar os esforços na criação de valor, já que oportunidades de melhoria surgem a partir da identificação de desperdícios.

Dal Forno e Forcellini (2012) citam que o LPD pode ser entendido como uma maneira de produzir mais com menos, uma vez que as práticas enxutas são contramedidas para manejar desperdícios no PDP. A base para o LPD são os princípios enxutos, que buscam aproveitar completamente os investimentos feitos em pessoas, equipamentos, infraestrutura e materiais para criar valor aos clientes; podendo postergar/conter investimentos a curto prazo e aumentando a produtividade, tornando-se uma empresa mais competitiva.

Durante a revisão bibliográfica acerca do tema, foi elaborado um mapa conceitual para o LPD com os objetivos de auxiliar o entendimento do LPD e identificar alguns pontos, dos quais se destacam: os princípios enxutos, os desperdícios no PDP e as práticas enxutas para o processo de desenvolvimento de produtos. A Figura 12 mostra o mapa conceitual definindo os princípios enxutos, os tipos de desperdícios no PDP e as práticas enxutas.

Figura 12 - Mapa Conceitual do Desenvolvimento Enxuto de Produtos.



Fonte: Adaptado de Dal Forno e Forcellini (2012); León e Cross (2011); Bauch (2004).

A seguir é comentado cada um dos pontos do LPD, princípios enxutos, desperdícios no processo de desenvolvimento de produtos e práticas enxutas, respectivamente.

2.2.1 Princípios Enxutos

Os princípios enxutos são empregados com sucesso em diversas áreas de conhecimento, como a manufatura enxuta, empreendimento enxuto e desenvolvimento enxuto de produtos. De maneira geral existem cinco princípios enxutos fundamentais: especificar o **valor**, identificar o **fluxo de valor**, desenvolver o **fluxo**, trabalhar o **sistema puxado** e

buscar a **perfeição** (RAUCH; DALLASEGA; MATT, 2016; MILAN; REIS; COSTA, 2015; DAL FORNO; FORCELLINI, 2012).

Entretanto, León e Cross (2011) identificam que ainda não existe um consenso sobre os princípios enxutos fundamentais (princípios básicos para descrever o LPD). Dentre os princípios enxutos apresentados na literatura existem diferenças, entretanto, todos consideram a identificação de valor pela visão do cliente como essencial. A Tabela 2 expõe os princípios enxutos aplicados no PDP na visão de diferentes autores.

Tabela 2 - Princípios Enxutos aplicados no PDP.

| Autores | Princípios enxutos |
|----------------------|--|
| Womack e Jones, 2003 | Especificar valor; Identificar o fluxo de valor; Fluir; Puxar; Perfeição. |
| Oppenheim, 2004 | Definir valor (entregando um projeto de produto robusto no tempo e custos mínimos através da eliminação de desperdícios); Definir o Fluxo de valor (através de um bom planejamento); Fazer o trabalho fluir; Puxar; Buscar a perfeição. |
| Liker e Morgan, 2006 | Entender o valor a partir da perspectiva do consumidor; Gentchi Gembutsu; Eliminar o não essencial; Minimizar trocas desenvolvendo um engenheiro chefe; Examinar múltiplas alternativas de solução; Integrar fornecedores no PDP; Aplicar os princípios da manufatura enxuta e criar fluxo; Definir objetivos específicos e mensuráveis; Cronograma prático e detalhado desde o início; Utilizar estratégias de capacidade flexíveis; Empregar padronização rigorosa para criar flexibilidade e redução de variáveis; PDP com maior carga no início. Aprendizagem e melhoria contínua. |
| Ward, 2007 | Foco no valor; Fluxo de valor de conhecimento de operação; Sistema de projetista empreendedor; engenharia simultânea baseada em conjuntos; Equipes com especialistas responsáveis; Cadência, fluir e puxar. |

Fonte: Adaptado de Milan, Reis e Costa (2015); León e Cross (2011).

Os princípios enxutos não podem ser aplicados de maneira direta nos processos de uma empresa, pois estes são um conjunto de conceitos que precisam ser traduzidos em práticas para serem aplicáveis. De acordo com Milan, Reis e Costa (2015), aplicar os princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos precisa ser visto como uma estratégia econômica. O LPD deve ser tratado como indispensável para

as organizações serem competitivas e lucrativas. Salgado, Mello e Silva (2009) acrescentam que a aplicação dos princípios enxutos no desenvolvimento de produtos é um processo difícil, devido à natureza dinâmica, a grande interação com demais atividades da empresa e pela quantidade de informações geradas no decorrer deste processo. Todavia, incluir os princípios enxutos no PDP, na forma de práticas enxutas, o torna mais ágil, eficaz e flexível para receber novas demandas de mercado.

A abordagem enxuta tem sua origem na área de manufatura. Deste modo, para os princípios enxutos aplicado à manufatura, o valor é algo visível em cada etapa do processo com metas definidas. O fluxo de valor é visto como partes de um produto e matéria-prima sendo trabalhada. No fluxo, toda e qualquer interação de etapas de um processo são desperdícios e/ou retrabalhos. O sistema puxado é controlado por tempo necessário de fabricação. E a perfeição se alcança quando o processo de manufatura não apresenta mais falhas, se repetindo inúmeras vezes sem alterar seu padrão (MILAN; REIS; COSTA, 2015).

Podem-se comparar os princípios enxutos fundamentais nos processos de manufatura e no processo de desenvolvimento de produtos na Tabela 3.

Tabela 3 - Princípios enxutos na manufatura e no PDP.

| Princípio Enxuto | Manufatura | PDP |
|-------------------------------------|--|---|
| Especificar o valor | <ul style="list-style-type: none"> •Visível em cada etapa •Metas bem definidas | <ul style="list-style-type: none"> •Difícil de enxergar •Metas emergentes |
| Identificar o fluxo de valor | <ul style="list-style-type: none"> •Partes •Materiais | <ul style="list-style-type: none"> •Informação •Conhecimento |
| Desenvolver o fluxo | <ul style="list-style-type: none"> •As interações são desperdícios | <ul style="list-style-type: none"> •As interações são benéficas |
| Trabalhar o sistema puxado | <ul style="list-style-type: none"> •Dirigido por tempo | <ul style="list-style-type: none"> •Dirigido pelas necessidades |
| Buscar a perfeição | <ul style="list-style-type: none"> •Processo sem erros •Repetível | <ul style="list-style-type: none"> •Processo permite inovação •Reduz tempo de ciclo |

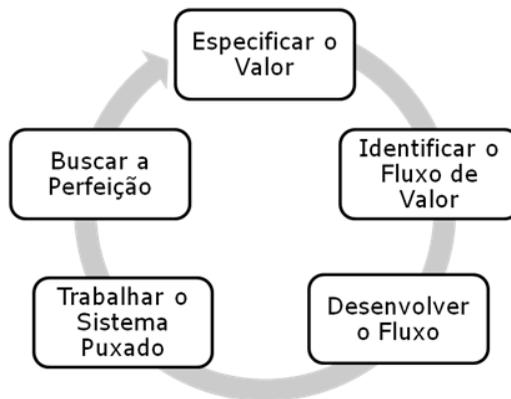
Fonte: Adaptado de Milan, Reis e Costa (2015).

Para os princípios enxutos aplicados ao PDP, valor é algo difícil de ser definido em cada etapa e as metas surgem ao decorrer do processo de desenvolvimento. O fluxo de valor é caracterizado pela

geração de informações e trocas de conhecimento. No fluxo, todas as interações são consideradas benéficas, pois possibilitam a troca de informação entre etapas do desenvolvimento e diminuem o tempo de espera. O sistema puxado é dirigido por necessidades e/ou problemas encontrados ao longo do desenvolvimento de um novo produto/serviço. E a perfeição se alcança quando o processo se torna mais rápido e ainda permite inovação (MILAN; REIS; COSTA, 2015).

Exposto isto, os princípios enxutos fundamentais podem ser considerados etapas de um ciclo, apresentado no fluxograma da Figura 13. Onde cada etapa do ciclo pode ser definida como uma ação a ser tomada: especificar o **valor**, identificar o **fluxo de valor**, desenvolver o **fluxo**, trabalhar o **sistema puxado** e buscar a **perfeição**.

Figura 13 - Princípios enxutos aplicados no PDP.



Fonte: Adaptado de Milan, Reis e Costa (2015).

A seguir são apresentadas as definições de cada um dos cinco princípios enxutos fundamentais baseados nos trabalhos de Rauch, Dallasega e Matt (2016), Milan, Reis e Costa (2015), Dal Forno e Forcellini (2012), Machado (2006), Bauch (2004) e Womack e Jones (2003):

2.2.1.1 Especificar o VALOR

No meio empresarial existem várias entidades e/ou pessoas interessados pelo resultado de uma empresa, podendo ser funcionários, fornecedores, acionistas, clientes finais e outros. Cada um destes grupos

de pessoas tem uma percepção diferente sobre o que é o valor, podendo inclusive ocorrer divergências de opiniões. Os clientes podem estar preocupados com a qualidade de um serviço e/ou produto, já os acionistas querem o aumento de lucros e demanda.

Um exemplo de definição do valor pode ser visto na Figura 14, onde o valor para o cliente é constituído pela qualidade (em termo de um produto ou serviço específico), pelo tempo (prazo específico de desenvolvimento ou entrega), e custo da posse (formado pelo custo de aquisição mais o custo de suporte e descarte do produto).

Figura 14 - Relação de valor para o cliente.



Fonte: Machado (2006).

2.2.1.2 Identificar o FLUXO DE VALOR

Uma vez o valor sendo definido, é necessário identificar e entender qual o fluxo do valor dentro da corporação, que é representado pelas pelo conjunto de ações específicas necessárias para trazer um produto ou serviço através das atividades de negócio básicas. São elas: a atividade de gerenciamento de informação (AGI), que envolve a passagem da informação desde o pedido, planejamento do cronograma, até a entrega do produto/serviço e, a atividade de transformação física (ATF), que corresponde à transformação da matéria-prima até o produto final nas mãos do consumidor.

Todas as atividades executadas no PDP podem ser mapeadas e classificadas de acordo com a criação de valor, como:

- **Atividades que criam valor (ACV):** algo que realmente colabora com o processo e agrega valor;

- **Atividades que não criam valor (ANCV):** atividades que não beneficiam o processo e não agregam valor e, eventualmente são desnecessárias.
- **Atividades necessárias, mas que não criam valor (ANNCV):** ações de inspeção utilizadas para garantir a qualidade, por exemplo;
- **Atividades que não criam valor (ANCV):** processos de movimentação excessivos, estoque, e outros processos muitas vezes desnecessários.

Uma vez classificadas, entende-se que das atividades que não criam valor (ANCV), parte delas são necessárias (ANNCV) e a outra parte não são necessárias (ANCV), chamadas de desperdícios.

2.2.1.3 Desenvolver o FLUXO

Tendo definido qual o valor para a empresa e qual o fluxo de valor presente, deve-se haver um esforço por parte de todas as pessoas envolvidas no processo (partindo das lideranças) com a fluidez das atividades que criam valor. Este princípio enxuto prega que toda a empresa deve reorganizar e alinhar as funções com os departamentos de modo à melhor atender ao fluxo de valor, uma vez que existem barreiras na forma de trabalho, que se dividem em tarefas, funções e departamentos que muitas vezes criam refluxos de atividades e paradas no processo de desenvolvimento e de produção. Quando todo o time se torna mais consciente da responsabilidade de sua função no fluxo de valor, diminuem-se os desperdícios, porém aumenta-se o nível de atenção e concentração necessárias.

2.2.1.4 Trabalhar o SISTEMA PUXADO

O objetivo de um empreendimento enxuto é entregar determinado produto ou serviço a um consumidor específico, com um preço específico em um determinado tempo. O termo sistema puxado origina-se da ideia de que o cliente deve puxar a produção, onde este busca a empresa quando precisa de um produto/serviço e então é atendido. Esta abordagem significa ter estoque zero.

Para que isto ocorra de forma perfeita, nenhuma etapa do processo de criação e produção de um produto deve ocorrer antes de uma demanda ser solicitada, evitando assim, produzir algo que não é solicitado pelo cliente. Uma vez a demanda solicitada, a entrega deve

ocorrer no menos espaço de tempo possível, o que exige uma grande flexibilidade e agilidade por parte da empresa. O uso do fluxo puxado pode reduzir significativamente os tempos de desenvolvimento de produto, planejamento de produção e de produção física.

2.2.1.5 Buscar a PERFEIÇÃO

As organizações permitem que o consumidor puxe o valor de seu empreendimento quando especificam corretamente o valor, identificam por completo o fluxo de valor e fazem com que as etapas que criam valor fluam continuamente, para produtos específicos. Os envolvidos no processo de reduzir esforço, tempo, espaço, custo e erros, percebem que este é um processo contínuo, enquanto entregam ao consumidor o que ele realmente espera, dentro do custo e prazo desejado. Pode-se dizer que a busca pela perfeição é contínua, onde existe a interação entre todos os princípios enxutos.

2.2.2 Desperdícios no Processo de Desenvolvimento de Produto

Os produtos e serviços nacionais competem em preço e qualidade com produtos e serviços ofertados por concorrentes internacionais, que podem ter maior capacidade tecnológica ou com um custo de fabricação muito inferior, fazendo as empresas buscar maior rendimento no desenvolvimento de seus produtos, diminuindo tempos de ciclo, custo de fabricação, perdas de processo e buscando a ampliação de mercado (SALGADO; MELLO; SILVA, 2009). Para León e Cross (2011), se uma empresa é capaz de identificar qual o tipo de desperdícios que tem, então poderá encontrar uma solução para eliminar estes desperdícios e fazendo isto, a empresa amplia sua vantagem competitiva.

A diferença entre o processo de desenvolvimento de produto e o processo de manufatura se encontra no produto (resultado) do processo. O PDP é uma fábrica de informações, onde se criam, colhem e avaliam informações e reduzem os riscos e as incertezas, com o objetivo de desenvolver um produto novo gradativamente, sem apresentar erros. Já o objetivo da manufatura consiste em reproduzir, na maioria das vezes, o mesmo produto, exatamente igual e sem erros (SALGADO; MELLO; SILVA, 2009; BAUCH, 2004).

Pesquisas apontam os sete primeiros tipos de desperdícios que ocorrem tanto no processo de desenvolvimento de produto, quanto no processo de manufatura. Os tipos de desperdícios são: espera, transporte, movimentação desnecessária, processos inadequados, inventário,

superprodução e defeitos (SALGADO et al., 2014; SALGADO; MELLO; SILVA, 2009; LIKER; MORGAN, 2006; BAUCH, 2004).

No trabalho de Bauch (2004) são constatados três tipos de desperdícios adicionais, que são voltados apenas ao processo de desenvolvimento de produtos: a reinvenção (falta de reutilização de projetos), a falta de disciplina dos envolvidos e as limitações nos recursos de TI (Tecnologia da Informação).

O número de exemplos para cada tipo de desperdício é grande, tanto para o processo de manufatura e quanto o PDP. Na Tabela 4 e na Tabela 5 são apresentados em dez tipos de desperdícios, e alguns exemplos de desperdícios relativos ao processo de manufatura e ao processo de desenvolvimento de produtos.

Tabela 4 - Relação entre desperdícios na manufatura e no PDP.

| Tipo do desperdício | Processo de manufatura | PDP |
|----------------------------|--|--|
| Espera | <ul style="list-style-type: none"> •Material e partes procedentes •Manutenção •Ferramentas •Operadores •Fila para operações adicionais | <ul style="list-style-type: none"> •Capacidade disponível do homem ou máquina •Informações esperando por pessoas •Espera por dados e assinaturas |
| Transporte | <ul style="list-style-type: none"> •Movimento excessivo de peças, matérias e produtos •Movimentação para armazenamento •Tirar e colocar o material/produto/peça | <ul style="list-style-type: none"> •Excessivo tráfego de dados •Ir e vir das tarefas ou tarefas interrompidas •Comunicação ineficiente |
| Movimentação desnecessária | <ul style="list-style-type: none"> •Movimentos mínimos dos operadores (alcançar, dobrar-se, fazer força) | <ul style="list-style-type: none"> •Locais remotos •Busca de informações •Falta de acesso direto |
| Processos inadequados | <ul style="list-style-type: none"> •Superdimensionamento do processo, máquinas e equipamentos •Precisão desnecessária do produto ou do processo, não compatível a necessidade do cliente | <ul style="list-style-type: none"> •Precisão e detalhes desnecessários •Processos e características desnecessários •Uso inadequado das competências |

Fonte: Adaptado de Salgado et al. (2014) e Bauch (2004)

Tabela 5 - Relação entre desperdícios na manufatura e no PDP (Continuação).

| Tipo do desperdício | Processo de manufatura | PDP |
|------------------------------|--|---|
| Inventário | <ul style="list-style-type: none"> •Estoque excessivo de matéria-prima e produtos acabados comparados a demanda do cliente •Filas •Estoque entre operações | <ul style="list-style-type: none"> •Excessivo estoque de dados •Testes desnecessários de equipamentos e protótipos •Filas no caminho crítico |
| Superprodução | <ul style="list-style-type: none"> •Produzir mais do que o solicitado pelo cliente •Produzir antes do solicitado pelo cliente | <ul style="list-style-type: none"> •Baixo sincronismo do tempo considerado e capacidade •Baixo sincronismo dos conteúdos considerados •Excesso de informações •Redundância de tarefas |
| Defeitos | <ul style="list-style-type: none"> •Componentes ou produtos que não possuem a qualidade requerida •Defeitos internos na produção •Defeitos com fornecedores | <ul style="list-style-type: none"> •Informação com qualidade deficiente •Dados e informações errôneas •Testes e verificações pobres |
| Reinvenção | <ul style="list-style-type: none"> •Não aplicável. | <ul style="list-style-type: none"> •Reutilização pobre de projetos •Reutilização pobre de conhecimento. |
| Falta de disciplina | <ul style="list-style-type: none"> •Não aplicável. | <ul style="list-style-type: none"> •Objetivos e metas mal elaborados •Papéis, responsabilidades e direitos mal definidos •Regras mal elaborada •Definição pobre de dependência entre atividades •Insuficiente predisposição para cooperar <ul style="list-style-type: none"> •Incompetência ou treinamento pobre |
| Limitação nos recursos de TI | <ul style="list-style-type: none"> •Não aplicável. | <ul style="list-style-type: none"> •Compatibilidade pobre •Capabilidade pobre •Baixa capacidade |

Fonte: Adaptado de Salgado et al. (2014) e Bauch (2004).

2.2.3 Práticas Enxutas

As práticas de desenvolvimento enxuto de produto, ou somente práticas enxutas, consistem de métodos, ferramentas, procedimentos e processos que são implementados para melhorar os resultados de uma organização, satisfazendo as necessidades dos clientes e das demais partes interessadas, traduzindo os conceitos ditados pelos princípios enxutos em algo aplicável (DAL FORNO; FORCELLINI, 2012).

Para León e Cross (2011) as práticas apontadas pelo LPD compreendem um ou mais princípios enxutos. Vale notar que nem todas as práticas apontadas foram elaboradas exclusivamente para o LPD, todavia, são empregadas para obter os mesmos resultados de melhoria que no processo de desenvolvimento de produto. Os autores ainda salientam que não existe uma lista fixa, nem para os princípios enxutos e nem para as práticas enxutas.

A partir dos trabalhos de Dal Forno e Forcellini (2012) e León e Cross (2011), foram selecionadas algumas práticas enxutas. A seleção destas práticas buscou levar em conta aquelas que mais adequam as características do processo de desenvolvimento de moldes de injeção. Estas práticas, listadas a seguir, são descritas na sequência:

- Engenharia Simultânea;
- Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos;
- Mapeamento do Fluxo de Valor;
- Projeto para X;
- Gerenciamento Visual;
- Reporte A3;
- Biblioteca de Projeto;
- Padronização;
- Simulação Virtual;
- Estrutura Organizacional;
- Voz do Consumidor;
- Envolvimento Antecipado dos Fornecedores;
- Sala de Projetos.

2.2.3.1 Engenharia Simultânea

A engenharia simultânea (ES) requer que todos os representantes das funções como manufatura, projeto, qualidade e suprimentos, incluindo fornecedores e consumidores trabalhem juntos e simultaneamente, entretanto com diferentes intensidades no decorrer do

processo de desenvolvimento de produtos (ZHU et al., 2016; DEKKERS; CHANG; KREUTZFELDT, 2013). Significa envolver uma equipe multidisciplinar desde o começo do projeto para alcançar os requisitos do cliente a baixo custo. Alguns benefícios são: a antecipação dos problemas de manufatura e montagem já existentes e a incorporação de várias áreas de conhecimento (DAL FORNO; FORCELLINI, 2012).

A ES utiliza um processo de gerenciamento que examina simultaneamente múltiplos aspectos de um produto e múltiplos estágios do PDP e produção. Ser mais centrado no consumidor através da ES requer atualizar processos que eram longos e seqüenciais para processos compactos, onde atividades são realizadas ao mesmo tempo, ou muito próximas. Essa mudança diminui o tempo para o mercado (*time-to-market*), faz com que o fabricante acerte com maior precisão as necessidades do cliente pela redução entre o tempo de desenvolvimento e o tempo de venda (KINCADE; REGAN; GIBSON, 2007).

Para Zhu et al. (2016) é possível relacionar que a qualidade de um produto final é positivamente influenciada pela integração de informações entre a equipe multifuncional e pela influencia dos consumidores no PDP. Além disto, para Dekkers, Chang e Kreutzfeldt (2013), a ES influencia positivamente a aplicação de inovação em um produto e diminui o tempo do ciclo de desenvolvimento, isto porque a interação entre a equipe multidisciplinar pode evitar o acontecimento de erros de projeto, que geram retrabalhos.

2.2.3.2 Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos

Sob influencia da engenharia simultânea, surge na Toyota, a Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (*Set-Based Concurrent Engineering* – SBCE) que tem características a gestão do conhecimento e a tomada de decisão prorrogada, além da ênfase na tecnologia, foco no consumidor e processamento paralelo de atividades (HINES; FRANCIS; FOUND, 2005). No SBCE, cada membro do time de desenvolvimento desenvolve um conjunto de alternativas de projeto (soluções) paralelas e independentes durante as fases do PDP, as alternativas são avaliadas entre si e eliminadas, até que a melhor solução permaneça, a qual é gerada pela combinação de sistemas, subsistemas e componentes (DAL FORNO; FORCELLINI, 2012).

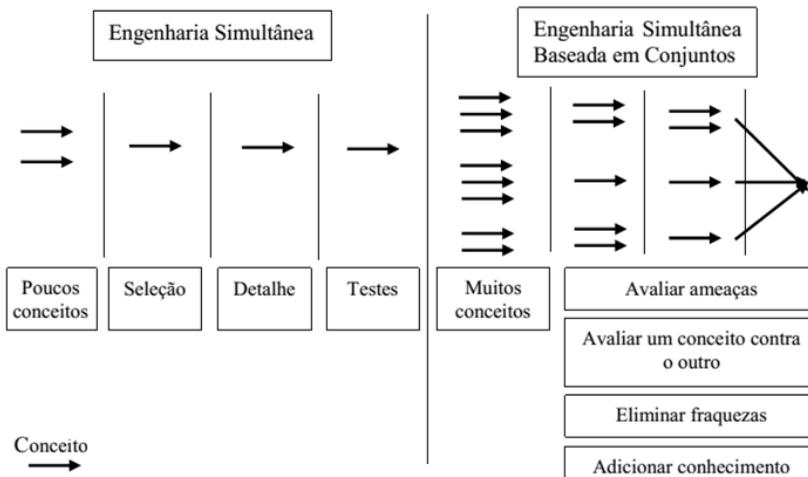
O sistema de desenvolvimento de produtos da Toyota se caracteriza pela utilização do SBCE. Em primeiro lugar, a empresa desenvolve um conjunto de alternativas paralelas. Em segundo lugar a Toyota gerencia as alternativas geradas por intermédio de ciclos de

“projetar – construir – testar” de maneira eficiente. Em terceiro lugar, o desenvolvimento de produto ocorre de forma modular, com soluções intercambiáveis, o que é um pré-requisito técnico para utilizar o SBCE (SCHÄFER; SORENSEN, 2010).

Becker e Wits (2015) apresentaram uma ferramenta de projeto para o sistema de refrigeração para moldes de injeção que tem como objetivo utilizar uma das práticas do desenvolvimento enxuto de produtos, o SBCE. Os autores defendem que o uso do SBCE no processo de desenvolvimento de moldes de injeção pode melhorar a eficiência do mesmo, uma vez que os projetistas criam mais de uma solução para um dado problema e então, em um momento mais avançado do PDP, a melhor solução possa ser eleita.

Na Figura 15, é apresentada a estrutura de um sistema de desenvolvimento de produtos baseado em conjuntos em comparação com a engenharia simultânea. Na esquerda, é apresentada a ES, que quando comparada a SBCE, mostra a utilização inicial de poucos conceitos e/ou soluções, passando diretamente para uma fase de seleção, detalhamento e testes. Na direita, é apresentada a SBCE, que se inicia com muitos conceitos e/ou soluções e, na medida em que se avança nas fases de projeto, os conceitos são testados e avaliados um contra o outro, eliminando fraquezas e adicionando conhecimento no processo.

Figura 15 - Esquema comparativo entre engenharia simultânea e SBCE.



Fonte: Adaptado de Pinheiro e Toledo (2011).

2.2.3.3 Mapeamento do Fluxo de Valor

O mapeamento do fluxo de valor (*Value Stream Mapping – VSM*) é uma ferramenta que serve para descrever um processo real e complexo em um formato bidimensional menos complexo, simplificando a visão global do sistema e facilitando a sua compreensão, bem como fornece uma linguagem comum para comunicação da visão. Os autores registram que o VSM é uma ferramenta de rápida utilização que promete melhorar o PDP com baixo custo de investimento (PATEL; CHAUHAN; TRIVEDI, 2015; TYAGI et al., 2014; MCMANUS, 2005).

O princípio fundamental do VSM é mapear o estado atual de um processo e ao identificar os desperdícios, se cria um mapa do estado futuro do processo, que deverá ser o objetivo a ser alcançado. Para atingir o estado futuro será necessário identificar todas as atividades pertencentes a um determinado processo e classificá-las, entre atividades que geram valor e atividades que não geram valor. O estado futuro deve ser um plano alcançável e não deve ser superior a um ano de implementação, uma vez alcançado o primeiro plano de estado futuro, pode-se reavaliar o caso e criar um novo plano de estado futuro, buscando a melhoria contínua dos processos da empresa (PATEL; CHAUHAN; TRIVEDI, 2015; HEUSNER et al., 2015; TYAGI et al., 2014; MCMANUS, 2005).

De acordo com Heusner et al. (2015), o primeiro passo para a elaboração de um mapa de do fluxo de valor é a seleção de uma família de produtos, onde deve-se identificar a família de produtos que tem maior importância dentre as famílias de produtos de uma empresa. O segundo passo é o mapeamento de processos relativos à família de produtos selecionada, o mapeamento deve ser simples de ser entendido e capaz de identificar desperdícios nos processos de desenvolvimento, para que terceiro passo possa ser desenhado um mapa de estado futuro, com um mapeamento com todos os desperdícios eliminados e melhorias já instaladas. No quarto e último passo, um plano de melhorias deve ser traçado com o objetivo de implementar as melhorias visionadas no mapa de estado futuro. O plano de melhorias deve ser seguido, com períodos curtos de execução, o ciclo deve se repetir regularmente para atingir a melhoria contínua dos processos.

2.2.3.4 Projeto para X

No projeto para X (*Design For X – DFX*) o produto deve ser projetado para atingir vários objetivos simultaneamente. O “X” pode ser

substituído por: custo, qualidade, manufatura, montagem, e outros fatores. O conhecimento gerado durante um projeto pode ser registrado em um guia de projeto. Os guias de projeto (*design guides*) buscam utilizar conhecimentos adquiridos em projetos anteriores para propor soluções prontas, evitar a repetição de problemas que já aconteceram e guiar o desenvolvimento de novos produtos. O uso das ferramentas DFX tem como principal vantagem sua habilidade de melhorar a produtividade, enquanto reduz custos de produção e tempo para mercado (MOUBACHIR; BOUAMI, 2015).

Para Dombrowski, Schmidt e Schmidtchen (2014), o desenvolvimento enxuto de produtos (LPD) não entrega recomendações concretas, com um nível detalhado, para que os engenheiros de projeto tomem decisões. Neste contexto, o autor busca implementar os guias de projeto do DFX no LPD, o que proporciona aos projetistas orientações específicas para cada tipo projeto para X.

Alguns dos DFX existentes na literatura são descritos a seguir, segundo Dombrowski, Schmidt e Schmidtchen (2014), Kincade, Regan e Gibson (2007) e Kazmer (2007). A seleção destes DFX buscou levar em conta as características do processo de desenvolvimento de moldes de injeção:

- **Projeto para custo** (*Design For Cost* - DFC): o produto é projetado para atingir certas metas de custo, em contraste com projetos que realizam o cálculo de custo após o desenvolvimento;
- **Projeto para qualidade** (*Design For Quality* – DFQ): o produto é pensado para atender as demandas de qualidade, envolvendo normalmente a diminuição de produtos com falha ainda na linha de produção e de características pós-venda e pós-fabricação, como a durabilidade dos produtos em campo;
- **Projeto para manufatura** (*Design For Manufacturability* – DFM): o produto é projetado para que sua fabricação seja facilitada e problemas de manufatura sejam descobertos com o projeto ainda prematuro, permitindo a minimização dos custos de manufatura. Os produtos devem ser pensados para que possam ser produzidos pela fábrica, atendendo suas capacidades fabris;
- **Projeto para montagem** (*Design For Assembly* – DFA): o produto é pensado para que tenha sua montagem simplificada, minimizando o número de componentes a ser montados, por exemplo. Busca reduzir os custos de montagem do produto, mesmo que o custo da matéria prima for mais caro, em algumas situações, o custo de montagem menor poderá diminuir o custo final, auxiliando ainda

na maior facilidade de manutenção e posterior desmanche para reciclagem;

- **Projeto para moldagem por injeção** (*Design for Injection Molding – DFIM*): o projeto do componente injetado deve ser revisado antes e/ou simultaneamente do projeto do molde de injeção. A revisão deve levar em conta fundamentos do projeto dos componentes injetados e outros assuntos que envolvem especificadamente o projeto do molde de injeção, como por exemplo, o sistema de extração que será necessário para extrair o componente injetado da cavidade do molde.

2.2.3.5 Gerenciamento Visual

Dal Forno e Forcellini (2012) denotam que o gerenciamento visual são medidas para detectar erros em etapas iniciais de projeto, prevenindo que estes sigam adiante. De acordo com os autores, uma estrutura visual com um cronograma com datas e fases de um projeto auxilia a visualização da conformidade dos prazos e possibilita ação preventiva. Analogamente, Marchwinski et al. (2008) definem que o gerenciamento visual é uma metodologia que busca colocar em vista todas as ferramentas, partes, atividades e indicadores para que o status do sistema possa ser entendido de relance por todos os envolvidos.

Tyagi et al. (2015) mencionam que o reporte A3 é uma das ferramentas de gerenciamento visual que utiliza gráficos e representações visual ao invés de grandes quantidades de texto, tornando mais fácil e ágil para compreender as informações nele inseridas.

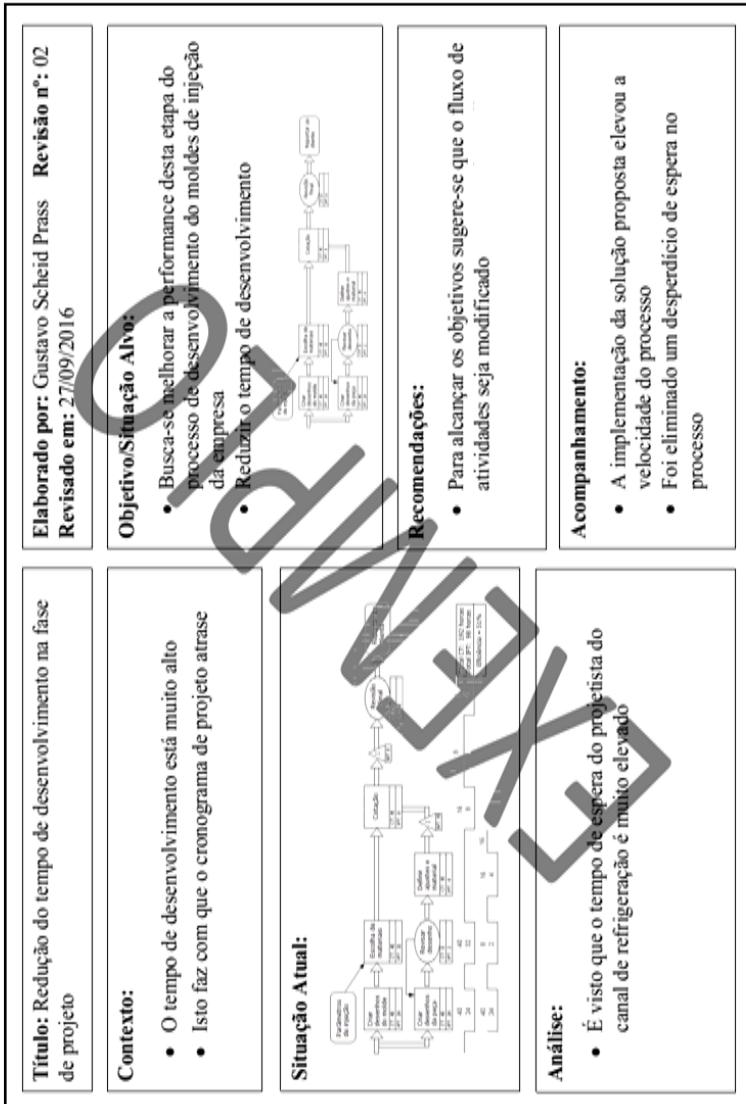
2.2.3.6 Reporte A3

O reporte A3 é utilizado para solucionar problemas, apresentar propostas e para planejamento estratégico, se caracterizando por valorizar a simplificação e encorajar a reflexão de quem o elabora (DAL FORNO; FORCELLINI, 2012). A ferramenta consiste em colocar, em uma folha de papel tamanho A3, o problema, a análise, as ações corretivas e o plano de ação, o uso de gráficos é favorecido (MARCHWINSKI et al., 2008).

A folha A3 é dividida ao meio, criando duas colunas conforme mostra a Figura 16, na primeira coluna, ao lado esquerdo são descritos o histórico do problema (ou projeto), a descrição da situação atual, a análise dos desafios limitadores ou oportunidades e a definição da meta e objetivos. Na segunda coluna, ao lado direito apresenta-se a o cenário

futuro, um plano de ações básico com ações ao longo do tempo e por fim, definições de pontos de controle.

Figura 16 - Exemplo de Reporte A3.



Fonte: Autoria Própria.

O reporte A3 é uma ferramenta de comunicação efetiva que auxilia a tomar decisões e organizar idéias. É amplamente utilizado para descrever e mostrar a situação atual de um processo, que pode levar a proposição de novas idéias e melhorias para a solução de problema (SILVA FILHO; CALADO, 2013). Em contrapartida, o A3 representa uma linguagem comum que facilita o processo de construção de consenso, onde o grupo de projeto pode compartilhar seus conhecimentos e criar um consenso do que e como mudar para melhor (TORRES JR., 2008).

2.2.3.7 Biblioteca de Projeto

A biblioteca de projeto tem como objetivo registrar as lições aprendidas durante um projeto, podendo facilitar o reuso de conhecimento. A mesma se torna uma ferramenta útil quando a equipe aprende o habito de registrar as lições aprendidas e utilizá-las em novos projetos. De outro modo, a biblioteca de projeto possibilita buscar soluções já desenvolvidas em projetos passados e aplicá-las em novos projetos, economizando tempo de desenvolvimento (DAL FORNO; FORCELLINI, 2012).

Segundo o PMI (2008), as lições aprendidas são obtidas quando o processo de projeto é posto em prática, de forma que as lições aprendidas são um produto secundário de cada fase de projeto e devem ser devidamente registradas em uma biblioteca de projeto para reutilizá-las em novos projetos. O PMI (2008) ainda cita que a biblioteca de projetos é um depósito de informações históricas sobre os resultados de decisões de seleção e do desempenho de projetos anteriores.

2.2.3.8 Padronização

Uma das formas de dirigir-se à melhoria contínua no processo de desenvolvimento de produtos é por meio da padronização, conceito que é empregado na manufatura para garantir a estabilidade de processos, de modo que estes sejam realizados da mesma forma, seguindo um tempo padrão. No PDP, a padronização possibilita a redução do tempo de desenvolvimento, que aumenta a competitividade de uma empresa. Padronização é a base para a redução de variáveis, através de listas de verificação e mecanismos de captura de conhecimento, a padronização do processo envolve tarefas, seqüências e duração, e a padronização do produto pode envolver materiais, componentes e arquitetura (DAL FORNO; FORCELLINI, 2012).

Segundo Nishida (2007), o fato é que as empresas trabalham com vários produtos. Assim sendo, o primeiro passo para padronizar é avaliar qual produto demanda maior tempo de desenvolvimento, para priorizar os esforços de melhoria nestes produtos. O segundo passo é identificar as atividades envolvidas no PDP e relacionar as atividades com o tempo de execução. O terceiro passo é analisar as atividades que mais demandam tempo e levantam-se os motivos da alta demanda de tempo desta atividade. O quarto passo é o plano para padronização, onde se utiliza o conhecimento adquirido na proposta de padronização, que pode contar com auxílio de uma biblioteca de projetos, por exemplo. E concluindo no quinto passo, que é acompanhar o tempo de desenvolvimento, buscando a melhoria contínua.

2.2.3.9 Simulação Virtual

Conduzir simulações virtuais através de modelos digitais, com programas CAD/CAE/CAM é importante para prever erros de projeto e interação com o processo de manufatura e fabricação, portanto auxiliam na redução de custo com protótipos físicos e reduzem o tempo de desenvolvimento (DAL FORNO; FORCELLINI, 2012). Para Lindskog et al. (2015), a simulação virtual antecipa problemas de manufatura antes destes serem verificados na realidade, auxiliando na diminuição de riscos e problemas no desenrolar de um projeto. Além disto, os problemas podem ser resolvidos ainda no desenvolvimento e não no processo de fabricação do mesmo.

2.2.3.10 Estrutura Organizacional

O desenvolvimento enxuto de produtos precisa que os trabalhos de engenharia sejam padronizados e que as estruturas organizacionais sejam adequadas, com forte presença de gerentes de projeto (LOVRO, 2007). Cada tipo de projeto tem um tipo de estrutura organizacional que mais o beneficia. Para a abordagem do LPD, que é aplicada principalmente em projetos dos tipos inovativos e radicais, recomenda-se o uso de organização matricial forte (onde a figura do engenheiro-chefe como gestor de projeto se destaca). Em contraste, projetos do tipo incremental, a organização estruturada por departamentos/função resolve o problema (DAL FORNO; FORCELLINI, 2012).

Para Visser et al. (2009), a estrutura organizacional de uma empresa tem forte relação com o desempenho no desenvolvimento de novos produtos. Para os pesquisadores, uma organização estruturada por

departamentos funciona bem para projetos incrementais, porém equipes multifuncionais presentes em organização matricial favorecem a troca de informações diversas e facilita a integração dos vários módulos de um novo produto.

Lovro (2007) cita que a organização estrutural da empresa deve ser um sistema que integre o ciclo de desenvolvimento de produtos por inteiro e que fortaleça a figura do engenheiro-chefe. A estrutura deve balancear a experiência e desenvolver a competência técnica de todas as áreas da engenharia, buscando construir conhecimento e aprendizado, consolidando uma cultura organizacional que de aparo a melhoria contínua. O autor explica que o papel do engenheiro-chefe é de realizar uma supervisão próxima e assistida, com uma liderança integrativa daqueles que detêm maior experiência e conhecimento sobre o produto.

2.2.3.11 Voz do Consumidor

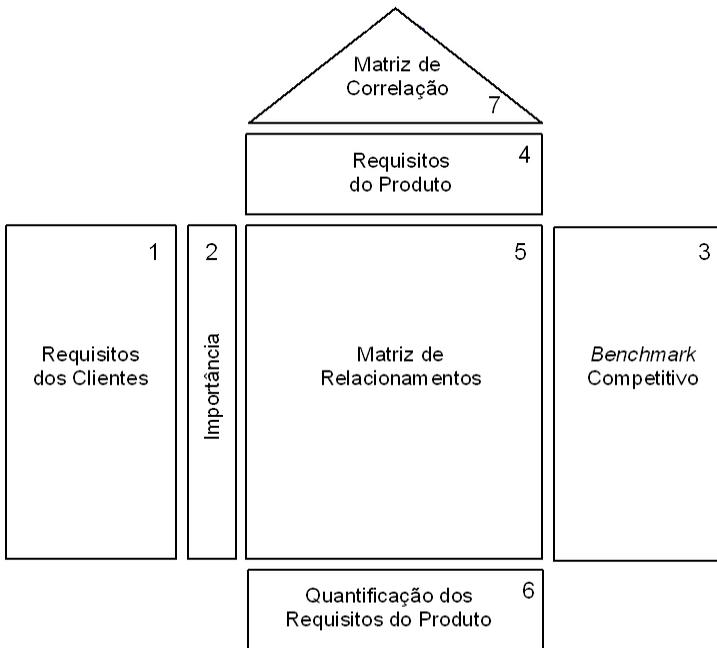
A voz do consumidor é uma prática que busca identificar as necessidades dos clientes (DAL FORNO; FORCELLINI, 2012). O início desta atividade busca levantar as necessidades com auxílio de inúmeros métodos de observação e coleta de dados, como entrevistas, grupos de foco, listas de verificação, entre outros. Após gerar as informações brutas, é importante agrupá-las e classificá-las. Este agrupamento permite verificar necessidades similares, eliminando repetições. As informações são filtradas e podem ser reescritas como requisitos dos clientes. Os requisitos podem estar ligados ao desempenho funcional, aos fatores humanos, e propriedades físicas, elétricas, e mecânicas (ROZENFELD et al., 2006).

Uma ferramenta empregada para auxiliar o entendimento do projeto, a partir da voz do consumidor é a Casa da Qualidade (*Quality Function Deployment - QFD*), que reduz o número de mudanças de projeto, diminui o ciclo de projeto, reduz custos de início de operação, favorece a comunicação entre agentes de diferentes áreas do desenvolvimento, traduz as vontades dos clientes em características mensuráveis e possibilita perceber quais características tem maior influencia no valor do produto (ROZENFELD et al., 2006).

O QFD é representado esquematicamente na Figura 17. De forma simplificada, a construção da matriz se inicia pelo levantamento dos requisitos dos clientes e sua importância para os clientes. Os requisitos dos clientes são traduzidos em requisitos do produto. Na matriz de relacionamentos se define a intensidade da correlação entre os requisitos dos clientes e os requisitos do produto. Na matriz de correlação se

verifica a correlação entre os requisitos do produto. No benchmarking competitivo, se verifica o desempenho dos concorrentes perante a visão dos clientes e, por fim, quantificam-se os requisitos do produto, estabelecendo metas de projeto.

Figura 17 - Matriz da Casa da Qualidade do QFD.



Fonte: Rozenfeld et al. (2006).

2.2.3.12 Envolvimento Antecipado com os Fornecedores

O envolvimento antecipado com os fornecedores (*Early Supplier Involvement* – ESI) tem como intenção manter poucos fornecedores, envolvendo-os desde o início do processo de desenvolvimento de produtos e estabelecer parcerias de longo prazo. Alguns dos benefícios são: a redução dos riscos, redução do custo e do tempo de desenvolvimento, além de desenvolvimento e metas conjuntas (DAL FORNO; FORCELLINI, 2012).

Zsidisin e Smith (2005) afirmam que a engenharia simultânea é uma ferramenta importante no processo de desenvolvimento de

produtos, que preconiza o envolvimento antecipado com os fornecedores. O ESI colabora para o desenvolvimento da cadeia de suprimentos, processos e produtos. Esta é uma forma de colaboração que busca envolvimento dos fornecedores já nos primeiros estágios do ciclo de vida de um produto, geralmente na fase de projeto conceitual e detalhado. A adoção da ESI oferece os benefícios de reduzir, potencialmente, os riscos de gestão de suprimentos no processo de desenvolvimento de produtos.

2.2.3.13 Sala de Projetos

Para Tezel et al. (2006), o desenvolvimento enxuto de produtos implica na utilização de ferramentas para o gerenciamento visual. Os autores identificam a sala de projetos como sendo uma ferramenta eficiente dentro do conceito de gerenciamento visual.

Segundo Terenghi et al. (2014), o surgimento do conceito de sala de projetos (*Obeya Room/Big Room*) ocorreu dentro da Toyota nos anos 90, com o intuito de melhor gerenciar um projeto complexo. A sala de projetos era, inicialmente, uma grande sala de reunião com reportes A3 pendurado nas paredes. Os reportes A3 descreviam o ponto de vista de diferentes participantes e equipes de projeto. Isto permitia que todos os envolvidos em uma reunião entendessem o que estava sendo exposto por outros envolvidos, independente da área de conhecimento.

Terenghi et al. (2014) citam que, mesmo sendo um conceito extremamente simples, a sala de projeto prova ser útil na gestão cooperativa de processos, o que leva a redução de retrabalhos, reconsiderações e discussões e, de modo geral, possibilita a tomada de decisão mais rápida. A sala de projetos faz com que os participantes escutem as preocupações de seus colegas de trabalho mais ativamente, ganhem uma consciência mais profunda dos problemas, façam descobertas e se envolvam no processo de solução de problemas.

2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação dos conceitos de desenvolvimento enxuto de produtos é uma atividade complexa que requer da empresa uma mudança na cultura, isto é mudar os comportamentos e valores que são compartilhados pelos integrantes da organização.

Além da mudança cultural, deve haver uma estruturação dos processos de desenvolvimento dentro da organização, de modo que todos os envolvidos conheçam a importância das atividades individuais

dentro de um processo maior e empenham ações de acordo com a estratégia de negócio pregada pela empresa.

De modo geral, a empresa que pretende migrar de um processo de desenvolvimento “tradicional” para um processo de desenvolvimento enxuto deve compreender e analisar em qual cenário que se encontra, para que, a partir deste, possa estabelecer um plano de ação para atingir um novo patamar no desenvolvimento de produtos. Para contribuir com a avaliação deste cenário, este trabalho buscou construir um modelo de avaliação capaz de classificar a empresa perante o uso de práticas de desenvolvimento enxuto de produtos no processo de desenvolvimento de moldes de injeção. Portanto, da revisão bibliográfica considerou-se os seguintes pontos:

- Com relação entre o processo de desenvolvimento de produtos e o processo de desenvolvimento de moldes de injeção: ambos os processos podem ser representados na forma de modelos de referência. Para o processo de desenvolvimento de produtos em geral, o modelo de referência apresentado é genérico e para o processo de desenvolvimento de moldes de injeção, os modelos de referência apresentados são chamados de específicos, isto por que consideram as peculiaridades do domínio de conhecimento sobre moldes de injeção. Neste caso, as atividades foram descritas com mais proximidade das atividades praticadas pelo setor industrial.
- No que se refere ao desenvolvimento enxuto de produtos foram levantados: os princípios enxutos, as práticas enxutas e os tipos de desperdícios no PDP. Considerando o escopo deste trabalho, foram utilizadas as práticas enxutas para construção do modelo de avaliação, de acordo com as fases do desenvolvimento de moldes de injeção do modelo de referência adotado. Os pontos principais remanescentes (princípios e desperdícios) não integram diretamente o modelo de avaliação, entretanto o conhecimento e descrição destes pontos foram importantes para nortear a proposta do modelo de avaliação.
- Sobre os modelos de referência específicos para o processo de desenvolvimento de moldes de injeção apresentados: neste trabalho foi adotado o modelo de referência proposto por Sacchelli (2007), pois o modelo apresenta as atividades presentes em cada fase do processo de desenvolvimento de moldes de injeção de forma detalhada e estruturada, além de relacionar-se com o modelo de referência para o PDP. O modelo ainda explicita as entradas e saídas das atividades, o que propicia um melhor entendimento do

modelo de referência, das fases de desenvolvimento e das atividades. Na Tabela 6 são comparados os modelos de referência específicas abordados neste trabalho.

Tabela 6 - Comparação entre os modelos de referência específicos abordados.

| Autor | Sacchelli | Kazmer | Fuh et al. | Daré |
|--|-----------|--------|------------|------|
| Ano | 2007 | 2007 | 2004 | 2001 |
| Nº de fases | 5 | - | 11 | 4 |
| Fases bem definidas e seqüenciais | Sim. | Não. | Não. | Sim. |
| Definição detalhada de atividades por fase | Sim. | Sim. | Não. | Não. |
| Definição de entradas e saídas por atividade | Sim. | Não. | Não. | Não. |

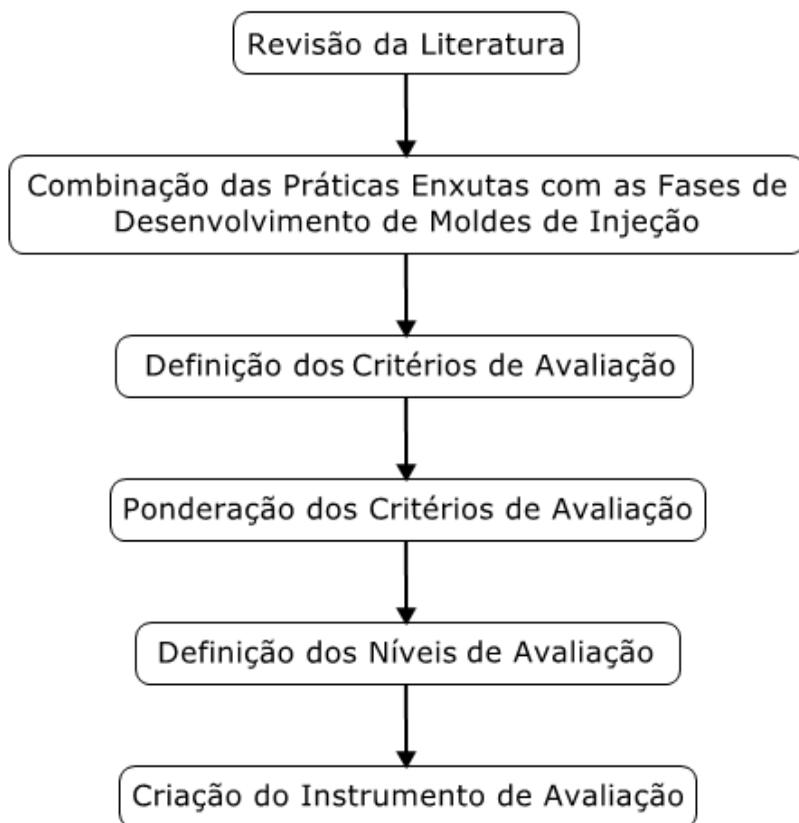
Fonte: Adaptado de Sacchelli (2007); Kazmer (2007); Fuh et al. (2004); Daré (2001).

A integração do modelo de referência para o desenvolvimento de moldes de injeção proposto por Sacchelli (2007) com as práticas de desenvolvimento enxuto de produtos constituem diretrizes para a proposição do modelo de avaliação do uso de práticas de desenvolvimento enxuto de produtos. O Capítulo 3 trata sobre a proposição do modelo de avaliação.

3 PROPOSIÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO

A visão geral da proposição do modelo de avaliação do uso de práticas de desenvolvimento enxuto de produtos, inseridas no processo de desenvolvimento de moldes de injeção está apresentada na Figura 18. A construção do modelo de avaliação começa com a revisão da literatura do processo de desenvolvimento de produtos, que serve de base para o estudo dos temas de desenvolvimento de moldes de injeção e desenvolvimento enxuto de produtos.

Figura 18 - Visão Geral da Proposição do Modelo de Avaliação.



Fonte: Autoria Própria.

Na revisão sobre o desenvolvimento de moldes de injeção foram identificados quatro modelos de referência específicos, onde foi adotado o modelo de referência proposto por Sacchelli (2007). Do desenvolvimento enxuto de produtos foram identificados os pontos, princípios enxutos, práticas enxutas (que são métodos e ferramentas) e desperdícios no PDP. Neste trabalho, buscou-se avaliar o uso das práticas enxutas no processo de desenvolvimento de moldes de injeção.

A partir do modelo de referência proposto por Sacchelli (2007) e das práticas enxutas exploradas, procurou-se identificar quais práticas enxutas poderiam ser aplicadas nas diferentes fases do desenvolvimento de moldes de injeção. Neste momento, foram definidos quais os critérios utilizados para avaliar o uso das práticas enxutas, que definem como avaliar o uso uma prática enxuta em determinada etapa do processo de desenvolvimento do molde em uma empresa.

Após apontar os critérios de avaliação para o uso das práticas enxutas no processo de desenvolvimento de moldes de injeção, os critérios foram ponderados. A ponderação dos critérios de avaliação auxiliou na criação de uma métrica de avaliação, que possibilitou a criação de uma escala de avaliação, a qual nem sempre é linear. Este fato é importante para traduzir questões qualitativas em resultados quantitativos.

Após a ponderação dos critérios de avaliação, definiram-se os níveis de avaliação, que são utilizados para classificar o quanto uma empresa está utilizando cada uma das práticas enxutas. Foram definidas faixas de pontuação para cada nível, o que permite classificar as empresas entre os níveis: excelente; muito bom; satisfatório; ruim e não aplica. E por fim, foi criado um instrumento de avaliação sob a forma de formulários de avaliação, o que permite acessar de maneira digital as perguntas relacionadas à avaliação do uso de práticas enxutas.

3.1 COMBINAÇÃO DAS PRÁTICAS ENXUTAS COM AS FASES DO DESENVOLVIMENTO DE MOLDES DE INJEÇÃO

De acordo com modelo de referência proposto por Sacchelli (2007), o processo de desenvolvimento de moldes de injeção pode ser estruturado em cinco fases, com atividades específicas em cada uma delas. As cinco fases de desenvolvimento com as respectivas atividades são apresentadas nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Fases e Atividades de Desenvolvimento de Moldes de Injeção.

| Fase de Desenvolvimento | Atividades |
|--|--|
| Contratação do desenvolvimento do molde | <ul style="list-style-type: none"> • Receber a solicitação de orçamento do molde; • Analisar a geometria do componente injetado; • Reavaliar as informações iniciais; • Realizar o orçamento do molde; • Enviar a proposta ao cliente; • Efetivar a formalização do contrato; • Encerrar a fase de contratação. |
| Planejamento do processo de desenvolvimento do molde | <ul style="list-style-type: none"> • Realizar o planejamento do escopo; • Realizar o planejamento dos recursos humanos; • Realizar o planejamento do tempo; • Realizar o planejamento das aquisições; • Realizar o planejamento dos custos; • Realizar o planejamento da qualidade; • Realizar o planejamento das comunicações; • Realizar o planejamento dos riscos; • Avaliar e aprovar o planejamento realizado. |
| Projeto do molde | <ul style="list-style-type: none"> • Realizar o projeto informacional: <ul style="list-style-type: none"> - Identificar os requisitos do cliente; - Definir os requisitos de projeto; - Analisar projetos similares realizados; - Estabelecer as especificações de projeto; - Avaliar e aprovar o projeto informacional; • Realizar o projeto conceitual: <ul style="list-style-type: none"> - Consolidar o conceito do molde; - Avaliar e aprovar o conceito do molde; • Realizar o projeto preliminar: <ul style="list-style-type: none"> - Projetar a cavidade superior e inferior; - Projetar o sistema de alimentação; - Projetar o sistema de refrigeração; - Projetar o sistema de extração; - Projetar o sistema de saída de gases; - Avaliar e aprovar o projeto preliminar internamente; - Aprovar o projeto preliminar perante o cliente; |

Fonte: Adaptado de Sacchelli (2007).

Tabela 8 - Fases e Atividades de Desenvolvimento de Moldes de Injeção (continuação).

| Fase de Desenvolvimento | Atividades |
|--------------------------------|---|
| Projeto do molde (continuação) | <ul style="list-style-type: none"> • Realizar o projeto detalhado: <ul style="list-style-type: none"> - Detalhar a placa cavidade superior e inferior; - Detalhar os demais componentes; - Avaliar e aprovar o projeto detalhado e autorizar fabricação dos componentes do molde; - Atualizar os planos de desenvolvimento. |
| Fabricação do molde | <ul style="list-style-type: none"> • Realizar o planejamento da fabricação do molde; • Fabricar a placa superior e inferior ; • Fabricar os demais componentes do molde ; • Realizar a montagem dos componentes do molde; • Atualizar os planos de desenvolvimento. |
| Certificação do molde | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar o funcionamento geral do molde e o dimensional do componente injetado; • Submeter o componente injetado à aprovação do cliente; • Verificar o funcionamento do molde em ciclos de produção; • Atualizar os planos de desenvolvimento; • Fornecer o molde de injeção ao cliente; • Realizar o monitoramento técnico do molde; • Avaliar e encerrar o processo de desenvolvimento do molde. |

Fonte: Adaptado de Sacchelli (2007).

Uma vez que as fases e as atividades do processo de desenvolvimento de moldes de injeção foram identificadas, as práticas de LPD, descritas no Capítulo 2, foram alocadas nas fases identificadas. A identificação das práticas enxutas a serem consideradas em cada fase do desenvolvimento do molde levou em conta como o desenvolvimento enxuto de produto se correlaciona com as atividades de cada fase.

Na Tabela 9 é apresentada a combinação das práticas enxutas com as fases de desenvolvimento de moldes de injeção. A construção da tabela tem como objetivo demonstrar a correlação entre o uso de uma prática enxuta com a sua influência sobre as atividades de cada fase do desenvolvimento do molde de injeção.

Tabela 9 – Combinação das práticas enxutas com as fases do desenvolvimento de moldes de injeção.

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Fases do Desenvolvimento | | | | |
|--|--------------------------|--------------|---------|------------|--------------|
| | Contratação | Planejamento | Projeto | Fabricação | Certificação |
| Engenharia Simultânea | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | ■ | ■ | ■ | | |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | | | ■ | ■ | |
| Projeto para X | ■ | | ■ | | |
| Gerenciamento Visual | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Reporte A3 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Biblioteca de Projeto | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Padronização | | ■ | ■ | | |
| Simulação Virtual | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| Estrutura Organizacional | | ■ | ■ | | |
| Voz do Consumidor | ■ | | ■ | | |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Sala de Projetos | | ■ | ■ | | |

Fonte: Adaptado de León e Cross (2013); Dal Forno e Forcellini (2012); Sacchelli (2007).

A **engenharia simultânea** pode ser aplicada durante todo o processo de desenvolvimento, envolvendo diversas áreas de conhecimento nas várias etapas do desenvolvimento, permitindo a realização simultânea de atividades.

Não se recomenda aplicar a **engenharia simultânea baseada em conjuntos** nas fases de fabricação e certificação, uma vez que a realizar a fabricação e a certificação de mais de um conceito de molde de injeção é inviável.

O **mapeamento do fluxo de valor** pode ser realizado em qualquer processo, porém, se deduz que aplicá-lo com foco na fase de

projeto e fabricação (mas não durante), trará maiores benefícios, identificando desperdícios e propondo melhorias nos processos.

Sobre o **projeto para X**, recomenda-se o uso do **projeto para moldagem por injeção** na fase de contratação, para recomendar alterações na geometria do componente injetado ao cliente e do **projeto para manufatura** na fase de projeto, atendendo as capacidades fabris e evitando problemas de manufatura.

Recomenda-se o uso do **gerenciamento visual** em todas as fases de desenvolvimento, entretanto na fase de contratação ainda existem poucas informações consolidadas, o que, de certa forma, inviabiliza a sua aplicação.

Recomenda-se a aplicação do **reporte A3** e da **biblioteca de projeto** em todas as fases de desenvolvimento, pois são ferramentas que favorecem o registro e a interação com informações de projeto.

A **padronização** dos processos e das informações é relevante em todo o desenvolvimento, mas entende-se que o uso de formulários padronizados para o planejamento e da estruturação dos processos de projetos, demonstram maior benefício à empresa.

O desenvolvimento de um molde de injeção ocorre com o suporte de ferramentas computacionais, portanto a **simulação virtual** está presente em todas as fases de desenvolvimento, com exceção a fase de planejamento.

A **estrutura organizacional** da empresa influencia diretamente as fases de planejamento (plano de recursos humanos, comunicação, tempo, outros) e projeto do molde (processo de tomada de decisão, responsáveis técnicos, outros), tendo menor influencia nas demais fases.

A **voz do consumidor** está presente nas fases de contratação e projeto do molde, onde são levantadas as necessidades dos clientes e traduzidas em requisitos de projeto, respectivamente.

Sobre o **envolvimento antecipado dos fornecedores**, espera-se a participação destes parceiros (fornecedores de matéria-prima, ferramentas, softwares, entre outros) nas quatro primeiras fases de desenvolvimento, com maior intensidade nas fases iniciais. Após a fabricação do molde de injeção, a participação dos fornecedores não é necessária.

E a **sala de projetos** reúne profissionais de diversas áreas de conhecimento da empresa nas fases de planejamento e projeto, favorecendo a troca de informações e maior interação entre as partes.

Nas Tabelas 10 e 11 são apresentados exemplos de aplicação das práticas enxutas nas fases de desenvolvimento do molde, com o objetivo de complementar as informações apresentadas na Tabela 9.

Tabela 10 – Exemplo de aplicação das práticas enxutas.

| Prática Enxuta | Exemplo de Aplicação |
|--|---|
| Engenharia Simultânea | A aplicação na fase de projeto permite que a ferramentaria execute o projeto do sistema de alimentação, do sistema de refrigeração, do sistema de extração e outras atividades simultaneamente. |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | A aplicação na fase de contratação permite que a ferramentaria apresente ao cliente mais de um conceito de molde de injeção (diferentes designs e soluções) durante a atividade de orçamentação. |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | A aplicação não ocorre no decorrer do desenvolvimento do molde, a ferramenta se preocupa com a gestão do processo de desenvolvimento. Entende-se que as fases de projeto e fabricação são extremamente complexas e podem se beneficiar fortemente da criação de mapas de estado atual e futuro, para a identificação de desperdícios. |
| Projeto para X | A aplicação na fase de contratação permite que a ferramentaria analise a geometria do componente injetado e proponha alterações na sua geometria, com o intuito de atender inúmeros critérios relacionados com o processo de moldagem por injeção e fabricação do molde. |
| Gerenciamento Visual | A aplicação na fase de projeto permite que a ferramentaria evite atrasos no desenvolvimento, através da exposição de cronogramas de projeto que facilitam a visualização da conformidade dos prazos e possibilitam ações. |
| Reporte A3 | A aplicação em qualquer fase do desenvolvimento permite que a ferramentaria utilize uma folha de papel tamanho A3 para descrever uma situação ou problema, traçar planos e propor soluções, de modo a encorajar a reflexão e investigação de todos os envolvidos. |
| Biblioteca de Projeto | A aplicação em qualquer fase do desenvolvimento permite que a ferramentaria registre as lições aprendidas regularmente, armazene projetos anteriores e reutilize resultados de decisões de seleção e de desempenhos de projetos anteriores em novos desenvolvimentos. |
| Padronização | A padronização das informações e processos permite que a ferramentaria reduza o tempo de desenvolvimento do molde, através da redução de variáveis, listas de verificação e mecanismos de captura de conhecimento. |

Fonte: Adaptado de León e Cross (2013); Dal Forno e Forcellini (2012); Sacchelli (2007); Kazmer (2007).

Tabela 11 – Exemplo de aplicação das práticas enxutas (continuação).

| Prática Enxuta | Exemplo de Aplicação |
|--|--|
| Simulação Virtual | A aplicação modelos digitais com programas CAD/CAM/CAE na fase de projeto, permitem que a ferramentaria preveja erros de projeto e interação com o processo de manufatura e fabricação, reduzindo o custo com protótipos físicos, além de reduzir o tempo de desenvolvimento. |
| Estrutura Organizacional | A aplicação não ocorre no decorrer do desenvolvimento do molde, mas diferentes tipos de estrutura organizacional (matricial forte, funcional, departamental) influenciam fortemente as fases de planejamento e projeto do molde de injeção, com foco nos recursos humanos e na hierarquia de trabalho. |
| Voz do Consumidor | A aplicação na fase de contratação permite que a ferramentaria identifique as necessidades dos clientes e as transforme em requisitos de projeto, com auxílio de listas de verificação, reuniões, formulários, entrevistas e outras ferramentas de coleta de dados. |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | A aplicação na fase de contratação permite que a ferramentaria mantenha poucos fornecedores e que os envolva nas atividades de orçamentação do molde e analise da geometria do componente injetado, tendo em vista as formas comerciais de aço e ferramentas. |
| Sala de Projetos | A aplicação nas fases de planejamento e projeto, permite que a ferramentaria reúna profissionais de diferentes áreas de conhecimento, favorecendo a troca de informações e maior interação entre as parte. |

Fonte: Adaptado de León e Cross (2013); Dal Forno e Forcellini (2012); Sacchelli (2007); Kazmer (2007).

3.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Após combinar as práticas de desenvolvimento enxuto de produtos com as fases de desenvolvimento de moldes de injeção, foram definidos os critérios que serão utilizados na avaliação do uso das práticas enxutas pelas empresas.

Os mesmos foram definidos para cada prática enxuta em cada fase de desenvolvimento do molde. Desta maneira, quando questionada, a empresa responderá se atende, ou não, determinado critério de avaliação.

A definição dos critérios de avaliação ocorreu por meio do levantamento e estudo da literatura, de reuniões e discussões entre os envolvidos neste projeto, com o intuito de responder a seguinte **pergunta norteadora**:

“Quais são as condições para que uma empresa tenha um nível X (excelente, muito bom, satisfatório, ruim e não aplica); no que se refere à aplicação de uma prática enxuta Y (engenharia simultânea, engenharia simultânea baseada em conjuntos, mapeamento do fluxo de valor, projeto para x, gerenciamento visual, reporte A3, biblioteca de projeto, padronização, simulação virtual, estrutura organizacional, voz do consumidor, envolvimento antecipado dos fornecedores e sala de projetos)?”.

A seguir são apresentados os critérios de avaliação empregados em cada fase do processo de desenvolvimento de moldes de injeção.

3.2.1 Critérios de avaliação para a fase de contratação

Na fase de contratação, recomenda-se o uso de 8 práticas de desenvolvimento enxuto de produtos, totalizando 31 critérios de avaliação para esta fase, que são apresentados nas Tabelas 12, 13 e 14.

Tabela 12 - Critérios de avaliação para a fase de contratação.

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|--|--|
| Engenharia Simultânea | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea durante a fase de contratação. • Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção. • Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento. • Busca melhorar continuamente o processo de contratação. |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa aplica conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos ao longo da fase de contratação. |

Fonte: Adaptado de Zhu et al. (2016); Dal Forno e Forcellini (2012); Schäfer e Soresen (2010).

Tabela 13 - Critérios de avaliação para a fase de contratação (continuação).

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|--|--|
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (continuação) | <ul style="list-style-type: none"> • Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção, capaz de trabalhar com um conjunto de alternativas/soluções. • Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento com conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos. • Busca a melhoria contínua do processo. |
| Projeto para Moldagem por Injeção | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa aplica conceitos de projeto para moldagem por injeção a fim de recomendar ao cliente, modificações na geometria do componente injetado, levando em consideração vários aspectos de projeto (acabamentos, rebaixas, extração, entre outros). • Registra o conhecimento e as lições aprendidas. • Reutiliza o conhecimento e as lições aprendidas em novos projetos. |
| Reporte A3 | <ul style="list-style-type: none"> • Durante as atividades da fase de contratação, a empresa utiliza o reporte A3 para apresentar propostas, auxiliar a tomada de decisões e resolver problemas. • Registra o reporte A3 em uma biblioteca de projetos. • Aplica as soluções encontradas. • Acompanha a evolução das situações registradas. |
| Biblioteca de Projeto | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados, promovendo a busca e o acesso facilitado a todos os dados. • Os arquivos são protegidos por nível hierárquico, regando quem pode ver e quem pode editar os arquivos. • Realiza a cópia de segurança, preservando o conhecimento. • Registra as lições aprendidas na biblioteca de projeto para facilitar a reutilização do conhecimento nas atividades desta fase. |

Fonte: Adaptado de Moubachir e Bouami (2015); Tyagi et al. (2014); Dal Forno e Forcellini (2012); Pinheiro e Toledo (2011); Schäfer e Soresen (2010).

Tabela 14 - Critérios de avaliação para a fase de contratação (continuação).

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|---|--|
| Simulação Virtual | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza ferramentas computacionais (CAD/CAM/CAE) durante a fase de contratação. • Capacita os funcionários nas ferramentas disponibilizadas regularmente. • As ferramentas (softwares) utilizadas têm compatibilidade de formato. • Busca a reutilização de projetos, permitindo gerar geometrias padronizadas a partir de cotas. |
| Voz do Consumidor | <ul style="list-style-type: none"> • Durante as atividades da fase de contratação, a empresa se preocupa levantar as necessidades do cliente. • Utiliza formulários padronizados para levantar todas as necessidades dos clientes. • Registra todas as informações geradas. • Capacita os profissionais em ferramentas (softwares) que auxiliam no levantamento das necessidades dos clientes. |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa mantém uma base de fornecedores, busca parcerias de longo prazo, permitindo diminuir riscos, custos e tempo de projeto. • Envolve os fornecedores parceiros desde o início da fase de contratação, buscando antecipar a troca de informações. • Os parceiros participam da orçamentação do molde. • Os parceiros são envolvidos na análise da geometria do componente injetado. |

Fonte: Adaptado de Lindskog et al. (2015); Dal Forno e Forcellini (2012); Rozenfeld et al. (2006); Zsidisin e Smith (2005).

3.2.2 Critérios de avaliação para a fase de planejamento

Na fase de planejamento, recomenda-se o uso de 9 práticas de desenvolvimento enxuto de produtos, totalizando 34 critérios de avaliação para esta fase, que são apresentados nas Tabelas 15, 16 e 17.

Tabela 15 - Critérios de avaliação para a fase de planejamento.

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|---|--|
| Engenharia Simultânea | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea durante a fase de planejamento. • Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção. • Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento. • Busca melhorar continuamente o processo de planejamento. |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa aplica conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos ao longo da fase de planejamento. • Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção, capaz de trabalhar com um conjunto de alternativas/soluções. • Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento com conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos. • Busca melhorar continuamente o processo de planejamento. |
| Gerenciamento Visual | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa facilita o acesso à informação entre os envolvidos na fase de planejamento, apresentando, por exemplo, o cronograma de projeto com datas e andamento. • Tem uma forma padronizada de divulgar informações, tanto de forma física quanto eletrônica. • As equipes de projeto buscam acessar e atualizar as informações, garantindo o cumprimento de prazos e o desempenho do projeto. |
| Reporte A3 | <ul style="list-style-type: none"> • Durante as atividades da fase de planejamento, a empresa utiliza o reporte A3 para apresentar propostas, auxiliar a tomada de decisões e resolver problemas. • Registra o reporte A3 em uma biblioteca de projetos. • Aplica as soluções encontradas. • Acompanha a evolução das situações registradas. |

Fonte: Adaptado de Zhu et al. (2016); Tyagi et al. (2015); Dal Forno e Forcellini (2012); Schäfer e Soresen (2010); Marchwinski et al. (2008).

Tabela 16 - Critérios de avaliação para a fase de planejamento (continuação).

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|---|--|
| Biblioteca de Projeto | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados, promovendo a busca e o acesso facilitado a todos os dados. • Os arquivos são protegidos por nível hierárquico, regravando quem pode ver e editar os arquivos. • Realiza a cópia de segurança, preservando o conhecimento. • Registra as lições aprendidas na biblioteca de projeto para facilitar a reutilização do conhecimento nas atividades desta fase. |
| Padronização | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza formulários de planejamento padronizados, reduzindo a variabilidade das atividades da fase de planejamento. • Os planos de recursos humanos, tempo e custo são baseados em tarefas e durações padronizadas. • Realiza a capacitação da equipe envolvida na fase de planejamento, para garantir as habilidades técnicas individuais. • Elabora e melhora os planos padronizados, com base nos conhecimentos obtidos. |
| Estrutura Organizacional | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa tem uma estrutura organizacional definida. • A estrutura organizacional influencia diretamente no planejamento do projeto do molde de injeção. • Utiliza uma estrutura organizacional do tipo matricial forte, onde o papel do engenheiro-chefe está evidente. |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa mantém uma base de fornecedores, busca parcerias de longo prazo, diminuindo riscos, custos e tempo de projeto. • Envolve os fornecedores parceiros desde o início da fase de planejamento, buscando antecipar a troca de informações. • Os parceiros participam do planejamento de aquisição, risco, qualidade, tempo e custos. • Criam planos de desenvolvimento conjunto e metas conjuntas. |

Fonte: Adaptado de Dal Forno e Forcellini (2012); Visser et al. (2009); Nishida (2007); Lovro (2007); Zsidisin e Smith (2005).

Tabela 17 - Critérios de avaliação para a fase de planejamento (continuação).

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|--|--|
| Sala de Projetos | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza conceitos da sala de projetos, permitindo que todos os envolvidos tenham acesso facilitado a informações de forma gráfica fixas em uma sala, enquanto o planejamento é executado. • Expõe de forma gráfica: cronograma de projeto, reportes A3, estrutura organizacional, lista de responsáveis técnicos, entre outros. • Tem um espaço físico próprio para reuniões. • Tem equipes responsáveis pela atualização das informações de projeto. |

Fonte: Adaptado de Terenghi et al. (2014); Tezel et al. (2006).

3.2.3 Critérios de avaliação para a fase de projeto

Na fase de projeto, recomenda-se o uso de 13 práticas de desenvolvimento enxuto de produtos, totalizando 49 critérios de avaliação para esta fase, que são apresentados nas Tabelas 18, 19, 20 e 21. A fase de projeto do molde compreende a avaliação de todas as práticas enxutas (métodos e ferramentas) apresentadas neste trabalho.

Tabela 18 - Critérios de avaliação para a fase de projeto.

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|--|--|
| Engenharia Simultânea | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea durante a fase de projeto. • Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção. • Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento. • Busca melhorar perenemente o processo de projeto. |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa aplica conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos ao longo da fase de projeto. |

Fonte: Adaptado de Zhu et al. (2016); Dal Forno e Forcellini (2012).

Tabela 19 - Critérios de avaliação para a fase de projeto (continuação).

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|--|--|
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (continuação) | <ul style="list-style-type: none"> • Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção, capaz de trabalhar com um conjunto de alternativas/soluções. • Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento com conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos. • Busca melhorar perenemente o processo de projeto. |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza o mapeamento do fluxo de valor para criar um mapa do estado atual de um processo, identificando desperdícios e oportunidades de melhoria. • Cria um mapa de estado futuro, baseado no primeiro mapa com as melhorias aplicadas. • Aplica a ferramenta para melhorar os seus processos. • Tem o registro do tempo e do tempo efetivo de cada atividade do processo, permitindo o cálculo da sua eficiência. |
| Projeto para Manufatura | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa aplica conceitos de projeto para manufatura durante o projeto do molde. • Envolve os responsáveis de manufatura para antecipar problemas e propor soluções de fabricação e montagem desde o início da fase de projeto. • O molde é projetado para atender as capacidades fabris, respeitando as limitações dos processos, pessoas e equipamentos. • O projeto busca facilitar/otimizar a fabricação dos componentes do molde e a montagem do molde. |
| Gerenciamento Visual | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa facilita o acesso à informação entre os envolvidos na fase de projeto, apresentando, por exemplo, o cronograma com datas e andamento. • Tem uma forma padronizada de divulgar informações, tanto de forma física quanto eletrônica. • As equipes de projeto buscam acessar e atualizar as informações, garantindo o cumprimento de prazos e o desempenho do projeto. |

Fonte: Adaptado de Heusner et al. (2015); Moubachir e Bouami (2015); Tyagi et al. (2015); Dal Forno e Forcellini (2012); Schäfer e Soresen (2010).

Tabela 20 - Critérios de avaliação para a fase de projeto (continuação).

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|---|--|
| Reporte A3 | <ul style="list-style-type: none"> • Durante as atividades da fase de projeto, a empresa utiliza o reporte A3 para apresentar propostas, auxiliar a tomada de decisões e resolver problemas. • Registra o reporte A3 em uma biblioteca de projetos. • Aplica as soluções encontradas. • Acompanha a evolução das situações registradas. |
| Biblioteca de Projeto | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados, promovendo a busca e o acesso facilitado a todos os dados. • Os arquivos são protegidos por nível hierárquico, regravando quem pode ver e editar os arquivos. • Realiza a cópia de segurança, preservando o conhecimento. • Registra as lições aprendidas na biblioteca de projeto para facilitar a reutilização do conhecimento nas atividades desta fase. |
| Padronização | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza processos de desenvolvimento padronizados, reduzindo a variabilidade das atividades da fase de projeto. • Busca por projetos similares já realizados ao realizar o projeto informacional, conceitual e preliminar. • Busca soluções padronizadas para os componentes do molde, como exemplo: padrão de acabamento de buchas guia. • Melhora os processos de desenvolvimento padronizados, com base nos conhecimentos obtidos. |
| Simulação Virtual | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza ferramentas computacionais (CAD/CAM/CAE) durante a fase de projeto. • Capacita os funcionários nas ferramentas disponibilizadas regularmente. • As ferramentas (softwares) utilizadas têm compatibilidade de formato. • Busca a reutilização de projetos, permitindo gerar geometrias padronizadas a partir de cotas. |

Fonte: Adaptado de Lindskog et al. (2015); Dal Forno e Forcellini (2012); Marchwinski et al. (2008); Nishida (2007).

Tabela 21 - Critérios de avaliação para a fase de projeto (continuação).

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|---|--|
| Estrutura Organizacional | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa tem uma estrutura organizacional definida. • A estrutura organizacional influencia diretamente no projeto do molde de injeção. • Utiliza uma estrutura organizacional do tipo matricial forte, onde o papel do engenheiro-chefe está evidente. |
| Voz do Consumidor | <ul style="list-style-type: none"> • Na fase de projeto, a empresa se preocupa em traduzir as necessidades do cliente nos requisitos de projeto. • Utiliza ferramentas padronizadas para levantar todos os requisitos de projeto. • Registra todas as informações geradas. • Capacita os profissionais em ferramentas (softwares) que auxiliam no levantamento dos requisitos de projeto. |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa mantém uma base de fornecedores, busca parcerias de longo prazo, diminuindo riscos, custos e tempo de projeto. • Envolve os fornecedores parceiros desde o início da fase de projeto, buscando antecipar a troca de informações. • Os parceiros participam da especificação tolerância e acabamentos que podem interferir na fabricação do molde e auxiliam na escolha por formas comerciais de aço, material, processos e ferramentas. |
| Sala de Projetos | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza conceitos da sala de projetos, permitindo que todos os envolvidos tenham acesso facilitado a informações de forma gráfica fixas em uma sala, enquanto o projeto é executado. • Expõe de forma gráfica: cronograma de projeto, reportes A3, estrutura organizacional, lista de responsáveis técnicos, entre outros. • Tem um espaço físico próprio para reuniões de projeto. • Tem equipes responsáveis pela atualização das informações de projeto. |

Fonte: Adaptado de Terenghi et al. (2014); Dal Forno e Forcellini (2012); Lovro (2007); Visser et al. (2009); Rozenfeld et al. (2006); Zsidisin e Smith (2005).

3.2.4 Critérios de avaliação para a fase de fabricação

Na fase de fabricação, recomenda-se o uso de 7 práticas de desenvolvimento enxuto de produtos, totalizando 27 critérios de avaliação para esta fase, que são apresentados nas Tabelas 22 e 23.

Tabela 22 - Critérios de avaliação para a fase de fabricação.

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|--|---|
| Engenharia Simultânea | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea durante a fase de fabricação. • Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção. • Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento. • <u>Melhora continuamente o processo de fabricação.</u> |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza o mapeamento do fluxo de valor para criar um mapa do estado atual de um processo, identificando desperdícios e oportunidades de melhoria. • Cria um mapa de estado futuro, baseado no primeiro mapa com as melhorias aplicadas. • Aplica a ferramenta para melhorar os seus processos. • Tem o registro do tempo e do tempo efetivo de cada atividade do processo, permitindo o cálculo da sua eficiência. |
| Gerenciamento Visual | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa facilita o acesso a informação entre os envolvidos na fase de fabricação, apresentando, por exemplo, o cronograma de projeto. • Tem uma forma padronizada de divulgar informações, tanto de forma física quanto eletrônica. • As equipes de projeto buscam acessar e atualizar as informações, garantindo o cumprimento de prazos e o desempenho do projeto. |
| Reporte A3 | <ul style="list-style-type: none"> • Durante as atividades da fase de fabricação, a empresa utiliza o reporte A3 para apresentar propostas, auxiliar a tomada de decisões e resolver problemas. |

Fonte: Adaptado de Zhu et al. (2016); Heusner et al. (2015); Tyagi et al. (2015); Tyagi et al. (2014); Dal Forno e Forcellini (2012); Marchwinski et al. (2008).

Tabela 23 - Critérios de avaliação para a fase de fabricação (continuação).

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|---|---|
| Reporte A3 (continuação) | <ul style="list-style-type: none"> • Registra o reporte A3 em uma biblioteca de projetos. • Aplica as soluções encontradas. • Acompanha a evolução das situações registradas. |
| Biblioteca de Projeto | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados, promovendo a busca e o acesso facilitado a todos os dados. • Os arquivos são protegidos por nível hierárquico, regravando quem pode ver e quem pode editar os arquivos. • Realiza a cópia de segurança, preservando o conhecimento. • Registra as lições aprendidas na biblioteca de projeto para facilitar a reutilização do conhecimento nas atividades desta fase. |
| Simulação Virtual | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza ferramentas computacionais (CAD/CAM/CAE) durante a fase de fabricação. • Capacita os funcionários nas ferramentas disponibilizadas regularmente. • As ferramentas (softwares) utilizadas têm compatibilidade de formato. • Busca a reutilização de projetos, permitindo gerar geometrias padronizadas a partir de cotas. |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa mantém uma base de fornecedores, busca parcerias de longo prazo, diminuindo riscos, custos e tempo de projeto. • Envolve os fornecedores parceiros desde o início da fase de fabricação, buscando antecipar a troca de informações. • Os parceiros participam do planejamento da fabricação do molde, antecipando prazos de entrega para programar a produção. • Os parceiros propõem soluções de manufatura, envolvendo matéria prima, equipamentos, processos e ferramentas. |

Fonte: Adaptado de Lindskog et al. (2015); Dal Forno e Forcellini (2012); Marchwinski et al. (2008); Zsidisin e Smith (2005).

3.2.5 Critérios de avaliação para a fase de certificação

Na fase de certificação, recomenda-se o uso de 5 práticas de desenvolvimento enxuto de produtos, totalizando 19 critérios de avaliação para esta fase, que são apresentadas nas Tabelas 24 e 25. Finalizando a definição dos critérios de avaliação para o todas as fases do desenvolvimento de moldes de injeção.

Tabela 24 - Critérios de avaliação para a fase de certificação.

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|---|--|
| Engenharia Simultânea | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea durante a fase de certificação. • Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção. • Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento. • Busca melhorar continuamente o processo de certificação. |
| Gerenciamento Visual | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa facilita o acesso à informação entre os envolvidos na fase de certificação, apresentando, por exemplo, o cronograma de projeto com datas e andamento. • Tem uma forma padronizada de divulgar informações, tanto de forma física quanto eletrônica. • As equipes de projeto buscam acessar e atualizar as informações, garantindo o cumprimento de prazos e o desempenho do projeto. |
| Reporte A3 | <ul style="list-style-type: none"> • Durante as atividades da fase de certificação, a empresa utiliza o reporte A3 para apresentar propostas, auxiliar a tomada de decisões e resolver problemas. • Registra o reporte A3 em uma biblioteca de projetos. • Aplica as soluções encontradas. • Acompanha a evolução das situações registradas. |
| Biblioteca de Projeto | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados, promovendo a busca e o acesso facilitado a todos os dados. • Os arquivos são protegidos por nível hierárquico, regravando quem pode ver e quem pode editar os arquivos. |

Fonte: Adaptado de Zhu et al. (2016); Tyagi et al. (2015); Dal Forno e Forcellini (2012); Machwinski et al. (2008).

Tabela 25 - Critérios de avaliação para a fase de certificação.

| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Critérios de Avaliação |
|--|---|
| Biblioteca de Projeto (continuação) | <ul style="list-style-type: none"> • Realiza a cópia de segurança. • Registra as lições aprendidas na biblioteca de projeto para facilitar a reutilização do conhecimento. |
| Simulação Virtual | <ul style="list-style-type: none"> • A empresa utiliza ferramentas computacionais (CAD/CAM/CAE) durante a fase de certificação. • Capacita os funcionários nas ferramentas disponibilizadas regularmente. • As ferramentas (softwares) utilizadas têm compatibilidade de formato. • Busca a reutilização de projetos, permitindo gerar geometrias padronizadas a partir de cotas. |

Fonte: Adaptado de Lindskog et al. (2015); Dal Forno e Forcellini (2012).

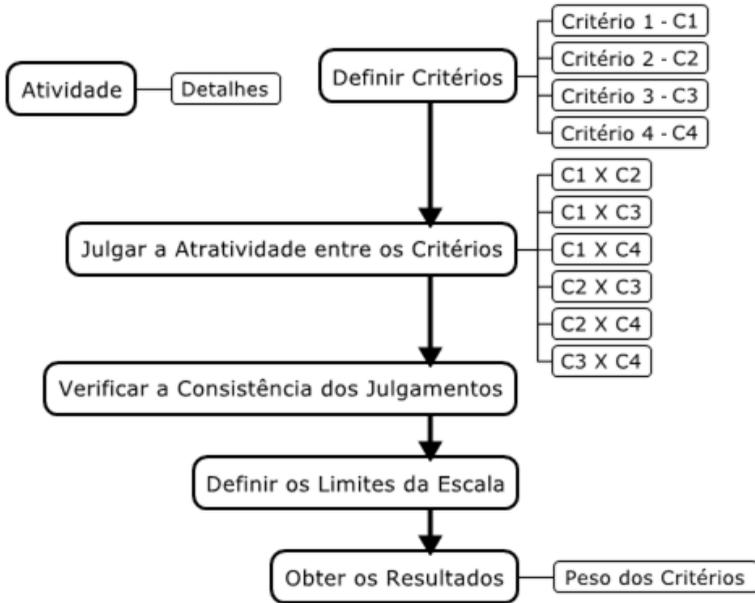
3.3 PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A ponderação dos critérios de avaliação foi realizada empregando-se o método de tomada de decisão MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*). No **Apêndice H** é apresentada uma comparação entre alguns métodos multicritério.

O MACBETH é uma abordagem que requer apenas julgamentos qualitativos sobre os diferentes critérios e auxilia a quantificar a atratividade relativa entre as opções. O método aplica um procedimento iterativo e inicial que compara dois critérios de cada vez, solicitando apenas um julgamento qualitativo. Os julgamentos são inseridos no software (M-MACBETH), que verifica a consistência dos julgamentos. Uma escala numérica é gerada a partir dos julgamentos do avaliador, e de maneira similar, pesos são definidos para os critérios de avaliação (BANA e COSTA et al, 2013).

A Figura 19 exibe a visão geral do procedimento adotado para a ponderação dos critérios de avaliação. Para aplicar o MACBETH são seguidos os seguintes passos: definir critérios, julgar a atratividade entre os critérios, verificar a consistência dos julgamentos, definir os limites das escalas de avaliação e obter os resultados. Estes passos foram executados para cada prática enxuta em cada fase do processo de desenvolvimento.

Figura 19 - Visão Geral da Ponderação dos Critérios de Avaliação.



Fonte: Adaptado de Bana e Costa et al. (2013).

A seguir é descrito cada uma das atividades para a ponderação dos critérios de avaliação.

3.3.1 Definir critérios

O primeiro passo que deve ser executado, ao utilizar o método MACBETH, é definir os critérios que serão julgados. É importante inserir estes critérios na ordem de importância (o Critério 1 deverá ter maior peso e o Critério 4 deverá ter o menor peso), esse pré-julgamento evita inconsistências e retrabalhos.

3.3.2 Julgar a atratividade entre critérios e verificar a consistência dos julgamentos

Para ponderar os critérios de avaliação, o próximo passo é julgar a atratividade entre os critérios. O julgamento é feito em pares e qualitativamente. A Figura 20 apresenta a interface de “julgamento de critérios” do software M-MACBETH, o julgamento qualitativo permite

a escolha dos níveis “nula” onde não há diferença entre os critérios e “extrema” onde há uma diferença extrema entre critérios. Este passo é repetido para cada prática enxuta em cada fase de desenvolvimento e são apresentados no **Apêndice I**.

Figura 20 - Interface de julgamentos de critérios do MACBETH.

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] | extrema |
|--------|--------|----------|-----------|----------|-----------|
| [C1] | nula | moderada | frac-mod | forte | mt. forte |
| [C2] | | nula | mt. fraca | moderada | forte |
| [C3] | | | nula | fraca | moderada |
| [C4] | | | | nula | fraca |
| | | | | | mt. fraca |
| | | | | | nula |

Fonte: Autoria Própria.

Após julgar os critérios de avaliação em pares, é necessário verificar a consistência dos julgamentos. Na Figura 21, é apresentada uma inconsistência no julgamento do par C2-C3, isto ocorre por que a diferença entre C2-C3 deve ser menor que a diferença entre C2-C4. Para corrigir esta inconsistência, deve-se aumentar a diferença entre C2-C4 ou diminuir a diferença entre C2-C3.

Figura 21 - Interface de julgamentos de critérios com inconsistência.

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|--------|--------|----------|----------|----------|
| [C1] | nula | moderada | frac-mod | forte |
| [C2] | | nula | forte | moderada |
| [C3] | | | nula | fraca |
| [C4] | | | | nula |

Fonte: Autoria Própria.

3.3.3 Definir os limites da escala

Após garantir a consistência dos julgamentos, é necessário escolher os limites da escala, neste passo é definida a pontuação máxima e mínima dos níveis de avaliação como um todo. Então, se atribui zero (0) como pontuação mínima e quatro (4) como pontuação máxima,

representando, respectivamente, os níveis “não aplica” e “excelente” da escala de classificação qualitativa.

3.3.4 Obter os resultados

Nesta etapa do método MACBETH ocorre a tradução dos julgamentos qualitativos em quantitativos. Para este trabalho, os resultados relevantes são os pesos dos critérios de avaliação.

Os pesos dos critérios de avaliação para o **reporte A3 na fase de contratação** são apresentados, como exemplo, na Tabela 26. A soma dos pesos dos quatro critérios é sempre igual a quatro (4), isto é, quanto a empresa cumpre todos os critérios de avaliação de uma prática enxuta em uma das fases de avaliação, recebe a pontuação máxima (4), conforme definido no passo anterior

Os pesos de cada critério de avaliação em cada fase do desenvolvimento do molde, que foram obtidos com auxílio do software do MACBETH são apresentados no **Apêndice A**.

Tabela 26 - Peso dos critérios para o reporte A3 na fase de contratação.

| Critério | Peso |
|-----------------|-------------|
| C1 | 1,32 |
| C2 | 1,04 |
| C3 | 0,92 |
| C4 | 0,72 |

Fonte: Autoria Própria.

3.4 DESCRIÇÃO DOS NÍVEIS DE AVALIAÇÃO

O procedimento anterior foi aplicado para cada prática enxuta, considerando as distintas fases de desenvolvimento de moldes de injeção. Com isto, obtiveram-se os pesos dos critérios. Neste caso, tem-se interesse em avaliar a diferença de atratividade entre os níveis de avaliação: **excelente, muito bom, satisfatório, ruim e não aplica**.

Para isto, foram apontados quais critérios de avaliação devem ser **idealmente** atendidos em cada nível do modelo de avaliação, definindo para cada nível de avaliação um conjunto de critérios de avaliação. Este passo é utilizado para delimitar os níveis de avaliação em faixas de pontuação, conforme mostrado na sequência. Para padronizar a ponderação dos níveis, definiu-se que o nível:

- **Excelente:** deve atender aos critérios C1, C2, C3 e C4;
- **Muito bom:** deve atender os critérios C1, C2 e C3;
- **Satisfatório:** deve atender os critérios C1 e C2;
- **Ruim:** deve atender somente ao critério C1;
- **Não aplica:** não atende nenhum critério.

A disposição dos **critérios de avaliação** junto aos **níveis de avaliação** para cada uma das fases do desenvolvimento do molde é apresentada nos **Apêndices B, C, D, E e F**. Na Tabela 27 é apresentado um exemplo da disposição dos critérios nos níveis de avaliação para o **reporte A3 na fase de contratação**.

Tabela 27 - Disposição dos critérios para o reporte A3 na fase de contratação.

| Disposição dos critérios nos níveis de avaliação | | | | |
|---|----------------|----------|----|------------------------------------|
| EX | MB | S | R | NA |
| C1 - A empresa utiliza o reporte A3 para apresentar propostas, auxiliar a tomada de decisões e resolver problemas. C2 - Registra o reporte A3. C3 - Aplica as soluções encontradas. C4 - Acompanha a evolução das situações registradas. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica o reporte A3. |

Fonte: Autoria Própria.

Tendo definido **idealmente** a disposição dos critérios de avaliação nos níveis de avaliação, delimitam-se os níveis de avaliação em faixas de pontuação, onde a **pontuação máxima** de cada nível de avaliação é igual a soma dos pesos dos critérios que o nível atende **idealmente**. As pontuações dos níveis de avaliação o **reporte A3 na fase de contratação** são apresentadas, como exemplo, na Tabela 28.

Tabela 28 - Pontuação dos níveis para o reporte A3 na fase de contratação.

| Nível | Pontuação |
|--------------|-----------|
| Excelente | 4,00 |
| Muito bom | 3,28 |
| Satisfatório | 2,36 |
| Ruim | 1,32 |
| Não aplica | 0,00 |

Fonte: Autoria Própria.

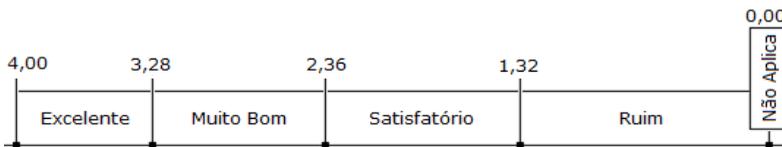
A delimitação dos níveis de avaliação divide os níveis em faixas de pontuação, tal que:

- **Excelente:** índice obtido quando $X > MB$;
- **Muito bom:** índice obtido quando $MB \geq X > S$;
- **Satisfatório:** índice obtido quando $S \geq X > R$;
- **Ruim:** índice obtido quando $R \geq X > NA$;
- **Não aplica:** índice obtido quando $X = NA = 0,00$.

Onde “X” representa a pontuação obtida pela empresa em determinada prática enxuta. E “MB”, “S”, “R” e “NA” representam, respectivamente, a pontuação máxima dos níveis muito bom, satisfatório, ruim e não aplica.

Na Figura 22 são apresentadas as faixas de pontuação para os níveis de avaliação do **reporte A3 na fase de contratação**.

Figura 22 - Níveis de avaliação para o reporte A3 na fase de contratação.



Fonte: Autoria Própria.

Nas Tabelas 29 a 33 são apresentadas as pontuações dos níveis de avaliação obtidas com a aplicação do método MACBETH, considerando as diferentes fases de desenvolvimento do molde.

Tabela 29 - Pontuações dos níveis de avaliação na fase de contratação.

| Níveis de Avaliação - Fase de Contratação | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| Prática Enxuta | EX | MB | S | R | NA |
| Engenharia Simultânea | 4,00 | 3,52 | 2,72 | 1,60 | 0,00 |
| Engenharia Simultânea baseada em Conjunto | 4,00 | 3,44 | 2,64 | 1,48 | 0,00 |
| Projeto para X | 4,00 | 3,37 | 2,53 | 1,25 | 0,00 |
| Reporte A3 | 4,00 | 3,28 | 2,36 | 1,32 | 0,00 |
| Biblioteca de Projeto | 4,00 | 3,36 | 2,40 | 1,24 | 0,00 |
| Simulação Virtual | 4,00 | 3,24 | 2,28 | 1,24 | 0,00 |
| Voz do Consumidor | 4,00 | 3,24 | 2,36 | 1,24 | 0,00 |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | 4,00 | 3,28 | 2,44 | 1,36 | 0,00 |
| Média da Fase | 4,00 | 3,34 | 2,47 | 1,34 | 0,00 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 30 - Pontuações dos níveis de avaliação na fase de planejamento.

| Níveis de Avaliação - Fase de Planejamento | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Prática Enxuta | EX | MB | S | R | NA |
| Engenharia Simultânea | 4,00 | 3,52 | 2,72 | 1,60 | 0,00 |
| Engenharia Simultânea baseada em Conjunto | 4,00 | 3,44 | 2,64 | 1,48 | 0,00 |
| Gerenciamento Visual | 4,00 | 3,52 | 2,56 | 1,64 | 0,00 |
| Reporte A3 | 4,00 | 3,28 | 2,36 | 1,32 | 0,00 |
| Biblioteca de Projeto | 4,00 | 3,36 | 2,40 | 1,24 | 0,00 |
| Padronização | 4,00 | 3,28 | 2,44 | 1,36 | 0,00 |
| Estrutura Organizacional | 4,00 | 3,74 | 3,55 | 2,15 | 0,00 |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | 4,00 | 3,28 | 2,44 | 1,36 | 0,00 |
| Sala de Projetos | 4,00 | 3,24 | 2,36 | 1,28 | 0,00 |
| Média da Fase | 4,00 | 3,41 | 2,61 | 1,49 | 0,00 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 31 - Pontuações dos níveis de avaliação na fase de projeto.

| Níveis de Avaliação - Fase de Projeto | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Prática Enxuta | EX | MB | S | R | NA |
| Engenharia Simultânea | 4,00 | 3,52 | 2,72 | 1,60 | 0,00 |
| Engenharia Simultânea baseada em Conjunto | 4,00 | 3,44 | 2,64 | 1,48 | 0,00 |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | 4,00 | 3,60 | 2,80 | 1,60 | 0,00 |
| Projeto para X | 4,00 | 3,32 | 2,36 | 1,24 | 0,00 |
| Gerenciamento Visual | 4,00 | 3,52 | 2,56 | 1,64 | 0,00 |
| Reporte A3 | 4,00 | 3,28 | 2,36 | 1,32 | 0,00 |
| Biblioteca de Projeto | 4,00 | 3,36 | 2,40 | 1,24 | 0,00 |
| Padronização | 4,00 | 3,28 | 2,40 | 1,40 | 0,00 |
| Simulação Virtual | 4,00 | 3,24 | 2,28 | 1,24 | 0,00 |
| Estrutura Organizacional | 4,00 | 3,74 | 3,55 | 2,15 | 0,00 |
| Voz do Consumidor | 4,00 | 3,24 | 2,36 | 1,24 | 0,00 |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | 4,00 | 3,68 | 3,04 | 1,76 | 0,00 |
| Sala de Projetos | 4,00 | 3,24 | 2,36 | 1,28 | 0,00 |
| Média da Fase | 4,00 | 3,42 | 2,60 | 1,48 | 0,00 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 32 - Pontuações dos níveis de avaliação na fase de fabricação.

| Níveis de Avaliação - Fase de Fabricação | | | | | |
|---|-----------|-----------|----------|----------|-----------|
| Prática Enxuta | EX | MB | S | R | NA |
| Engenharia Simultânea | 4,00 | 3,52 | 2,72 | 1,60 | 0,00 |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | 4,00 | 3,60 | 2,80 | 1,60 | 0,00 |
| Gerenciamento Visual | 4,00 | 3,52 | 2,56 | 1,64 | 0,00 |
| Reporte A3 | 4,00 | 3,28 | 2,36 | 1,32 | 0,00 |
| Biblioteca de Projeto | 4,00 | 3,36 | 2,40 | 1,24 | 0,00 |
| Simulação Virtual | 4,00 | 3,24 | 2,28 | 1,24 | 0,00 |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | 4,00 | 3,28 | 2,44 | 1,36 | 0,00 |
| Média da Fase | 4,00 | 3,40 | 2,51 | 1,43 | 0,00 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 33 - Pontuações dos níveis de avaliação na fase de certificação.

| Níveis de Avaliação - Fase de Certificação | | | | | |
|---|-----------|-----------|----------|----------|-----------|
| Prática Enxuta | EX | MB | S | R | NA |
| Engenharia Simultânea | 4,00 | 3,52 | 2,72 | 1,60 | 0,00 |
| Gerenciamento Visual | 4,00 | 3,52 | 2,56 | 1,64 | 0,00 |
| Reporte A3 | 4,00 | 3,28 | 2,36 | 1,32 | 0,00 |
| Biblioteca de Projeto | 4,00 | 3,36 | 2,40 | 1,24 | 0,00 |
| Simulação Virtual | 4,00 | 3,24 | 2,28 | 1,24 | 0,00 |
| Média da Fase | 4,00 | 3,38 | 2,46 | 1,41 | 0,00 |

Fonte: Autoria Própria.

No caso, agrupando as notas das diferentes fases de desenvolvimento é obtido um índice de avaliação geral das empresas. A pontuação dos níveis de avaliação geral é calculada a partir das pontuações médias das fases de desenvolvimento. E representa o uso de práticas enxutas no processo de desenvolvimento de moldes de injeção como um todo.

Na Tabela 34 são apresentadas as pontuações médias dos níveis de avaliação das fases e a pontuação dos níveis de avaliação geral, utilizadas para a avaliação das empresas por fase e de modo geral.

Tabela 34 - Pontuação dos níveis de avaliação geral.

| Níveis de Avaliação Geral | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|
| Fases do Desenvolvimento | EX | MB | S | R | NA |
| Contratação | 4,00 | 3,34 | 2,47 | 1,34 | 0,00 |
| Planejamento | 4,00 | 3,41 | 2,61 | 1,49 | 0,00 |
| Projeto | 4,00 | 3,42 | 2,60 | 1,48 | 0,00 |
| Fabricação | 4,00 | 3,40 | 2,51 | 1,43 | 0,00 |
| Certificação | 4,00 | 3,38 | 2,46 | 1,41 | 0,00 |
| Média Geral | 4,00 | 3,39 | 2,53 | 1,43 | 0,00 |

Fonte: Autoria Própria.

3.5 CRIAÇÃO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

O último passo na proposição do modelo de avaliação é a criação do instrumento de avaliação. No caso, optou-se por formulários de avaliação, que são documentos utilizados para formalizar a comunicação e coletar dados e informações. Foram criados cinco formulários de avaliação, cada um abrangendo uma fase do desenvolvimento de moldes de injeção. Buscou-se a criação de formulários de avaliação que:

- Tragam uma leitura rápida e de fácil entendimento;
- Conttenham informações sobre o desenvolvimento de moldes de injeção, como fases e atividades;
- Explicam as práticas de desenvolvimento enxuto de produtos com textos e figuras;
- Tragam questões claras sobre os critérios de avaliação, com respostas curtas e objetivas;
- Sejam lidos e respondidos em plataforma digital e possam ser enviados por e-mail;
- Registram as respostas obtidas em um banco de dados online.

Para a criação dos formulários de avaliação foi utilizada a ferramenta *Google Forms*. A Figura 23 apresenta a primeira de sete páginas do formulário de avaliação da fase de certificação.

Como foram definidos critérios de avaliação para cada prática enxuta, cada critério foi transformado em uma pergunta nos formulários. Onde foi elaborada uma pergunta para todos os critérios de avaliação, para cada prática enxuta, em cada uma das fases do desenvolvimento de moldes de injeção. Totalizando, aproximadamente, 168 perguntas, as quais podem ser vistas no **Apêndice G**.

Figura 23 - Página 1 de 7 do formulário de avaliação da fase de certificação.

Fase 5 - Certificação

As cinco fases do desenvolvimento de moldes de injeção

Quais as atividades realizadas na fase de certificação?

Na fase de certificação do molde, usualmente são realizadas as seguintes atividades:

- > Verificar o funcionamento geral do molde e o dimensional do componente injetado
- > Submeter o componente injetado à aprovação do cliente
- > Verificar o funcionamento do molde em ciclos de produção
- > Atualizar os planos de desenvolvimento
- > Fornecer o molde de injeção ao cliente
- > Avaliar e encerrar o processo de desenvolvimento do molde
- > Realizar o monitoramento técnico do molde

NEXT

Page 1 of 7

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 24 apresenta uma pergunta do formulário de avaliação da prática enxuta **gerenciamento visual** na fase de certificação. Note que as empresas têm quatro opções de respostas para cada pergunta do formulário: sim, às vezes, não e não sei.

Figura 24 - Pergunta do formulário de avaliação para a fase de certificação.

A empresa facilita o acesso à informação entre os envolvidos na fase de certificação? *

Apresentando, por exemplo, o cronograma de projeto com datas e andamento do projeto.

Sim.

Às vezes.

Não.

Não sei.

Fonte: Autoria Própria.

De acordo com a resposta inserida, uma porcentagem do peso de um critério de avaliação é atribuída na pontuação da empresa. De modo que, a resposta:

- **Sim:** atribuí **100%** do peso do critério de avaliação;
- **Às vezes:** atribuí **50%** do peso do critério de avaliação;
- **Não:** atribuí **0%** do peso do critério de avaliação;
- **Não sei:** atribuí **0%** do peso do critério de avaliação.

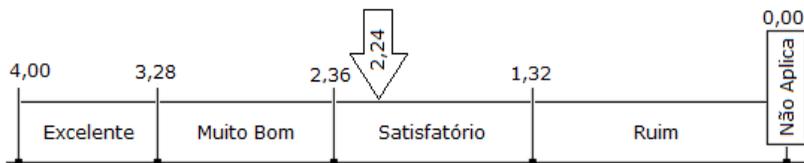
A pontuação obtida por uma empresa, em uma prática enxuta de uma das fases, é igual à soma da pontuação obtida nas quatro perguntas sobre determinada prática enxuta.

Por exemplo, se uma empresa atende aos critérios C1 e C3 da prática enxuta **reporte A3 na fase de contratação**, a empresa responde “sim” na primeira e na terceira pergunta e, responde “não” na segunda e na quarta pergunta. Na situação descrita, as pontuações obtidas pela empresa, conforme descrito na Tabela 27, são:

- **C1:** 100% de 1,32 = 1,32.
- **C2:** 0% de 1,04 = 0,00.
- **C3:** 100% de 0,92 = 0,92.
- **C4:** 0% de 0,72 = 0,00.
- **Total:** 1,32 + 0,92 = **2,24**.

De acordo com as pontuações dos níveis de avaliação do **reporte A3 na fase de contratação**, o desempenho da empresa encontra-se no nível **satisfatório**, conforme apresentado na Figura 25.

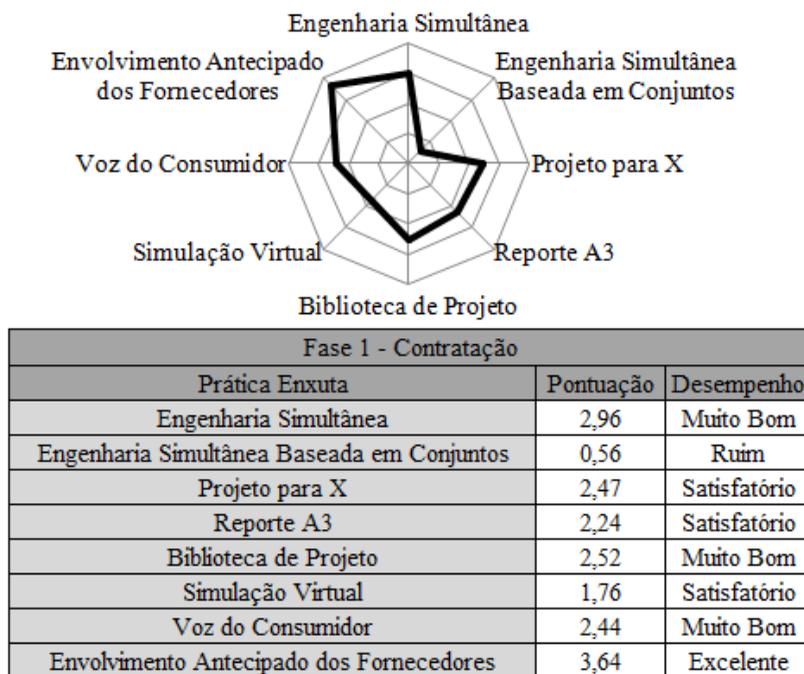
Figura 25- Desempenho do uso do reporte A3 na fase de contratação.



Fonte: Autoria Própria.

Com base nas respostas obtidas, são construídos gráficos tipo radar e tabelas de pontuação detalhadas para cada prática enxuta de cada fase de desenvolvimento do molde, como exemplificado na Figura 26. O desempenho do uso de cada prática enxuta é classificado com base na pontuação da empresa e os intervalos dos níveis de avaliação.

Figura 26 - Pontuações e desempenhos detalhados na fase de contratação.



Fonte: Autoria Própria.

Além dos resultados para as cinco fases de desenvolvimento de moldes de injeção, são apresentados as pontuações médias das práticas enxutas e os respectivos desempenhos médios, conforme exemplificado na Figura 27.

Figura 27 - Pontuações e desempenhos por prática enxuta.

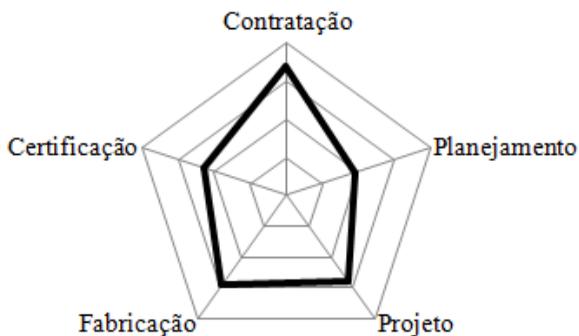


| Prática Enxuta | Pontuação | Desempenho |
|--|-----------|--------------|
| Engenharia Simultânea | 2,62 | Satisfatório |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | 1,67 | Satisfatório |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | 1,60 | Ruim |
| Projeto para X | 2,66 | Muito Bom |
| Gerenciamento Visual | 2,86 | Muito Bom |
| Reporte A3 | 2,19 | Satisfatório |
| Biblioteca de Projeto | 2,14 | Satisfatório |
| Padronização | 3,26 | Muito Bom |
| Simulação Virtual | 2,94 | Muito Bom |
| Estrutura Organizacional | 2,18 | Satisfatório |
| Voz do Consumidor | 2,75 | Muito Bom |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | 2,88 | Satisfatório |
| Sala de Projetos | 2,04 | Satisfatório |

Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 28 é apresentada a pontuação geral de cada fase de desenvolvimento do molde e a média geral das fases, índice que é responsável pela classificação geral do desempenho do uso de práticas enxutas pela empresa.

Figura 28 - Pontuações e desempenhos por fase e geral.



| Fase | Pontuação | Desempenho |
|--------------|-----------|--------------|
| Contratação | 3,35 | Excelente |
| Planejamento | 1,89 | Satisfatório |
| Projeto | 2,77 | Muito Bom |
| Fabricação | 2,93 | Muito Bom |
| Certificação | 2,27 | Satisfatório |
| Média Geral | 2,64 | Muito Bom |

Fonte: Autoria Própria.

Perceba que os resultados são apresentados de diferentes formas e os desempenhos são expostos de modo que o:

- **Desempenho Geral:** indica a classificação geral da empresa de forma qualitativa e rápida, não se preocupando com os resultados por fase ou por prática enxuta.
- **Desempenho por Fases:** auxilia a empresa a identificar pontos fortes e fracos no processo de desenvolvimento de moldes de injeção, não se preocupando com os resultados por prática enxuta;
- **Desempenho por Prática Enxuta:** é responsável por mensurar o uso das práticas enxutas, não se preocupando com os resultados por fase de desenvolvimento do molde;
- **Desempenho Detalhado:** auxilia a empresa a tomar ações pontuais no processo de desenvolvimento do molde, descrevendo detalhadamente o desempenho das práticas enxutas dentro de cada fase de desenvolvimento do molde.

4 APLICAÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO

Para aplicar o modelo de avaliação do uso de práticas de desenvolvimento enxuto de produtos no processo de desenvolvimento de moldes de injeção, primeiro buscou-se identificar as empresas, onde se cria uma lista de empresas potenciais para aplicação do modelo de avaliação. Nesta atividade contou-se com o apoio da Associação Brasileira da Indústria de Ferramentais (ABINFER) para identificar as ferramentarias potenciais da região de Joinville. No caso, foi selecionada uma lista de dez (10) empresas, as quais foram contatadas.

Na sequência foram enviados os formulários de avaliação, juntamente com informações sobre o trabalho, instruções de preenchimento e prazos para resposta dos formulários.

A seguir, as respostas obtidas foram processadas, verificados quais critérios de avaliação são atendidos em cada prática enxuta em cada fase do desenvolvimento de molde de injeção, calculadas as pontuações obtidas pela empresa e classificadas as pontuações dentro dos níveis de avaliação, obtendo seu desempenho.

A sexta e última atividade é elaborar e enviar os relatórios de avaliação, onde os dados gerados são concatenados em tabelas e gráficos para facilitar a interpretação e leitura pelas empresas participantes. A partir dos relatórios de avaliação, as empresas podem identificar oportunidades e implementar melhorias no processo de desenvolvimento como um todo.

4.1 EMPRESAS PARTICIPANTES

Nesta seção são apresentadas as empresas participantes, que se envolveram em todas as atividades de aplicação do modelo de avaliação, respondendo todos os formulários de avaliação dentro do prazo estabelecido. Os nomes das empresas são ocultados para manter o sigilo das informações contidas neste trabalho, portanto são chamadas de empresa A e empresa B.

- **Empresa A:** Fundada em 1929, a empresa possui aproximadamente mil e quinhentos funcionários. Tem como objetivo produzir produtos plásticos para os setores de higiene bucal, beleza, limpeza, pintura artística e escolar e pintura imobiliária. Seus produtos estão presentes em mais de 30 países, com mais de 100 mil pontos de venda, sendo a maior fábrica de escovas da América Latina. A empresa conta com uma ferramentaria interna, responsável pelo desenvolvimento,

fabricação e manutenção de moldes de injeção que ela mesma utiliza em seus processos produtivos.

- **Empresa B:** Fundada em 2004, a empresa possui aproximadamente cinquenta funcionários. Tem como objetivo produzir moldes de injeção e outros ferramentais, como matrizes para termoformagem. Atende a indústria automotiva, naval, linha branca, construção civil, brinquedos e outros setores, com clientes como Ford, Fiat, Volkswagen, Toyota e Whirlpool.

4.2 RESULTADOS OBTIDOS

Nesta secção são apresentados os resultados obtidos com a aplicação do modelo de avaliação nas empresas participantes.

4.2.1 Empresa A

Na Figura 29 são apresentadas as pontuações e os desempenhos obtidos na avaliação da **fase de contratação** da empresa A.

Figura 29 - Pontuações e desempenhos na fase de contratação - empresa A.



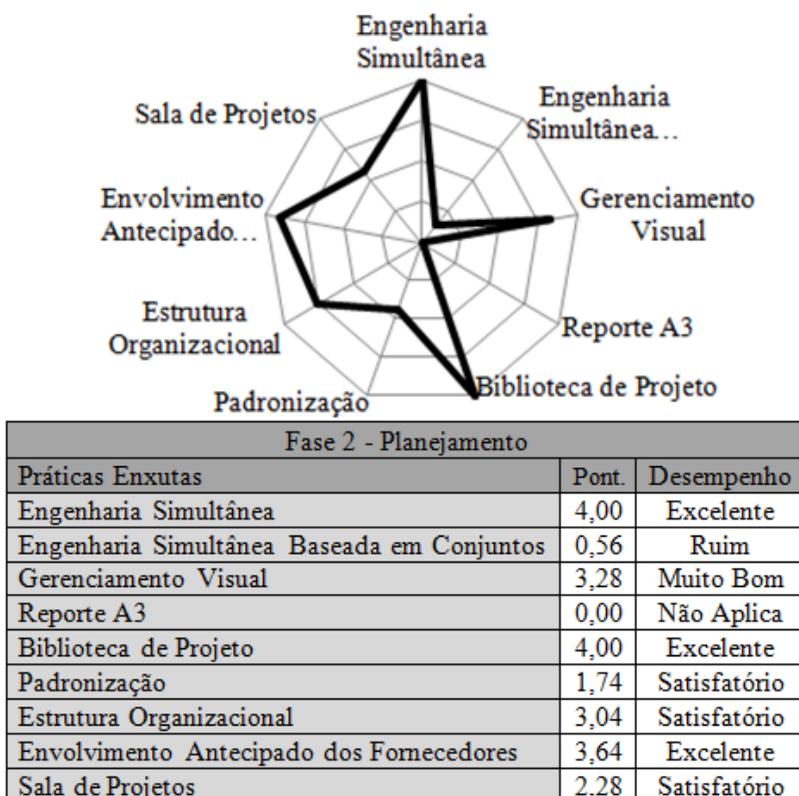
| Fase 1 - Contratação | | |
|--|-------|--------------|
| Práticas Enxutas | Pont. | Desempenho |
| Engenharia Simultânea | 4,00 | Excelente |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | 0,00 | Não Aplica |
| Projeto para X | 4,00 | Excelente |
| Reporte A3 | 0,00 | Não Aplica |
| Biblioteca de Projeto | 4,00 | Excelente |
| Simulação Virtual | 2,96 | Muito Bom |
| Voz do Consumidor | 2,06 | Satisfatório |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedoros | 4,00 | Excelente |

Fonte: Autoria Própria.

A partir dos resultados da avaliação, percebe-se que a empresa não aplica engenharia simultânea baseada em conjuntos e reporte A3 na fase de contratação. Percebe-se ainda, que a empresa atende todos os critérios de avaliação, atingindo a classificação “excelente”, nas práticas enxutas: engenharia simultânea, projeto para X, biblioteca de projeto e envolvimento antecipado com o fornecedor.

A partir dos resultados da avaliação na **fase de planejamento**, exposto na Figura 30, percebe-se que a empresa não aplica o reporte A3, mas, atende um dos critérios para a engenharia simultânea baseada em conjuntos. A empresa continua aplicando com excelência três práticas enxutas na fase de planejamento.

Figura 30 - Pontuações e desempenhos na fase de planejamento - empresa A.



Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 31 são expostos os resultados obtidos na avaliação da **fase de projeto** da empresa A. Na fase de projeto, a empresa não aplica o reporte A3 e atende apenas um critério de engenharia simultânea baseada em conjuntos e do mapeamento do fluxo de valor. A empresa utiliza com excelência ou muito bem dez das treze práticas enxutas propostas, o que demonstra um bom uso das práticas enxutas no processo de desenvolvimento de moldes de injeção nesta empresa.

Figura 31 - Pontuações e desempenhos na fase de projeto - empresa A.

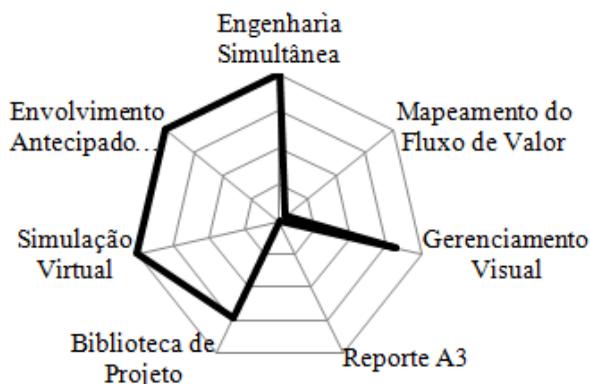


| Fase 3 - Projeto | | |
|--|-------|------------|
| Práticas Enxutas | Pont. | Desempenho |
| Engenharia Simultânea | 4,00 | Excelente |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | 0,56 | Ruim |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | 0,20 | Ruim |
| Projeto para X | 4,00 | Excelente |
| Gerenciamento Visual | 3,28 | Muito Bom |
| Reporte A3 | 0,00 | Não Aplica |
| Biblioteca de Projeto | 4,00 | Excelente |
| Padronização | 4,00 | Excelente |
| Simulação Virtual | 3,00 | Muito Bom |
| Estrutura Organizacional | 4,00 | Excelente |
| Voz do Consumidor | 3,62 | Excelente |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | 4,00 | Excelente |
| Sala de Projetos | 2,82 | Muito Bom |

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 32 apresenta os resultados obtidos na avaliação da **fase de fabricação** da empresa A. Os resultados desta fase condizem com o que foi demonstrado nas fases anteriores, mostrando a consistência do modelo de avaliação e das respostas da empresa A.

Figura 32 - Pontuações e desempenhos na fase de fabricação - empresa A.



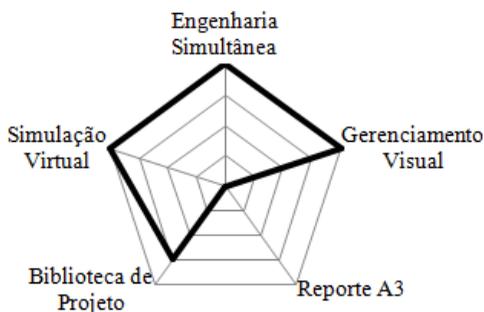
| Fase 4 - Fabricação | | |
|---|-------|------------|
| Práticas Enxutas | Pont. | Desempenho |
| Engenharia Simultânea | 4,00 | Excelente |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | 0,20 | Ruim |
| Gerenciamento Visual | 3,28 | Muito Bom |
| Reporte A3 | 0,00 | Não Aplica |
| Biblioteca de Projeto | 2,94 | Muito Bom |
| Simulação Virtual | 4,00 | Excelente |
| Envolvimento Antecipado dos Fomecedores | 4,00 | Excelente |

Fonte: Autoria Própria.

Os resultados obtidos na **fase de certificação** são retratados na Figura 33. Novamente, o resultado indica que a empresa não aplica o reporte A3 e mostra excelência no uso da engenharia simultânea, gerenciamento visual e simulação virtual na fase de certificação.

A partir destes resultados, calculam-se as pontuações e desempenhos **por fase** do desenvolvimento de moldes de injeção e, as pontuações e desempenhos **por prática enxuta**, resultados que são apresentados, respectivamente nas Figuras 34 e 35.

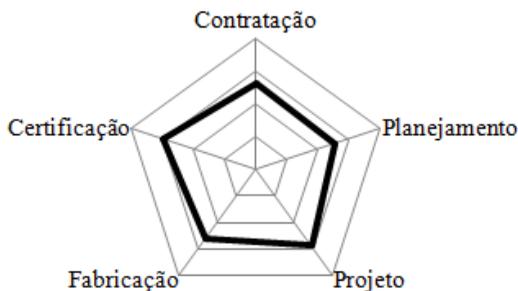
Figura 33 - Pontuações e desempenhos na fase de certificação - empresa A.



| Fase 5 - Certificação | | |
|-----------------------|-------|------------|
| Práticas Enxutas | Pont. | Desempenho |
| Engenharia Simultânea | 4,00 | Excelente |
| Gerenciamento Visual | 4,00 | Excelente |
| Reporte A3 | 0,00 | Não Aplica |
| Biblioteca de Projeto | 2,94 | Muito Bom |
| Simulação Virtual | 4,00 | Excelente |

Fonte: Autoria Própria.

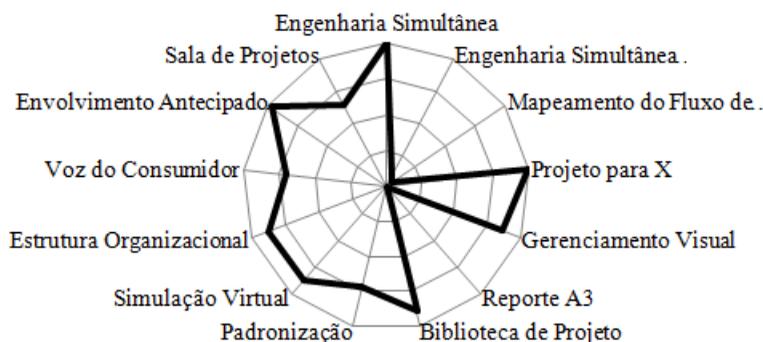
Figura 34 - Pontuações e desempenhos por fase e geral - empresa A.



| Fase | Pont. | Desempenho |
|--------------|-------|--------------|
| Contratação | 2,63 | Muito Bom |
| Planejamento | 2,50 | Satisfatório |
| Projeto | 2,88 | Muito Bom |
| Fabricação | 2,63 | Muito Bom |
| Certificação | 2,99 | Muito Bom |
| Média Geral | 2,73 | Muito Bom |

Fonte: Autoria Própria.

Figura 35 - Pontuações e desempenhos por prática enxuta - empresa A.



| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Pont. | Desempenho |
|--|-------|--------------|
| Engenharia Simultânea | 4,00 | Excelente |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | 0,37 | Ruim |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | 0,20 | Ruim |
| Projeto para X | 4,00 | Excelente |
| Gerenciamento Visual | 3,46 | Muito Bom |
| Reporte A3 | 0,00 | Não Aplica |
| Biblioteca de Projeto | 3,58 | Excelente |
| Padronização | 2,87 | Muito Bom |
| Simulação Virtual | 3,49 | Excelente |
| Estrutura Organizacional | 3,52 | Satisfatório |
| Voz do Consumidor | 2,84 | Muito Bom |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | 3,91 | Excelente |
| Sala de Projetos | 2,55 | Muito Bom |

Fonte: Autoria Própria.

Note que a média geral (adotada para classificar o uso de práticas de desenvolvimento enxuto no processo de desenvolvimento de moldes de injeção da empresa como um todo) é calculada a partir das médias das fases avaliadas e não a partir da média das práticas enxutas avaliadas. Isto é feito para que o número de fases que uma prática enxuta está presente seja levado em consideração no cálculo da média geral da empresa. Deste modo, a média geral obtida pela empresa A foi de **2,73 (Muito Bom)**, o que representa **68,2%** da pontuação máxima.

4.2.2 Empresa B

A Figura 36 apresenta o resultado obtido na avaliação da **fase de contratação** na empresa B.

Figura 36 - Pontuações e desempenhos na fase de contratação - empresa B.



| Fase 1 - Contratação | | |
|--|-------|------------|
| Práticas Enxutas | Pont. | Desempenho |
| Engenharia Simultânea | 3,20 | Muito Bom |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | 0,00 | Não Aplica |
| Projeto para X | 2,94 | Muito Bom |
| Reporte A3 | 0,00 | Não Aplica |
| Biblioteca de Projeto | 3,38 | Excelente |
| Simulação Virtual | 2,76 | Muito Bom |
| Voz do Consumidor | 3,24 | Muito Bom |
| Envolvimento Antecipado dos Fomecedores | 3,22 | Muito Bom |

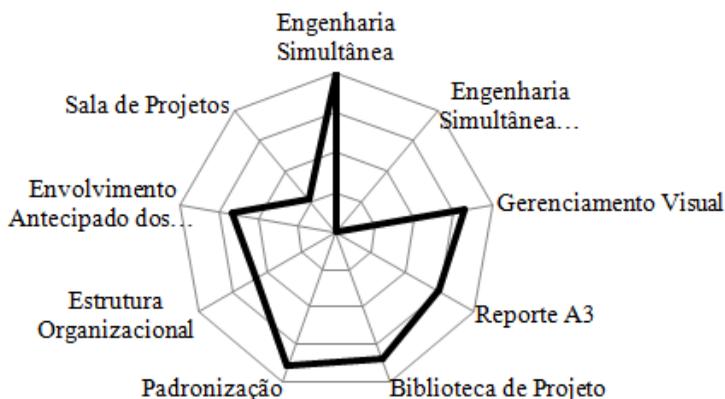
Fonte: Autoria Própria.

A partir dos resultados da avaliação, percebe-se que a empresa não aplica engenharia simultânea baseada em conjuntos e reporte A3 na fase de contratação (assim como a empresa A). Percebe-se ainda, que a empresa atende todos os critérios de avaliação da biblioteca de projeto, atingindo a classificação “excelente” para esta prática enxuta na fase de contratação.

A partir dos resultados da avaliação na **fase de planejamento**, exposto na Figura 37 percebe-se que a empresa B aplica o reporte A3 nesta fase, mas não atende os critérios para a engenharia simultânea

baseada em conjuntos. A empresa aplica com excelência três práticas enxutas na fase de planejamento: engenharia simultânea, biblioteca de projeto e padronização.

Figura 37 - Pontuações e desempenhos na fase de planejamento - empresa B.



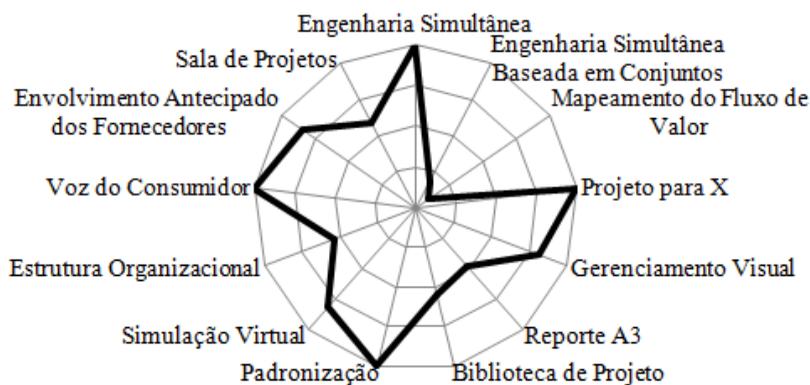
| Fase 2 - Planejamento | | |
|--|-------|--------------|
| Práticas Enxutas | Pont. | Desempenho |
| Engenharia Simultânea | 4,00 | Excelente |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | 0,00 | Não Aplica |
| Gerenciamento Visual | 3,28 | Muito Bom |
| Reporte A3 | 2,98 | Muito Bom |
| Biblioteca de Projeto | 3,38 | Excelente |
| Padronização | 3,58 | Excelente |
| Estrutura Organizacional | 2,34 | Satisfatório |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | 2,68 | Muito Bom |
| Sala de Projetos | 1,08 | Ruim |

Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 38 são expostos os resultados obtidos na avaliação na **fase de projeto** na empresa B. A empresa atende a pelo menos um critério de avaliação para cada uma das práticas enxutas nesta fase. Entretanto apresenta um desempenho ruim em: engenharia simultânea baseada em conjuntos, mapeamento do fluxo de valor e estrutura organizacional. A empresa utiliza com excelência ou muito bem sete das treze práticas enxutas propostas, o que demonstra um bom uso das

práticas enxutas no processo de desenvolvimento de moldes de injeção nesta empresa.

Figura 38 - Pontuações e desempenhos na fase de projeto - empresa B.



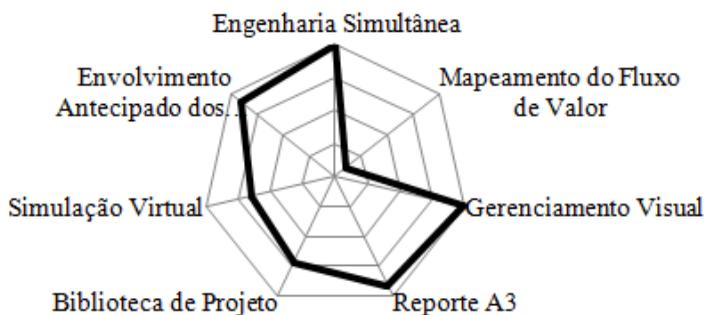
| Fase 3 - Projeto | | |
|--|-------|--------------|
| Práticas Enxutas | Pont. | Desempenho |
| Engenharia Simultânea | 4,00 | Excelente |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | 0,74 | Ruim |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | 0,40 | Ruim |
| Projeto para X | 4,00 | Excelente |
| Gerenciamento Visual | 3,28 | Muito Bom |
| Reporte A3 | 1,94 | Satisfatório |
| Biblioteca de Projeto | 2,22 | Satisfatório |
| Padronização | 4,00 | Excelente |
| Simulação Virtual | 3,24 | Muito Bom |
| Estrutura Organizacional | 2,12 | Ruim |
| Voz do Consumidor | 4,00 | Excelente |
| Envolvimento Antecipado dos Fomecedores | 3,36 | Muito Bom |
| Sala de Projetos | 2,36 | Satisfatório |

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 39 apresenta os resultados obtidos na avaliação da **fase de fabricação** da empresa B. Os resultados desta fase condizem com o que foi demonstrado nas fases anteriores, mostrando a consistência do modelo de avaliação e das respostas da empresa B, entretanto o uso do

relatório A3 na fase de fabricação se mostrou melhor que nas fases anteriores.

Figura 39 - Pontuações e desempenhos na fase de fabricação - empresa B.



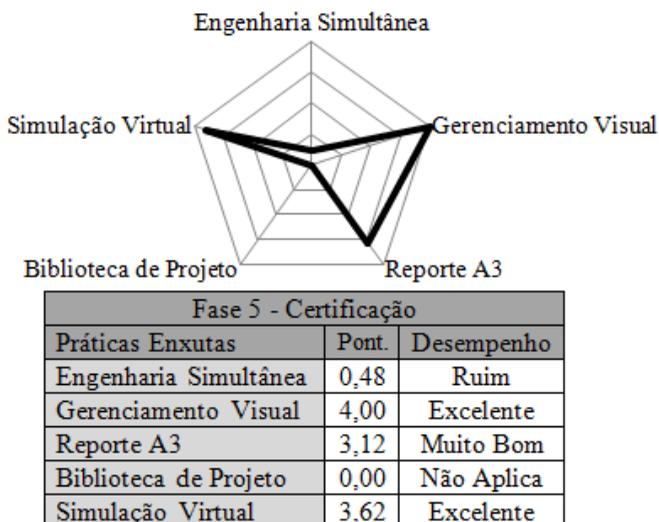
| Fase 4 - Fabricação | | |
|--|-------|------------|
| Práticas Enxutas | Pont. | Desempenho |
| Engenharia Simultânea | 4,00 | Excelente |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | 0,40 | Ruim |
| Gerenciamento Visual | 4,00 | Excelente |
| Relatório A3 | 3,64 | Excelente |
| Biblioteca de Projeto | 2,88 | Muito Bom |
| Simulação Virtual | 2,62 | Muito Bom |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedor | 3,64 | Excelente |

Fonte: Autoria Própria.

Os resultados obtidos na **fase de certificação** são retratados na Figura 40. O resultado indica que a empresa não aplica biblioteca de projeto na fase de certificação, diferente das outras fases, onde esta prática está presente. Há ainda uma queda brusca no desempenho do uso da engenharia simultânea nesta fase.

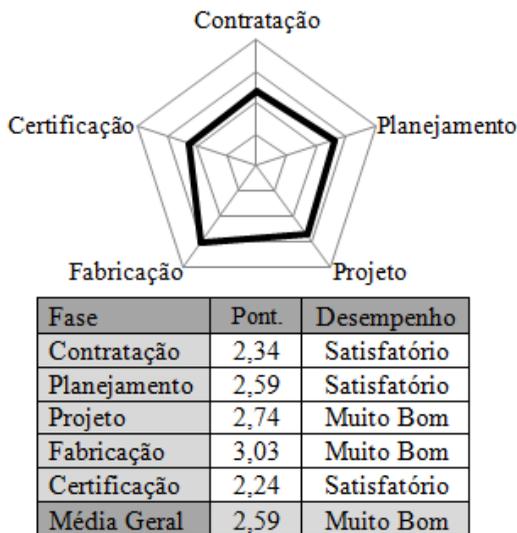
Novamente, a partir destes resultados, calculam-se as pontuações e desempenhos **por fase** do desenvolvimento de moldes de injeção e, as pontuações e desempenhos **por prática enxuta**, resultados que são apresentados nas Figuras 41 e 42.

Figura 40 - Pontuações e desempenhos na fase de certificação - empresa B.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 41 - Pontuações e desempenhos por fase e geral - empresa B.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 42 - Pontuações e desempenhos por prática enxuta - empresa B.



| Práticas de Desenvolvimento Enxuto de Produtos | Pont. | Desempenho |
|--|-------|--------------|
| Engenharia Simultânea | 3,14 | Muito Bom |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | 0,25 | Ruim |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | 0,40 | Ruim |
| Projeto para X | 3,47 | Excelente |
| Gerenciamento Visual | 3,64 | Excelente |
| Reporte A3 | 2,34 | Satisfatório |
| Biblioteca de Projeto | 2,37 | Satisfatório |
| Padronização | 3,79 | Excelente |
| Simulação Virtual | 3,06 | Muito Bom |
| Estrutura Organizacional | 2,23 | Satisfatório |
| Voz do Consumidor | 3,62 | Excelente |
| Envolvimento Antecipado dos Fomecedores | 3,23 | Muito Bom |
| Sala de Projetos | 1,72 | Satisfatório |

Fonte: Autoria Própria.

A média geral obtida pela empresa B foi de **2,59 (Muito Bom)**, o que representa **64,7%** da pontuação máxima.

5 CONCLUSÕES

Esta dissertação teve como objetivo geral propor um modelo de avaliação que possibilitasse avaliar o uso de práticas de desenvolvimento enxuto de produtos no processo de desenvolvimento de moldes de injeção.

Para alcançar o objetivo geral, alguns objetivos específicos foram traçados, desdobrados e atendidos ao longo deste trabalho.

O primeiro objetivo específico, identificar os modelos de referência para o desenvolvimento de moldes de injeção presentes na literatura, assim como o segundo objetivo específico, identificar as práticas de desenvolvimento enxuto de produtos presentes na literatura, foram abordados na revisão bibliográfica apresentada no Capítulo 2.

O terceiro objetivo específico, alinhar as práticas de desenvolvimento enxuto de produtos com as fases do processo de desenvolvimento de moldes de injeção descritas pelo modelo de referência adotado, foi tratado durante a proposição do modelo de avaliação no Capítulo 3.

O quarto e último objetivo específico, avaliar a aplicação do modelo de avaliação proposto para investigar o uso das práticas de desenvolvimento enxuto de produtos nas ferramentarias da região de Joinville, foi tratado no Capítulo 4.

O modelo de avaliação proposto no Capítulo 3 conta com 13 práticas de desenvolvimento enxuto de produtos, que vêm para colaborar com as atividades das 5 fases do processo de desenvolvimento de moldes de injeção descritas no modelo de referência adotado e, determina quais práticas enxutas favorecem cada uma das fases de desenvolvimento do molde.

O modelo de avaliação proposto descreve 4 critérios de avaliação para cada prática enxuta em cada fase do desenvolvimento do molde, totalizando aproximadamente 168 critérios de avaliação. E possibilita classificar as empresas avaliadas em níveis de avaliação, que junto com critérios de avaliação, recebem pesos com auxílio do método MACBETH. Isto possibilita diferenciar os critérios de avaliações e classificar as empresas, entre níveis de avaliação, de forma mais abrangente.

Algumas das contribuições do modelo de avaliação proposto, para a área de conhecimento que se encontra a dissertação, são:

- O modelo de avaliação proposto pode ser modificado e adaptado para atender diferentes modelos de referência para o

desenvolvimento de produtos, além do desenvolvimento de moldes de injeção;

- O nível de avaliação “excelente” é o nível de referência, que pode ser visto como um modelo a ser seguido no que diz respeito aos critérios de avaliação do uso de práticas de desenvolvimento enxuto de produtos;
- A forma de construção do modelo de avaliação permite a inserção de outras etapas de desenvolvimento de molde injeção, assim como, permite a inserção de outras práticas de desenvolvimento enxuto de produtos;
- Os resultados obtidos com a aplicação do modelo de avaliação podem ser utilizados como benchmarking entre empresas;
- O método também permite que sejam avaliadas outras questões relacionadas ao desenvolvimento de moldes de injeção, por exemplo, substituindo aspectos do *Lean Product Development* por aspectos do *Lean Manufacturing*.

Em termos de limitações, podem ser ressaltados os seguintes pontos:

- O modelo de avaliação proposto foi adaptado ao processo de desenvolvimento de moldes de injeção. Para atender a outros segmentos industriais, o modelo deve ser revisto;
- A aplicação do modelo de avaliação requer a participação de empresários, diretores e gerentes de engenharia que tenham uma visão global dos processos de desenvolvimento dentro da ferramentaria, como a aplicação requer um desprendimento de tempo dos participantes, um pequeno número de empresas participou da aplicação do modelo de avaliação;
- Os dados obtidos com o auxílio do instrumento de avaliação são provenientes da visão de um dos envolvidos no processo de desenvolvimento do molde de injeção, e pode não representar precisamente a realidade da empresa;
- A aplicação do modelo de avaliação do modelo necessita que a empresa apresente um processo de desenvolvimento estruturado, uma vez que o modelo compreende as cinco fases de desenvolvimento de moldes de injeção separadamente;
- Os pesos dos critérios de avaliação foram obtidos com o auxílio do método MACBETH, que utiliza apenas julgamentos qualitativos na construção das escalas de pontuação. Para diferentes aplicações, devem-se ajustar os pesos dos critérios de avaliação.

Em termos de trabalhos futuros, sugerem-se os temas:

- O modelo apresentado se baseia nas práticas de desenvolvimento enxuto de produtos, pode ser construído um modelo que relaciona e analisa os princípios enxutos juntos com as práticas enxutas, além de identificar desperdícios no processo de desenvolvimento de produto;
- Integrar e analisar as relações dos capitais intelectual, estrutural e relacional com as práticas enxutas, considerando um setor industrial específico;
- Integrar o desenvolvimento enxuto de produtos e a manufatura enxuta.

Com a elaboração deste trabalho, o autor buscou contribuir com a aplicação de práticas de desenvolvimento enxuto de produtos em diferentes setores da indústria, com a aplicação do modelo de avaliação na ferramentarias da região de Joinville, cidade onde se situa um dos maiores pólos da indústria de ferramentais do Brasil e um Campus da Universidade Federal de Santa Catarina. Espera-se que este trabalho abra caminho para trabalhos futuros, nas linhas de desenvolvimento enxuto de produtos, bem como desenvolvimento de moldes de injeção.

REFERÊNCIAS

ABINFER, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE FERRAMENTAIS. **Relatório 2011 - 2015**. Joinville: 2016. 6 p.

ABIPLAST, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. **Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico: Perfil 2014**. 2014. Disponível em: <http://file.abiplast.org.br/download/links/2015/perfil_abiplast_2014_web.pdf>. Acesso em: 30 maio 2016.

AMIGO, C.R. **Modelos de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos**: Novas possibilidades de representação. 2013. 258 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. DA; **Projeto Integrado de Produtos**: Planejamento, Concepção e Modelagem. São Paulo: Manole, 2008. 601p.

BANA e COSTA, C. A.; ANGULO-MEZA, L.; OLIVEIRA, M. D. **O método Macbeth e aplicação no Brasil**. ENGEVISTA, v.15, n.1, p.3-27, abr. 2013.

BAUCH, C. **Lean Product Development**: Making waste transparent. Tese (Doutorado). Munich: Technical University of Munich, 2004.

BECKER, J.M.J.; WITS, W.W. **Enabling Lean Design Through Computer Aided Synthesis**: The Injection Moulding Cooling Case. Procedia Cirp 37. p. 260-264. 2015.

CASAGRANDE, R.M.; AMAL, M.; TOMIO, M. **O pilar da sustentabilidade para as ferramentarias**: O capital social e a disposição das empresas para a adoção de ações voltadas à sustentabilidade. Revista Ferramental, Joinville, v. 57, p.34-42, fev. 2015.

DAL FORNO, A.J.; et al. **O processo de desenvolvimento de produto sob a ótica lean**: A variável produto do benchmarking enxuto. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2008.

DAL FORNO, A.J.; FORCELLINI, F.A. **Lean product development: principles and practices**. Product: Management & Development. Vol. 10 nº2, 2012.

DARÉ, G. **Proposta de um modelo de referência para o desenvolvimento integrado de componentes de plástico injetados**. 2001. 232 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

DEKKERS, R.; CHANG, C.M.; KREUTZFELDT, J.. **The interface between “product design and engineering” and manufacturing: A review of the literature and empirical evidence**. Int. J. Production Economics. p. 316-333. mar. 2013.

DIAS, K.P. **Proposta de modelo para a gestão do conhecimento no projeto de moldes de injeção**. 2008. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

DOMBROWSKI, U.; SCHMIDT, S.; SCHMIDTCHEN, K. **Analysis and integration of Design for X approaches in Lean Design as basis for a lifecycle optimized product design**. Procedia Cirp 15. p. 385-390. jun. 2014.

FERREIRA, C.V. **Metodologia para as fases de projeto informacional e conceitual de componentes de plástico injetados integrando os processos de projeto e estimativa de custos**. 340 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

FUH, J.Y.H. et al. **Computer-Aided Injection Mold Design and Manufacture**. New York: Marcel Dekker, 2004.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª ed. Editora Atlas, São Paulo, 2002.

GRAEBSCHE, M.; SEERING, W.P.; LINDERMANN, U. **Assessing Information Waste In Lean Product Development**. International Conference On Engineering Design. França, 2005.

GROOVER, M.P. **Fundamentals of modern manufacturing: Materials, Processes, and Systems.** 4. ed. Danver: John Wiley & Sons, Inc, 2010.

HARADA, J. **Moldes para injeção de termoplásticos: Projetos e princípios básicos.** São Carlos: Aictiber, 2004.

HEUSNER, R. et al. **Aplicação da ferramenta mapeamento do fluxo de valor para identificação dos desperdícios do processo produtivo em uma empresa de reciclagem de plástico.** REASP: Revista de Administração do Sul do Pará, Pará, v. 2, n. 3, p.48-60, dez. 2015.

HINES, P.; FRANCIS, M.; FOUND, P. **Towards lean product lifecycle management: A framework for new product development.** Journal Of Manufacturing Technology Management. Reino Unido, p. 866-887. nov. 2005.

KATO, J. **Development of a Process for Continuous Creation of Lean Value in Product Development Organizations.** Tese (Doutorado). Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2005.

KAZMER. D.O. **Injection Mold Design Engineering.** Munique: Hanser, 2007.

KINCADE, D.H.; REGAN, C.; GIBSON, F.Y. **Concurrent engineering for product development in mass customization for the apparel industry.** International Journal Of Operations & Production Management. EUA, p. 627-649. jun. 2007.

LEÓN, H.C.M.; CROSS, J.A.. **Lean Product Development Research: Current State and Future Directions.** Current State And Future Directions: Engineering Management Journal. p. 29-51. abr. 2011.

LIKER, J.K.; MORGAN, J. **The Toyota Product Development System: Integrating People, Process, and Technology.** Taylor & Francis, 2006. 400 p.

LINDSKOG, E. et al. **Improving lean design of production systems by visualization support.** Procedia CIRP 41. p. 602-607. jan. 2016.

LOVRO, A. Lean Institute Brasil. **Aplicação do pensamento Lean no Desenvolvimento de Produtos**. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/67/aplicacao-do-pensamento-lean-no-desenvolvimento-de-produtos.aspx>>. Acesso em: 30 maio 2016.

MACHADO, M.C. **Gerenciamento estratégico do projeto e pensamento enxuto aplicados à metodologia de desenvolvimento de produtos**. Tese (Doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo, doutorado em Engenharia de Produção, 2006.

MARCHWINSKI, C. et al. **Lean Lexicon: A graphical glossary for Lean Thinkers**. 4. ed. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 2008.

MCMANUS, H.L. **Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) Manual Release 1.0**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2005.

MILAN, G.S.; REIS, Z.C.; COSTA, C.A. **A implementação dos conceitos lean no processo de desenvolvimento de novos produtos (DNP)**. Qualitas Revista Eletrônica. Vol. 17 n° 1, 2015.

MOUBACHIR, Y.; BOUAMI, D. **Storing and retrieving design solution in the physical domain based on DFX tools and morphological analysis**. Procedia CIRP 34. p. 64-68. jul. 2015.

NAKAMURA, G. **Inclusão dos conceitos enxutos nas fases iniciais do processo de projeto de produtos**. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

NISHIDA, L. Lean Institute Brasil. **Reduzindo o lead time no desenvolvimento de produtos através da padronização**. 2007. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/74/reduzindo-o-lead-time-no-desenvolvimento-de-produtos-atraves-da-padronizacao.aspx>>. Acesso em: 30 maio 2016.

OEHMEN, J.; REBENTISCH, E. **Waste in Lean Product Development**. Lean Advancement Initiative Paper Series: Lean Product Development for Practitioners. Massachusetts Institute Of Technology, jul. 2010.

PATEL, N.; CHAUHAN, N.; TRIVEDI, P. **Benefits of Value Stream Mapping as a Lean Tool Implementation Manufacturing Industries: A Review**. International Journal for Innovative Research In Science & Technology. p. 53-57. jan. 2015.

PESSÔA, M.V.P.; LOUREIRO, G.; ALVES, J.M. **A method to lean product development planning**. Product: Management & Development. Vol. 6 nº 2, 2008.

PINHEIRO, L.M.P.; TOLEDO, J.C. **Caracterização do sistema Lean (Toyota) de desenvolvimento de novos produtos para utilização em empresas brasileiras**. 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Porto Alegre, set. 2011.

PLASTICS EUROPE, Association Of Plastics Manufactures. **Plastics – the Facts 2014/2015**: An analysis of European plastics production, demand and waste data. 2015. Disponível em: <http://www.plasticseurope.org/documents/document/20150227150049-final_plastics_the_facts_2014_2015_260215.pdf>. Acesso em: 30 maio 2016.

PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**: Guia PMBOK®. 4. ed. Pensilvânia: Project Management Institute, Inc, 2008. 337 p.

RAUCH, E.; DALLASEGA, P.; MATT, D.T. **The way from Lean Product Development (LPD) to Smart Product Development (SPD)**. Procedia CIRP 50. p. 26-31. maio 2016.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**: Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

SACCHELLI, C.M. **Sistematização do processo de desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos**. 305 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SALGADO, E.G. et al. **Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de**

desenvolvimento de produtos. Gestão da Produção, São Carlos. Vol. 16 nº3, 2009.

SALGADO, E.G. et al. **Waste investigation on product development process using the lean and simulation approaches.** Product: Management & Development. Vol. 12 nº 1, 2014.

SCHLOTEFELDT, A.A. et al. **Avaliação do nível de maturidade em ferramentarias:** Projeto Piloto em Joinville. Revista Ferramental. Joinville, p. 15-22. ago. 2016.

SCHÄFER, H.; SORENSEN, D.J. **Creating options while designing prototypes:** value management in the automobile industry. Journal Of Manufacturing Technology Management. Stuttgart, Alemanha, p. 721-742. fev. 2010.

SILVA, S.L. **Sistemática para o projeto do sistema de refrigeração de moldes para injeção de polímeros.** 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SILVA, J.R.N. **Ferramentarias no INOVAR-AUTO.** Revista Ferramental. Joinville, p. 54-54. out. 2015.

SILVA FILHO, O. S.; CALADO, R. **Learning Supply Chain Management by PBL with A3 Report Support.** 6th IFAC: Conference on Management and Control of Production and Logistics. Fortaleza, p. 471-477. set. 2013.

TERENGI, F. et al. **Virtual Obeya:** A new collaborative web application for running lean management workshops. 2014 International Conference On Engineering, Technology And Innovation. ago. 2014.

TEZEL, A. et al. **Visual management condition in highways construction projects in England.** Proc. 24th Ann. Conf. Of The Int'l. Group for Lean Construction. Boston, Eua, p. 133-142. 2016.

TORRES JR, A.S. Lean Institute Brasil. **Processo Decisório na Toyota.** 2008. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/39/processo-decisorio-na-toyota.aspx>>. Acesso em: 30 maio 2016.

TRENTIM, Mario H. **MÉTODOS MULTICRITÉRIO: AHP, ANP E MACBETH.** 2012. Disponível em: <<http://blog.mundopm.com.br/2012/05/09/metodos-multicriterio-ahp-anp-e-macbeth/>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

TYAGI, S. et al. **Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process.** Int. J. Production Economics. p. 202-212. nov. 2014.

TYAGI, S. et al. **Lean tools and methods to support efficient knowledge creation.** International Journal Of Information Management. p. 204-2014. jan. 2015.

VISSER, M. et al. **Structural ambidexterity in NPD processes: A firm-level assessment of the impact of differentiated structures on innovation performance.** Technovation. p. 291-299. 2009.

WHITAKER, R.B. **Value stream mapping and earned value management: two perspectives on value in product development.** Dissertação (Mestrado). Cambridge: Massachusetts Institute of Technology mestrado em Engenharia de Sistemas, 2005.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.** 2^a Ed. Free Press: EUA, 2003.

ZHU, A.Y. et al. **The impact of organizational culture on Concurrent Engineering, Design-for-Safety, and product safety performance.** Int. J. Production Economics. p. 69-81. mar. 2016.

ZSIDISIN, G.A.; SMITH, M.E. **Managing Supply Risk with Early Supplier Involvement: A Case Study and Research Propositions.** The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply. p. 44-57. nov. 2005.

APÊNDICE A - Peso dos Critérios de Avaliação

Tabela A1 - Peso dos critérios de avaliação para a fase de contratação.

| Fase de Contratação | Peso do Critério de Avaliação | | | |
|--|-------------------------------|------|------|------|
| | Prática Enxuta | C1 | C2 | C3 |
| Engenharia Simultânea | 1,60 | 1,12 | 0,80 | 0,48 |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | 1,48 | 1,16 | 0,80 | 0,56 |
| Projeto para Moldagem por Injeção | 1,88 | 1,28 | 0,84 | - |
| Reporte A3 | 1,32 | 1,04 | 0,92 | 0,72 |
| Biblioteca de Projeto | 1,24 | 1,16 | 0,96 | 0,64 |
| Simulação Virtual | 1,24 | 1,04 | 0,96 | 0,76 |
| Voz do Consumidor | 1,24 | 1,12 | 0,88 | 0,76 |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | 1,36 | 1,08 | 0,84 | 0,72 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela A2 - Peso dos critérios de avaliação para a fase de planejamento.

| Fase de Planejamento | Peso do Critério de Avaliação | | | |
|--|-------------------------------|------|------|------|
| | Prática Enxuta | C1 | C2 | C3 |
| Engenharia Simultânea | 1,60 | 1,12 | 0,80 | 0,48 |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | 1,48 | 1,16 | 0,80 | 0,56 |
| Gerenciamento Visual | 1,64 | 0,92 | 1,44 | - |
| Reporte A3 | 1,32 | 1,04 | 0,92 | 0,72 |
| Biblioteca de Projeto | 1,24 | 1,16 | 0,96 | 0,64 |
| Padronização | 1,36 | 1,08 | 0,84 | 0,72 |
| Estrutura Organizacional | 1,64 | 1,40 | 0,96 | - |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | 1,36 | 1,08 | 0,84 | 0,72 |
| Sala de Projetos | 1,28 | 1,08 | 0,88 | 0,76 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela A3 - Peso dos critérios de avaliação para a fase de projeto.

| Fase de Projeto | Peso do Critério de Avaliação | | | |
|--|-------------------------------|------|------|------|
| | Prática Enxuta | C1 | C2 | C3 |
| Engenharia Simultânea | 1,60 | 1,12 | 0,80 | 0,48 |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | 1,48 | 1,16 | 0,80 | 0,56 |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | 1,60 | 1,20 | 0,80 | 0,40 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela A4 - Peso dos critérios de avaliação para a fase de projeto (continuação).

| Fase de Projeto (continuação) | Peso do Critério de Avaliação | | | |
|--|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Prática Enxuta | C1 | C2 | C3 | C4 |
| Projeto para Manufatura | 1,24 | 1,12 | 0,96 | 0,68 |
| Gerenciamento Visual | 1,64 | 0,92 | 1,44 | - |
| Reporte A3 | 1,32 | 1,04 | 0,92 | 0,72 |
| Biblioteca de Projeto | 1,24 | 1,16 | 0,96 | 0,64 |
| Padronização | 1,40 | 1,00 | 0,88 | 0,72 |
| Simulação Virtual | 1,24 | 1,04 | 0,96 | 0,76 |
| Estrutura Organizacional | 1,64 | 0,96 | 1,40 | - |
| Voz do Consumidor | 1,24 | 1,12 | 0,88 | 0,76 |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | 1,76 | 1,28 | 0,96 | - |
| Sala de Projetos | 1,28 | 1,08 | 0,88 | 0,76 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela A5 - Peso dos critérios de avaliação para a fase de fabricação.

| Fase de Fabricação | Peso do Critério de Avaliação | | | |
|--|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Prática Enxuta | C1 | C2 | C3 | C4 |
| Engenharia Simultânea | 1,60 | 1,12 | 0,80 | 0,48 |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | 1,60 | 1,20 | 0,80 | 0,40 |
| Gerenciamento Visual | 1,64 | 0,92 | 1,44 | - |
| Reporte A3 | 1,32 | 1,04 | 0,92 | 0,72 |
| Biblioteca de Projeto | 1,24 | 1,16 | 0,96 | 0,64 |
| Simulação Virtual | 1,24 | 1,04 | 0,96 | 0,76 |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | 1,36 | 1,08 | 0,84 | 0,72 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela A6 - Peso dos critérios de avaliação para a fase de certificação.

| Fase de Certificação | Peso do Critério de Avaliação | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Prática Enxuta | C1 | C2 | C3 | C4 |
| Engenharia Simultânea | 1,60 | 1,12 | 0,80 | 0,48 |
| Gerenciamento Visual | 1,64 | 0,92 | 1,44 | - |
| Reporte A3 | 1,32 | 1,04 | 0,92 | 0,72 |
| Biblioteca de Projeto | 1,24 | 1,16 | 0,96 | 0,64 |
| Simulação Virtual | 1,24 | 1,04 | 0,96 | 0,76 |

Fonte: Autoria Própria.

APÊNDICE B - Fase de Contratação

Tabela B1 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de contratação.

| Prática Enxuta | Fase 1: Contratação do desenvolvimento do molde | | | | |
|--|--|-----------------|-----------|-----|--|
| | EX | MB | S | R | NA |
| Engenharia Simultânea | C1 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea durante a fase de contratação. C2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção. C3 - Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento. C4 - Busca melhorar continuamente o processo de contratação. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica engenharia simultânea na fase de contratação do molde. |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | C1 - A empresa aplica conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos ao longo da fase de contratação. C2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção, capaz de trabalhar com um conjunto de alternativas/soluções. C3 - Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento com conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos. C4 - Busca melhorar continuamente o processo de contratação. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica engenharia simultânea baseada em conjuntos na fase de contratação do molde. |
| Projeto para Moldagem por Injeção | C1 - A empresa aplica conceitos de projeto para moldagem por injeção a fim de recomendar ao cliente, modificações na geometria do componente injetado, levando em consideração vários aspectos de projeto (acabamentos, rebaixos, extração, entre outros). | C1* C2 C3 | C1* C2 | C1* | A empresa não aplica projeto para moldagem por injeção na fase de contratação do molde. |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela B2 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de contratação (continuação).

| Prática Enxuta | Fase 1: Contratação do desenvolvimento do molde | | | | |
|---|---|-----------------|-----------|-----|---|
| | EX | MB | S | R | NA |
| Projeto para Moldagem por Injeção (continuação) | C2 - Registra o conhecimento e as lições aprendidas. C3 - Reutiliza o conhecimento e as lições aprendidas em novos projetos. | C1* C2 C3 | C1* C2 | C1* | A empresa não aplica projeto para moldagem por injeção na fase de contratação do molde. |
| Reporte A3 | C1 - Durante as atividades da fase de contratação, a empresa utiliza o reporte A3 para apresentar propostas, auxiliar a tomada de decisões e resolver problemas. C2 - Registra o reporte A3 em uma biblioteca de projetos. C3 - Aplica as soluções encontradas. C4 - Acompanha a evolução das situações registradas. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica o reporte A3 na fase de contratação do molde. |
| Biblioteca de Projeto | C1 - A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados, promovendo a busca e o acesso facilitado a todos os dados. C2 - Os arquivos são protegidos por nível hierárquico, regravando quem pode ver e quem pode editar os arquivos. C3 - Realiza a cópia de segurança, preservando o conhecimento. C4 - Registra as lições aprendidas na biblioteca de projeto para facilitar a reutilização do conhecimento nas atividades desta fase. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica biblioteca de projeto na fase de contratação do molde. |
| Simulação Virtual | C1 - A empresa utiliza ferramentas computacionais (CAD/CAM/CAE) durante a fase de contratação. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica simulação virtual. |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela B3 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de contratação (continuação).

| Prática Enxuta | Fase 1: Contratação do desenvolvimento do molde | | | | |
|--|--|----------------|----------|----|--|
| | EX | MB | S | R | NA |
| Simulação Virtual (continuação) | C2 - Capacita os funcionários nas ferramentas disponibilizadas regularmente. C3 - As ferramentas (softwares) utilizadas têm compatibilidade de formato. C4 - Busca a reutilização de projetos, permitindo gerar geometrias padronizadas a partir de cotas. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica simulação virtual na fase de contratação do molde. |
| Voz do Consumidor | C1 - Durante as atividades da fase de contratação, a empresa se preocupa levantar as necessidades do cliente. C2 - Utiliza formulários padronizados para levantar todas as necessidades dos clientes. C3 - Registra todas as informações geradas. C4 - Capacita os profissionais em ferramentas (softwares) que auxiliam no levantamento das necessidades dos clientes. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica voz do consumidor na fase de contratação do molde. |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | C1 - A empresa mantém uma base de fornecedores, busca parcerias de longo prazo, permitindo diminuir riscos, custos e tempo de projeto. C2 - Envolve os fornecedores parceiros desde o início da fase de contratação, buscando antecipar a troca de informações. C3 - Os parceiros participam da orçamentação do molde. C4 - Os parceiros são envolvidos na análise da geometria do componente injetado. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica envolvimento antecipado dos fornecedores na fase de contratação do molde. |

Fonte: Autoria Própria.

APÊNDICE C - Fase de Planejamento

Tabela C1 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de planejamento.

| Prática Enxuta | Fase 2: Planejamento do processo de desenvolvimento do molde | | | | |
|--|--|----------------|----------|----|--|
| | | | | | |
| Engenharia Simultânea | C1 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea durante a fase de planejamento. C2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção. C3 - Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento. C4 - Busca melhorar continuamente o processo de planejamento. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica engenharia simultânea na fase de planejamento do processo de desenvolvimento do molde. |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | C1 - A empresa aplica conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos ao longo da fase de planejamento. C2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção, capaz de trabalhar com um conjunto de alternativas/soluções. C3 - Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento com conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos. C4 - Busca melhorar continuamente o processo de planejamento. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica engenharia simultânea baseada em conjuntos na fase de planejamento do processo de desenvolvimento do molde. |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela C2 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de planejamento (continuação).

| Prática Enxuta | Fase 2: Planejamento do processo de desenvolvimento do molde | | | | |
|-----------------------|---|-----------------|-----------|----|---|
| | | | | | |
| Gerenciament o Visual | C1 - A empresa facilita o acesso a informação entre os envolvidos na fase de planejamento, apresentando, por exemplo, o cronograma de projeto. C2 - Tem uma forma padronizada de divulgar informações, tanto de forma física quanto eletrônica. C3 - As equipes de projeto buscam acessar e atualizar as informações, garantindo o cumprimento de prazos e o desempenho do projeto. | C1 C2* C3 | C1 C2* | C1 | A empresa não aplica gerenciamento visual na fase de planejamento do processo de desenvolvimento do molde. |
| Reporte A3 | C1 - Durante as atividades da fase de planejamento, a empresa utiliza o reporte A3 para apresentar propostas, auxiliar a tomada de decisões e resolver problemas. C2 - Registra o reporte A3 em uma biblioteca de projetos. C3 - Aplica as soluções encontradas. C4 - Acompanha a evolução das situações registradas. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica o reporte A3 na fase de planejamento do processo de desenvolvimento do molde. |
| Biblioteca de Projeto | C1 - A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados, promovendo a busca e o acesso facilitado aos dados. C2 - Os arquivos são protegidos por nível hierárquico, regrando quem pode ver e quem pode editar os arquivos. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica biblioteca de projeto na fase de planejamento do processo de desenvolvimento do molde. |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela C3 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de planejamento (continuação).

| Prática Enxuta | Fase 2: Planejamento do processo de desenvolvimento do molde | | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------|---|
| | | | | | |
| Biblioteca de Projeto (continuação) | C3 - Realiza a cópia de segurança, preservando o conhecimento. C4 - Registra as lições aprendidas na biblioteca de projeto para facilitar a reutilização do conhecimento nas atividades desta fase. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica biblioteca de projeto na fase de planejamento do processo de desenvolvimento do molde. |
| Padronização | C1 - A empresa utiliza formulários de planejamento padronizados, reduzindo a variabilidade das atividades da fase de planejamento. C2 - Os planos de recursos humanos, tempo e custo são baseados em tarefas e durações padronizadas. C3 - Realiza a capacitação da equipe envolvida na fase de planejamento, para garantir as habilidades técnicas individuais. C4 - Elabora e melhora os planos padronizados, com base nos conhecimentos obtidos. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica padronização na fase de planejamento do processo de desenvolvimento do molde. |
| Estrutura Organizacional | C1 - A empresa tem uma estrutura organizacional definida. C2 - A estrutura organizacional influencia diretamente no planejamento do projeto do molde de injeção. C3 - Utiliza uma estrutura organizacional do tipo matricial forte, onde o papel do engenheiro-chefe está evidente. | C1 C2 C3* | C1 C2 C3* | C1 C3* | A empresa não apresenta uma estrutura organizacional definida na fase de contratação do molde. |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela C4 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de planejamento (continuação).

| Prática Enxuta | Fase 2: Planejamento do processo de desenvolvimento do molde | | | | |
|--|---|----------------|----------|----|--|
| | | | | | |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | <p>C1 - A empresa mantém uma base de fornecedores, busca parcerias de longo prazo, diminuindo riscos, custos e tempo de projeto.</p> <p>C2 - Envolve os fornecedores parceiros desde o início da fase de planejamento, buscando antecipar a troca de informações.</p> <p>C3 - Os parceiros participam do planejamento de aquisição, risco, qualidade, tempo e custos.</p> <p>C4 - Criam planos de desenvolvimento conjunto e metas conjuntas.</p> | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica envolvimento antecipado dos fornecedores na fase de planejamento do processo de desenvolvimento do molde. |
| Sala de Projetos | <p>C1 - A empresa utiliza conceitos da sala de projetos, permitindo que todos os envolvidos tenham acesso facilitado a informações de forma gráfica fixas em uma sala, enquanto o planejamento é executado. C2 - Expõe de forma gráfica: cronograma de projeto, reportes A3, estrutura organizacional, lista de responsáveis técnicos, entre outros.</p> <p>C3 - Tem um espaço físico próprio para reuniões de projeto.</p> <p>C4 - Tem equipes responsáveis pela atualização das informações de projeto.</p> | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica a sala de projetos na fase de planejamento do processo de desenvolvimento do molde. |

Fonte: Autoria Própria.

APÊNDICE D - Fase de Projeto

Tabela D1 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de projeto .

| Prática Enxuta | Fase 3: Projeto do molde | | | | |
|--|--|----------------|----------|----|--|
| | EX | MB | S | R | NA |
| Engenharia Simultânea | C1 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea durante a fase de projeto. C2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção. C3 - Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento. C4 - Busca melhorar continuamente o processo de projeto. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica engenharia simultânea na fase de projeto do molde. |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | C1 - A empresa aplica conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos ao longo da fase de projeto. C2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção, capaz de trabalhar com um conjunto de alternativas/soluções. C3 - Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento com conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos. C4 - Busca melhorar continuamente o processo de projeto. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica engenharia simultânea baseada em conjuntos na fase de projeto do molde. |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | C1 - A empresa utiliza o mapeamento do fluxo de valor para criar um mapa do estado atual de um processo, identificando desperdícios e oportunidades de melhoria aplicadas. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica o mapeamento do fluxo de valor na fase de projeto do molde. |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela D2 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de projeto (continuação).

| Prática Enxuta | Fase 3: Projeto do molde | | | | |
|--|--|-----------------|-----------|----|--|
| | EX | MB | S | R | NA |
| Mapeamento do Fluxo de Valor (continuação) | C2 - Cria um mapa de estado futuro, baseado no primeiro mapa com as melhorias aplicadas. C3 - Aplica a ferramenta para melhorar os C4 - Tem o registro do tempo e do tempo efetivo de cada atividade do processo, permitindo o cálculo da sua eficiência. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica o mapeamento do fluxo de valor na fase de projeto do molde. |
| Projeto para Manufatura | C1 - A empresa aplica conceitos de projeto para manufatura durante o projeto do molde. C2 - Envolve os responsáveis de manufatura para antecipar problemas e propor soluções de fabricação e montagem desde o início da fase de projeto. C3 - O molde é projetado para atender as capacidades fabris, respeitando as limitações dos processos, pessoas e equipamentos. C4 - O projeto busca facilitar/otimizar a fabricação dos componentes do molde e a montagem do molde. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica projeto para manufatura na fase de projeto do molde. |
| Gerenciamento Visual | C1 - A empresa facilita o acesso a informação entre os envolvidos na fase de projeto, apresentando, por exemplo, o cronograma de projeto com datas e andamento. C2 - Tem uma forma padronizada de divulgar informações, tanto de forma física quanto eletrônica. | C1 C2* C3 | C1 C2* | C1 | A empresa não aplica gerenciamento visual na fase de projeto do molde. |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela D3 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de projeto (continuação).

| Prática Enxuta | Fase 3: Projeto do molde | | | | |
|------------------------------------|---|-----------------|-----------|----|---|
| | EX | MB | S | R | NA |
| Gerenciamento Visual (continuação) | C3 - As equipes de projeto buscam acessar e atualizar as informações, garantindo o cumprimento de prazos e o desempenho do projeto. | C1 C2* C3 | C1 C2* | C1 | A empresa não aplica gerenciamento visual na fase de projeto do molde. |
| Reporte A3 | C1 - Durante as atividades da fase de projeto, a empresa utiliza o reporte A3 para apresentar propostas, auxiliar a tomada de decisões e resolver problemas. C2 - Registra o reporte A3 em uma biblioteca de projetos. C3 - Aplica as soluções encontradas. C4 - Acompanha a evolução das situações registradas. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica o reporte A3 na fase de projeto do molde. |
| Biblioteca de Projeto | C1 - A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados, promovendo a busca e o acesso facilitado a todos os dados. C2 - Os arquivos são protegidos por nível hierárquico, regradando quem pode ver e quem pode editar os arquivos. C3 - Realiza a cópia de segurança, preservando o conhecimento. C4 - Registra as lições aprendidas na biblioteca de projeto para facilitar a reutilização do conhecimento nas atividades desta fase. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica biblioteca de projeto na fase de projeto do molde. |
| Padronização | C1 - A empresa utiliza processos de desenvolvimento padronizados, reduzindo a variabilidade das atividades da fase de projeto. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica padronização na fase de projeto. |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela D4 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de projeto (continuação).

| Prática Enxuta | Fase 3: Projeto do molde | | | | |
|----------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------|---|
| | EX | MB | S | R | NA |
| Padronização (continuação) | C2 - Busca por projetos similares já realizados ao realizar o projeto informacional, conceitual e preliminar. C3 - Busca soluções padronizadas para os componentes do molde, como exemplo: padrão de acabamento de buchas guia. C4 - Melhora os processos de desenvolvimento padronizados, com base nos conhecimentos obtidos. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica padronização na fase de projeto do molde. |
| Simulação Virtual | C1 - A empresa utiliza ferramentas computacionais (CAD/CAM/CAE) durante a fase de projeto. C2 - Capacita os funcionários nas ferramentas disponibilizadas regularmente. C3 - As ferramentas (softwares) utilizadas têm compatibilidade de formato. C4 - Busca a reutilização de projetos. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica simulação virtual na fase de projeto do molde. |
| Estrutura Organizacional | C1 - A empresa tem uma estrutura organizacional definida. C2 - A estrutura organizacional influencia diretamente no projeto do molde de injeção. C3 - Utiliza uma estrutura organizacional do tipo matricial forte, onde o papel do engenheiro-chefe está evidente. | C1 C2 C3* | C1 C2 C3* | C1 C3* | A empresa não apresenta uma estrutura organizacional na fase de projeto do molde. |
| Voz do Consumidor | C1 - Na fase de projeto, a empresa se preocupa em traduzir as necessidades do cliente nos requisitos de projeto. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica... |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela D5 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de projeto (continuação).

| Prática Enxuta | Fase 3: Projeto do molde | | | | |
|--|--|-----------------|----------|----|--|
| | EX | MB | S | R | NA |
| Voz do Consumidor (continuação) | C2 - Utiliza ferramentas padronizadas para levantar todos os requisitos de projeto. C3 - Registra todas as informações geradas. C4 - Capacita os profissionais em ferramentas (softwares) que auxiliam no levantamento dos requisitos de projeto. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica voz do consumidor na fase de projeto do molde. |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | C1 - A empresa mantém uma base de fornecedores, busca parcerias de longo prazo, diminuindo riscos, custos e tempo de projeto. C2 - Envolve os fornecedores parceiros desde o início da fase de projeto, buscando antecipar a troca de informações. C3 - Os parceiros participam da especificação tolerância e acabamentos que podem interferir na fabricação do molde e auxiliam na escolha do aço, material, processos e ferramentas. | C1 C2 C3* | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica envolvimento antecipado dos fornecedores na fase de projeto do molde. |
| Sala de Projetos | C1 - A empresa utiliza conceitos da sala de projetos, permitindo que todos os envolvidos tenham acesso facilitado a informações de forma gráfica. C2 - Expõe de forma gráfica: cronograma de projeto, reportes A3, estrutura organizacional, lista de responsáveis técnicos, entre outros. C3 - Tem um espaço físico próprio para reuniões de projeto. C4 - Tem equipes responsáveis pela atualização das informações de projeto. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica a sala de projetos na fase de projeto do molde. |

Fonte: Autoria Própria.

APÊNDICE E - Fase de Fabricação

Tabela E1 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de fabricação.

| Prática Enxuta | Fase 4: Fabricação do molde | | | | |
|------------------------------|---|-----------------|-----------|----|---|
| | EX | MB | S | R | NA |
| Engenharia Simultânea | C1 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea durante a fase de fabricação. C2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção. C3 - Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento. C4 - Busca melhorar continuamente o processo de fabricação. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica engenharia simultânea na fase de fabricação do molde. |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | C1 - A empresa utiliza o mapeamento do fluxo de valor para criar um mapa do estado atual de um processo, identificando desperdícios e oportunidades de melhoria. C2 - Cria um mapa de estado futuro, baseado no primeiro mapa com as melhorias aplicadas. C3 - Aplica a ferramenta para melhorar os seus processos. C4 - Tem o registro do tempo e do tempo efetivo de cada atividade do processo, permitindo o cálculo da sua eficiência. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica o mapeamento do fluxo de valor na fase de fabricação do molde. |
| Gerenciamento Visual | C1 - A empresa facilita o acesso a informação entre os envolvidos na fase de fabricação, apresentando, por exemplo, o cronograma de projeto com datas e andamento. C2 - Tem uma forma padronizada de divulgar informações, tanto de forma física quanto eletrônica. desempenho do projeto. | C1 C2* C3 | C1 C2* | C1 | A empresa não aplica gerenciamento visual na fase de fabricação do molde. |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela E2 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de fabricação (continuação).

| Prática Enxuta | Fase 4: Fabricação do molde | | | | |
|------------------------------------|---|-----------------|-----------|----|--|
| | EX | MB | S | R | NA |
| Gerenciamento Visual (continuação) | C3 - As equipes de projeto buscam acessar e atualizar as informações, garantindo o cumprimento de prazos e o desempenho do projeto. | C1 C2* C3 | C1 C2* | C1 | A empresa não aplica gerenciamento visual na fase de fabricação. |
| Reporte A3 | C1 - Durante as atividades da fase de fabricação, a empresa utiliza o reporte A3 para apresentar propostas, auxiliar a tomada de decisões e resolver problemas. C2 - Registra o reporte A3 em uma biblioteca de projetos. C3 - Aplica as soluções encontradas. C4 - Acompanha a evolução das situações registradas. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica o reporte A3 na fase de fabricação do molde. |
| Biblioteca de Projeto | C1 - A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados, promovendo a busca e o acesso facilitado a todos os dados. C2 - Os arquivos são protegidos por nível hierárquico, regrando quem pode ver e quem pode editar os arquivos. C3 - Realiza a cópia de segurança, preservando o conhecimento. C4 - Registra as lições aprendidas na biblioteca de projeto para facilitar a reutilização do conhecimento nas atividades desta fase. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica biblioteca de projeto na fase de fabricação do molde. |
| Simulação Virtual | C1 - A empresa utiliza ferramentas computacionais (CAD/CAM/CAE) durante a fase de fabricação. C2 - Capacita os funcionários nas ferramentas disponibilizadas regularmente. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica simulação virtual na fase de fabricação do molde. |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela E3 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de fabricação (continuação).

| Prática Enxuta | Fase 4: Fabricação do molde | | | | |
|---|--|-------------------------------|---------------------|-----------|--|
| | EX | MB | S | R | NA |
| Simulação Virtual (continuação) | <p>C1 - A empresa utiliza ferramentas computacionais (CAD/CAM/CAE) durante a fase de fabricação.</p> <p>C2 - Capacita os funcionários nas ferramentas disponibilizadas regularmente.</p> <p>C3 - As ferramentas (softwares) utilizadas têm compatibilidade de formato.</p> <p>C4 - Busca a reutilização de projetos, permitindo gerar geometrias padronizadas a partir de cotas.</p> | <p>C1</p> <p>C2</p> <p>C3</p> | <p>C1</p> <p>C2</p> | <p>C1</p> | <p>A empresa não aplica simulação virtual na fase de fabricação do molde.</p> |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | <p>C1 - A empresa mantém uma base de fornecedores, busca parcerias de longo prazo, diminuindo riscos, custos e tempo de projeto.</p> <p>C2 - Envolve os fornecedores parceiros desde o início da fase de fabricação, buscando antecipar a troca de informações.</p> <p>C3 - Os parceiros participam do planejamento da fabricação do molde, antecipando prazos de entrega para programar a produção.</p> <p>C4 - Os parceiros propõem soluções de manufatura, envolvendo matéria prima, equipamentos, processos e ferramentas.</p> | <p>C1</p> <p>C2</p> <p>C3</p> | <p>C1</p> <p>C2</p> | <p>C1</p> | <p>A empresa não aplica envolvimento antecipado dos fornecedores na fase de fabricação do molde.</p> |

Fonte: Autoria Própria.

APÊNDICE F - Fase de Certificação

Tabela F1 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de certificação.

| Prática Enxuta | Fase 5: Certificação do molde | | | | |
|-----------------------|---|-----------------|-----------|----|--|
| | EX | MB | S | R | NA |
| Engenharia Simultânea | C1 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea durante a fase de certificação. C2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento do molde. C3 - Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento. C4 - Busca melhorar continuamente o processo de certificação. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica engenharia simultânea na fase de certificação do molde. |
| Gerenciamento Visual | C1 - A empresa facilita o acesso a informação entre os envolvidos na fase de certificação, apresentando, por exemplo, o cronograma de projeto com datas e andamento. C2 - Tem uma forma padronizada de divulgar informações, tanto de forma física quanto eletrônica. C3 - As equipes de projeto buscam acessar e atualizar as informações, garantindo o cumprimento de prazos e o desempenho do projeto. | C1 C2* C3 | C1 C2* | C1 | A empresa não aplica gerenciamento visual na fase de certificação do molde. |
| Reporte A3 | C1 - Durante as atividades da fase de certificação, a empresa utiliza o reporte A3 para apresentar propostas, auxiliar a tomada de decisões e resolver problemas. C2 - Registra o reporte A3 em uma biblioteca de projetos. C3 - Aplica as soluções encontradas. C4 - Acompanha a evolução das situações registradas. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica o reporte A3 na fase de certificação do molde. |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela F2 - Disposição dos critérios nos níveis de avaliação na fase de certificação (continuação).

| Prática Enxuta | Fase 5: Certificação do molde | | | | |
|-----------------------|--|----------------|----------|----|--|
| | EX | MB | S | R | NA |
| Biblioteca de Projeto | C1 - A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados, promovendo a busca e o acesso facilitado a todos os dados. C2 - Os arquivos são protegidos por nível hierárquico, regrido quem pode ver e quem pode editar os arquivos. C3 - Realiza a cópia de segurança, preservando o conhecimento. C4 - Registra as lições aprendidas na biblioteca de projeto para facilitar a reutilização do conhecimento nas atividades desta fase. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica biblioteca de projeto na fase de certificação do molde. |
| Simulação Virtual | C1 - A empresa utiliza ferramentas computacionais (CAD/CAM/CAE) durante a fase de certificação. C2 - Capacita os funcionários nas ferramentas disponibilizadas regularmente. C3 - As ferramentas (softwares) utilizadas têm compatibilidade de formato. C4 - Busca a reutilização de projetos, permitindo gerar geometrias padronizadas a partir de cotas. | C1 C2 C3 | C1 C2 | C1 | A empresa não aplica simulação virtual na fase de certificação do molde. |

Fonte: Autoria Própria.

APÊNDICE G - Formulários de Avaliação

Tabela G1 - Perguntas da fase de contratação.

| Prática Enxuta | Perguntas da fase de contratação |
|--|---|
| Engenharia Simultânea | P1 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea na fase de contratação? P2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção? P3 - Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento? P4 - Busca melhorar continuamente o processo de contratação? |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | P1 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea baseada em conjuntos? P2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção? P3 - Utiliza softwares (ferramentas) para gerenciar o processo de desenvolvimento com conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos? P4 - Busca melhorar continuamente o processo de contratação? |
| Projeto para Moldagem por Injeção | P1 - A empresa aplica os conceitos de projeto para moldagem por injeção? P2 - Registra o conhecimento e as lições aprendidas? P3 - Reutiliza o conhecimento e as lições aprendidas em novos projetos? |
| Reporte A3 | P1 - Durante as atividades da fase de contratação, a empresa utiliza o reporte A3? P2 - Registra o Reporte A3 em uma biblioteca de projetos? P3 - Aplica as soluções encontradas com o auxílio do Reporte A3? P4 - Acompanha a evolução das situações registradas? |
| Biblioteca de Projeto | P1 - A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados? P2 - Os arquivos são protegidos por nível hierárquico? P3 - Realiza cópia de segurança? P4 - Registra as lições aprendidas em uma biblioteca de projetos? |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela G2 - Perguntas da fase de contratação (continuação).

| Prática Enxuta | Perguntas da fase de contratação |
|--|---|
| Simulação Virtual | <p>P1 - A empresa utiliza ferramentas computacionais durante a fase de contratação?</p> <p>P2 - Capacita os funcionários nas ferramentas disponibilizadas regularmente?</p> <p>P3 - As ferramentas computacionais utilizadas têm compatibilidade de formato entre si?</p> <p>P4 - Busca a reutilização de projetos?</p> |
| Voz do Consumidor | <p>P1 - Durante a fase de contratação, a empresa se preocupa em levantar as necessidades do cliente?</p> <p>P2 - Utiliza formulários padronizados para levantar todas as necessidades dos clientes?</p> <p>P3 - Registra todas as informações geradas?</p> <p>P4 - Capacita os profissionais em ferramentas (softwares) que auxiliam no levantamento das necessidades dos clientes?</p> |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | <p>P1 - A empresa mantém uma base de fornecedores e busca por parcerias de longo prazo?</p> <p>P2 - Envolve os fornecedores parceiros desde o início da fase de contratação?</p> <p>P3 - Os parceiros participam da orçamentação do molde?</p> <p>P4 - Os parceiros são envolvidos na análise da geometria do componente injetado?</p> |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela G3 - Perguntas da fase de planejamento.

| Prática Enxuta | Perguntas da fase de planejamento |
|--|--|
| Engenharia Simultânea | <p>P1 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea na fase de planejamento?</p> <p>P2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção?</p> <p>P3 - Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento?</p> <p>P4 - Busca melhorar continuamente seu processo de planejamento?</p> |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | <p>P1 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea baseada em conjuntos?</p> |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela G4 - Perguntas da fase de planejamento (continuação).

| Prática Enxuta | Perguntas da fase de planejamento |
|--|--|
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (continuação) | <p>P2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção?</p> <p>P3 - Utiliza softwares (ferramentas) para gerenciar o processo de desenvolvimento com conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos?</p> <p>P4 - Busca melhorar continuamente o processo de planejamento?</p> |
| Gerenciamento Visual | <p>P1 - A empresa facilita o acesso à informação entre os envolvidos na fase de planejamento?</p> <p>P2 - Tem uma forma padronizada de divulgar informações?</p> <p>P3 - As equipes de projeto buscam acessar e atualizar as informações?</p> |
| Reporte A3 | <p>P1 - Durante as atividades da fase de planejamento, a empresa utiliza o reporte A3?</p> <p>P2 - Registra o Reporte A3 em uma biblioteca de projetos?</p> <p>P3 - Aplica as soluções encontradas com o auxílio do Reporte A3?</p> <p>P4 - Acompanha a evolução das situações registradas?</p> |
| Biblioteca de Projeto | <p>P1 - A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados?</p> <p>P2 - Os arquivos são protegidos por nível hierárquico?</p> <p>P3 - Realiza cópia de segurança?</p> <p>P4 - Registra as lições aprendidas em uma biblioteca de projetos?</p> |
| Padronização | <p>P1 - A empresa utiliza formulários de planejamento padronizados?</p> <p>P2 - Os planos de recursos humanos, tempo e custo são baseados em tarefas e durações padronizadas?</p> <p>P3 - Realiza a capacitação da equipe envolvida na fase de planejamento?</p> <p>P4 - Elabora e melhora os planos padronizados?</p> |
| Estrutura Organizacional | <p>P1 - A empresa tem uma estrutura organizacional definida?</p> <p>P2 - A estrutura organizacional influencia diretamente no planejamento do projeto do molde de injeção?</p> <p>P3 - Qual o tipo da estrutura organizacional da empresa?</p> |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela G5 - Perguntas da fase de planejamento (continuação).

| Prática Enxuta | Perguntas da fase de planejamento |
|--|---|
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | P1 - A empresa mantém uma base de fornecedores e busca por parcerias de longo prazo? P2 - Envolve os fornecedores parceiros desde o início da fase de planejamento? P3 - Os parceiros participam da realização de algum planejamento? P4 - Criam planos de desenvolvimento conjunto e metas conjuntas? |
| Sala de Projetos | P1 - A empresa utiliza conceitos da sala de projetos na fase de planejamento? P2 - Expõe ferramentas de forma gráfica? P3 - Tem um espaço físico próprio para reuniões de projeto? P4 - Tem equipes responsáveis pela atualização das informações de projeto expostas na sala? |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela G6 - Perguntas da fase de projeto.

| Prática Enxuta | Perguntas da fase de projeto |
|--|---|
| Engenharia Simultânea | P1 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea na fase de projeto? P2 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea na fase de projeto? P3 - Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento? P4 - Busca melhorar continuamente seu processo de projeto? |
| Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos | P1 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea baseada em conjuntos? P2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção? P3 - Utiliza softwares (ferramentas) para gerenciar o processo de desenvolvimento com conceitos da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos? P4 - Busca melhorar continuamente o processo de projeto? |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela G7 - Perguntas da fase de projeto (continuação).

| Prática Enxuta | Perguntas da fase de projeto |
|------------------------------|--|
| Mapeamento do Fluxo de Valor | <p>P1 - A empresa utiliza o mapeamento do fluxo de valor para criar um "mapa do estado atual" de um processo?</p> <p>P2 - Cria um "mapa de estado futuro"?</p> <p>P3 - Aplica a ferramenta para melhorar os seus processos?</p> <p>P4 - Tem o registro do "tempo" e do "tempo efetivo" de cada atividade do processo?</p> |
| Projeto para Manufatura | <p>P1 - A empresa aplica conceitos de projeto para manufatura durante o projeto do molde?</p> <p>P2 - Envolve os responsáveis de manufatura para antecipar problemas e propor soluções de fabricação e montagem desde o início da fase de projeto?</p> <p>P3 - O molde é projetado para atender as capacidades fabris?</p> <p>P4 - O projeto busca facilitar (otimizar) a fabricação dos componentes do molde e a montagem do molde?</p> |
| Gerenciamento Visual | <p>P1 - A empresa facilita o acesso à informação entre os envolvidos na fase de projeto?</p> <p>P2 - As equipes de projeto buscam acessar e atualizar as informações?</p> <p>P3 - Tem uma forma padronizada de divulgar informações?</p> |
| Reporte A3 | <p>P1 - Durante as atividades da fase de projeto, a empresa utiliza o reporte A3?</p> <p>P2 - Registra o Reporte A3 em uma biblioteca de projetos?</p> <p>P3 - Aplica as soluções encontradas com o auxílio do Reporte A3?</p> <p>P4 - Acompanha a evolução das situações registradas?</p> |
| Biblioteca de Projeto | <p>P1 - A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados?</p> <p>P2 - Os arquivos são protegidos por nível hierárquico?</p> <p>P3 - Realiza cópia de segurança?</p> <p>P4 - Registra as lições aprendidas em uma biblioteca de projetos?</p> |
| Padronização | <p>P1 - A empresa utiliza processos de desenvolvimento padronizados?</p> <p>P2 - Ao realizar o projeto informacional, conceitual e preliminar, busca por projetos similares já realizados?</p> |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela G8 - Perguntas da fase de projeto (continuação).

| Prática Enxuta | Perguntas da fase de projeto |
|--|--|
| Padronização (continuação) | P3 - Busca soluções padronizadas para os componentes do molde? P4 - Melhora os processos de desenvolvimento padronizado? |
| Simulação Virtual | P1 - A empresa utiliza ferramentas computacionais durante a fase de projeto? P2 - Capacita os funcionários nas ferramentas disponibilizadas regularmente? P3 - As ferramentas computacionais utilizadas têm compatibilidade de formato entre si? P4 - Busca a reutilização de projetos? |
| Estrutura Organizacional | P1 - A empresa tem uma estrutura organizacional definida? P2 - A estrutura organizacional influencia diretamente no projeto do molde de injeção? P3 - Qual o tipo da estrutura organizacional da empresa? |
| Voz do Consumidor | P1 - Durante a fase de projeto, a empresa se preocupa em traduzir as necessidades do cliente nos requisitos de projeto do molde? P2 - Utiliza ferramentas padronizadas para levantar todos os requisitos de projeto? P3 - Registra todas as informações geradas? P4 - Capacita os profissionais em ferramentas (softwares) que auxiliam no levantamento dos requisitos de projetos? |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | P1 - A empresa mantém uma base de fornecedores e busca por parcerias de longo prazo? P2 - Envolve os fornecedores parceiros desde o início da fase de projeto? P3 - Os parceiros participam da realização do projeto preliminar? |
| Sala de Projetos | P1 - A empresa utiliza conceitos da sala de projetos na fase de projeto? P2 - Expõe ferramentas de forma gráfica? P3 - Tem um espaço físico próprio para reuniões de projeto? P4 - Tem equipes responsáveis pela atualização das informações de projeto expostas na sala? |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela G9 - Perguntas da fase de fabricação.

| Prática Enxuta | Perguntas da fase de fabricação |
|------------------------------|--|
| Engenharia Simultânea | <p>P1 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea na fase de fabricação?</p> <p>P2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção?</p> <p>P3 - Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento?</p> <p>P4 - Busca melhorar continuamente seu processo de fabricação?</p> |
| Mapeamento do Fluxo de Valor | <p>P1 - A empresa utiliza o mapeamento do fluxo de valor para criar um "mapa do estado atual" de um processo?</p> <p>P2 - Cria um "mapa de estado futuro"?</p> <p>P3 - Aplica a ferramenta para melhorar os seus processos?</p> <p>P4 - Tem o registro do "tempo" e do "tempo efetivo" de cada atividade do processo?</p> |
| Gerenciamento Visual | <p>P1 - A empresa facilita o acesso à informação entre os envolvidos na fase de fabricação?</p> <p>P2 - As equipes de projeto buscam acessar e atualizar as informações?</p> <p>P3 - Tem uma forma padronizada de divulgar informações?</p> |
| Reporte A3 | <p>P1- Durante as atividades da fase de fabricação, a empresa utiliza o reporte A3?</p> <p>P2 - Registra o Reporte A3 em uma biblioteca de projetos?</p> <p>P3 - Aplica as soluções encontradas com o auxílio do Reporte A3?</p> <p>P4 - Acompanha a evolução das situações registradas?</p> |
| Biblioteca de Projeto | <p>P1 - A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados?</p> <p>P2 - Os arquivos são protegidos por nível hierárquico?</p> <p>P3 - Realiza cópia de segurança?</p> <p>P4 - Registra as lições aprendidas em uma biblioteca de projetos?</p> |
| Simulação Virtual | <p>P1 - A empresa utiliza ferramentas computacionais durante a fase de fabricação?</p> |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela G10 - Perguntas da fase de fabricação (continuação).

| Prática Enxuta | Perguntas da fase de fabricação |
|--|---|
| Simulação Virtual (continuação) | P2 - Capacita os funcionários nas ferramentas disponibilizadas regularmente? P3 - As ferramentas computacionais utilizadas têm compatibilidade de formato entre si? P4 - Busca a reutilização de projetos? |
| Envolvimento Antecipado dos Fornecedores | P1 - A empresa mantém uma base de fornecedores e busca por parcerias de longo prazo? P2 - Envolve os fornecedores parceiros desde o início da fase de fabricação? P3 - Os parceiros participam do planejamento de fabricação do molde? P4 - Os parceiros propõem soluções de manufatura? |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela G11 - Perguntas da fase de certificação.

| Prática Enxuta | Perguntas da fase de certificação |
|-----------------------|--|
| Engenharia Simultânea | P1 - A empresa aplica conceitos de engenharia simultânea na fase de certificação? P2 - Tem um processo estruturado para o desenvolvimento de moldes de injeção? P3 - Utiliza ferramentas (softwares) para gerenciar o processo de desenvolvimento? P4 - Busca melhorar continuamente seu processo de projeto? |
| Gerenciamento Visual | P1 - A empresa facilita o acesso à informação entre os envolvidos na fase de certificação? P2 - As equipes de projeto buscam acessar e atualizar as informações? P3 - Tem uma forma padronizada de divulgar informações? |
| Reporte A3 | P1 - Durante as atividades da fase de certificação, a empresa utiliza o reporte A3? P2 - Registra o Reporte A3 em uma biblioteca de projetos? P3 - Aplica as soluções encontradas com o auxílio do Reporte A3? P4 - Acompanha a evolução das situações registradas? |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela G12 - Perguntas da fase de certificação (continuação).

| Prática Enxuta | Perguntas da fase de certificação |
|-----------------------|---|
| Biblioteca de Projeto | P1 - A empresa utiliza uma plataforma para organizar os arquivos registrados? P2 - Os arquivos são protegidos por nível hierárquico? P3 - Realiza cópia de segurança? P4 - Registra as lições aprendidas em uma biblioteca de projetos? |
| Simulação Virtual | P1 - A empresa utiliza ferramentas computacionais durante a fase de certificação? P2 - Capacita os funcionários nas ferramentas disponibilizadas regularmente? P3 - As ferramentas computacionais utilizadas têm compatibilidade de formato entre si? P4 - Busca a reutilização de projetos? |

Fonte: Autoria Própria.

Os formulários digitais de avaliação podem ser acessados nos seguintes endereços eletrônicos:

- **Contratação:** <<https://goo.gl/forms/SAnJj835KoKWe53s1>>
- **Planejamento:** <<https://goo.gl/forms/izlwzb7j45E3D8o32>>
- **Projeto:** <<https://goo.gl/forms/82ZHpzKgtsqHWTGy1>>
- **Fabricação:** <<https://goo.gl/forms/V1yeSZ1ov9jf5Ff83>>
- **Certificação:** <<https://goo.gl/forms/GCIuitGx6oeS9hJH3>>

APÊNDICE H - Métodos Multicritério

A Tabela H1 mostra um quadro comparativo entre os métodos multicritério **AHP** (*Analytic Hierarchy Process*), **ANP** (*Analytic Network Process*) e **Macbeth** (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*).

O quadro serviu como base para a escolha do método de tomada de decisão multicritério para definir pesos aos critérios do modelo de avaliação. Por ser capaz de verificar a consistência dos julgamentos entre critérios de avaliação e aceitar julgamentos qualitativos, o método adotado foi o **Macbeth**.

Tabela H1 - Quadro comparativo entre métodos multicritério.

| Método | AHP | ANP | Macbeth |
|------------|--|--|---|
| Fundamento | <ul style="list-style-type: none"> • Modela o problema de decisão em níveis hierárquicos. | <ul style="list-style-type: none"> • Modela o problema de decisão em níveis hierárquicos. | <ul style="list-style-type: none"> • Modela o problema de decisão através de escalas de julgamentos. |
| Forças | <ul style="list-style-type: none"> • Fácil visualização e construção do modelo. | <ul style="list-style-type: none"> • Considera o problema de decisão como uma rede de critérios interdependentes. | <ul style="list-style-type: none"> • Capaz de verificar a consistência dos julgamentos, semanticamente e teoricamente; • Aceita julgamentos qualitativos. |
| Fraquezas | <ul style="list-style-type: none"> • Considera cada critério como independente do outro. | <ul style="list-style-type: none"> • Dificil visualização e construção do modelo. | <ul style="list-style-type: none"> • Não aceita julgamentos quantitativos diretamente. |

Fonte: Adaptado de Bana e Costa et al. (2013); Trentin (2012).

APÊNDICE I - Julgamentos da atratividade entre critérios

Figura I1 - Julgamentos da atratividade - Fase de Contratação.

Engenharia Simultânea

|  | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|---|------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac-mod | forte | fort-mfort |
| [C2] | | nula | frac-mod | moderada |
| [C3] | | | nula | frac-mod |
| [C4] | | | | nula |

Biblioteca de Projeto

|  | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|---|------|------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac | moderada | mt. forte |
| [C2] | | nula | moderada | fort-mfort |
| [C3] | | | nula | forte |
| [C4] | | | | nula |

Engenharia Simultânea Baseada ...

|  | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|---|------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac-mod | moderada | fort-mfort |
| [C2] | | nula | frac | mod-fort |
| [C3] | | | nula | mfrac-frac |
| [C4] | | | | nula |

Simulação Virtual

|  | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|---|------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac-mod | frac | moderada |
| [C2] | | nula | mt. frac | mfrac-frac |
| [C3] | | | nula | frac |
| [C4] | | | | nula |

Projeto para X

|  | [C1] | [C2] | [C3] |
|---|------|----------|-------|
| [C1] | nula | mod-fort | forte |
| [C2] | | nula | frac |
| [C3] | | | nula |

Voz do Consumidor

|  | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|---|------|----------|----------|----------|
| [C1] | nula | frac-mod | mod-fort | moderada |
| [C2] | | nula | mod-fort | moderada |
| [C3] | | | nula | frac |
| [C4] | | | | nula |

Reporte A3

|  | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|---|------|----------|----------|----------|
| [C1] | nula | moderada | frac-mod | forte |
| [C2] | | nula | mt. frac | moderada |
| [C3] | | | nula | frac |
| [C4] | | | | nula |

Envolvimento Antecipado...

|  | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|---|------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | moderada | forte | fort-mfort |
| [C2] | | nula | moderada | mod-fort |
| [C3] | | | nula | mt. frac |
| [C4] | | | | nula |

Fonte: Autoria Própria.

Figura I2 - Julgamentos da atratividade - Fase de Planejamento.

Engenharia Simultânea

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac-mod | forte | fort-mfort |
| [C2] | | nula | frac-mod | moderada |
| [C3] | | | nula | frac-mod |
| [C4] | | | | nula |

Padronização

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|------------|------------|
| [C1] | nula | moderada | fort-mfort | fort-mfort |
| [C2] | | nula | mod-fort | forte |
| [C3] | | | nula | mfrac-frac |
| [C4] | | | | nula |

Engenharia Simultânea Baseada ...

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac-mod | moderada | fort-mfort |
| [C2] | | nula | frac | mod-fort |
| [C3] | | | nula | mfrac-frac |
| [C4] | | | | nula |

Estrutura Organizacional

| | [C1] | [C2] | [C3] |
|------|------|------|----------|
| [C1] | nula | frac | mod-fort |
| [C2] | | nula | moderada |
| [C3] | | | nula |

Gerenciamento Visual

| | [C1] | [C3] | [C2] |
|------|------|------------|----------|
| [C1] | nula | mfrac-frac | moderada |
| [C3] | | nula | moderada |
| [C2] | | | nula |

Envolvimento Antecipado...

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | moderada | forte | fort-mfort |
| [C2] | | nula | moderada | mod-fort |
| [C3] | | | nula | mt. frac |
| [C4] | | | | nula |

Reporte A3

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|----------|----------|
| [C1] | nula | moderada | frac-mod | forte |
| [C2] | | nula | mt. frac | moderada |
| [C3] | | | nula | frac |
| [C4] | | | | nula |

Sala de Projetos

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|------|----------|----------|
| [C1] | nula | frac | moderada | mod-fort |
| [C2] | | nula | frac | frac-mod |
| [C3] | | | nula | mt. frac |
| [C4] | | | | nula |

Biblioteca de Projeto

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac | moderada | mt. forte |
| [C2] | | nula | moderada | fort-mfort |
| [C3] | | | nula | forte |
| [C4] | | | | nula |

Fonte: Autoria Própria.

Figura I3 - Julgamentos da atratividade - Fase de Projeto.

Engenharia Simultânea

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac-mod | forte | fort-mfort |
| [C2] | | nula | frac-mod | moderada |
| [C3] | | | nula | frac-mod |
| [C4] | | | | nula |

Padronização

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|-------|-----------|-----------|
| [C1] | nula | forte | mt. forte | mt. forte |
| [C2] | | nula | fraca | moderada |
| [C3] | | | nula | fraca |
| [C4] | | | | nula |

Engenharia Simultânea Baseada ...

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac-mod | moderada | fort-mfort |
| [C2] | | nula | fraca | mod-fort |
| [C3] | | | nula | mfrac-frac |
| [C4] | | | | nula |

Simulação Virtual

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|-----------|------------|
| [C1] | nula | frac-mod | fraca | moderada |
| [C2] | | nula | mt. fraca | mfrac-frac |
| [C3] | | | nula | fraca |
| [C4] | | | | nula |

Mapeamento do Fluxo de Valor

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | mod-fort | mod-fort | mfort-extr |
| [C2] | | nula | moderada | forte |
| [C3] | | | nula | moderada |
| [C4] | | | | nula |

Estrutura Organizacional

| | [C1] | [C2] | [C3] |
|------|------|-------|----------|
| [C1] | nula | fraca | mod-fort |
| [C2] | | nula | moderada |
| [C3] | | | nula |

Projeto para X

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|-----------|------------|----------|
| [C1] | nula | mt. fraca | mfrac-frac | fraca |
| [C2] | | nula | mt. fraca | fraca |
| [C3] | | | nula | frac-mod |
| [C4] | | | | nula |

Voz do Consumidor

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|----------|----------|
| [C1] | nula | frac-mod | mod-fort | moderada |
| [C2] | | nula | mod-fort | moderada |
| [C3] | | | nula | fraca |
| [C4] | | | | nula |

Gerenciamento Visual

| | [C1] | [C3] | [C2] |
|------|------|------------|----------|
| [C1] | nula | mfrac-frac | moderada |
| [C3] | | nula | moderada |
| [C2] | | | nula |

Envolvimento Antecipado...

| | [C1] | [C2] | [C3] |
|------|------|-------|-----------|
| [C1] | nula | forte | mt. forte |
| [C2] | | nula | moderada |
| [C3] | | | nula |

Reporte A3

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|-----------|----------|
| [C1] | nula | moderada | frac-mod | forte |
| [C2] | | nula | mt. fraca | moderada |
| [C3] | | | nula | fraca |
| [C4] | | | | nula |

Sala de Projetos

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|-------|----------|-----------|
| [C1] | nula | fraca | moderada | mod-fort |
| [C2] | | nula | fraca | frac-mod |
| [C3] | | | nula | mt. fraca |
| [C4] | | | | nula |

Biblioteca de Projeto

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|-------|----------|------------|
| [C1] | nula | fraca | moderada | mt. forte |
| [C2] | | nula | moderada | fort-mfort |
| [C3] | | | nula | forte |
| [C4] | | | | nula |

Fonte: Autoria Própria.

Figura I4 - Julgamentos da atratividade - Fase de Fabricação.

Engenharia Simultânea

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac-mod | forte | fort-mfort |
| [C2] | | nula | frac-mod | moderada |
| [C3] | | | nula | frac-mod |
| [C4] | | | | nula |

Biblioteca de Projeto

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac | moderada | mt. forte |
| [C2] | | nula | moderada | fort-mfort |
| [C3] | | | nula | forte |
| [C4] | | | | nula |

Mapeamento do Fluxo de Valor

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | mod-fort | mod-fort | mfort-extr |
| [C2] | | nula | moderada | forte |
| [C3] | | | nula | moderada |
| [C4] | | | | nula |

Simulação Virtual

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac-mod | frac | moderada |
| [C2] | | nula | mt. frac | mfrac-frac |
| [C3] | | | nula | frac |
| [C4] | | | | nula |

Gerenciamento Visual

| | [C1] | [C3] | [C2] |
|------|------|------------|----------|
| [C1] | nula | mfrac-frac | moderada |
| [C3] | | nula | moderada |
| [C2] | | | nula |

Envolvimento Antecipado...

| | [C1] | [C2] | [C3] |
|------|------|-------|-----------|
| [C1] | nula | forte | mt. forte |
| [C2] | | nula | moderada |
| [C3] | | | nula |

Reporte A3

| | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|------|------|----------|----------|----------|
| [C1] | nula | moderada | frac-mod | forte |
| [C2] | | nula | mt. frac | moderada |
| [C3] | | | nula | frac |
| [C4] | | | | nula |

Fonte: Autoria Própria.

Figura I5 - Julgamentos da atratividade - Fase de Certificação.

Engenharia Simultânea

|  | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|---|--------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac-mod | forte | fort-mfort |
| [C2] | | nula | frac-mod | moderada |
| [C3] | | | nula | frac-mod |
| [C4] | | | | nula |

Biblioteca de Projeto

|  | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|---|--------|--------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac | moderada | mt. forte |
| [C2] | | nula | moderada | fort-mfort |
| [C3] | | | nula | forte |
| [C4] | | | | nula |

Gerenciamento Visual

|  | [C1] | [C3] | [C2] |
|---|--------|------------|----------|
| [C1] | nula | mfrac-frac | moderada |
| [C3] | | nula | moderada |
| [C2] | | | nula |

Simulação Virtual

|  | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|---|--------|----------|----------|------------|
| [C1] | nula | frac-mod | frac | moderada |
| [C2] | | nula | mt. frac | mfrac-frac |
| [C3] | | | nula | frac |
| [C4] | | | | nula |

Reporte A3

|  | [C1] | [C2] | [C3] | [C4] |
|---|--------|----------|----------|----------|
| [C1] | nula | moderada | frac-mod | forte |
| [C2] | | nula | mt. frac | moderada |
| [C3] | | | nula | frac |
| [C4] | | | | nula |

Fonte: Autoria Própria.