



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

João Paulo Lucchetta Pompermaier

**ARQUITETURA E SAÚDE 4.0: TECNOLOGIAS EMERGENTES NAS
EDIFICAÇÕES HOSPITALARES DO BRASIL**

Florianópolis
2024

João Paulo Lucchetta Pompermaier

**ARQUITETURA E SAÚDE 4.0: TECNOLOGIAS EMERGENTES NAS
EDIFICAÇÕES HOSPITALARES DO BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Profa. Lizandra Garcia Lupi Vergara, Dra

Coorientadora: Profa. Patrícia Biasi Cavalcanti, Dra

Florianópolis

2024

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

Pompermaier, João Paulo Lucchetta

Arquitetura e Saúde 4.0: tecnologias emergentes nas
edificações hospitalares do Brasil / João Paulo Lucchetta
Pompermaier ; orientadora, Lizandra Garcia Lupi Vergara,
coorientadora, Patrícia Biasi Cavalcanti, 2024.

158 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Arquitetura e Urbanismo. 2. Arquitetura Hospitalar. 3.
Saúde 4.0. 4. Tecnologias Emergentes. 5. Planejamento
Arquitetônico. I. Vergara, Lizandra Garcia Lupi. II. Cavalcanti,
Patrícia Biasi. III. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. IV.
Título.

João Paulo Lucchetta Pompermaier

**ARQUITETURA E SAÚDE 4.0: TECNOLOGIAS EMERGENTES NAS
EDIFICAÇÕES HOSPITALARES DO BRASIL**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado, em 8 de fevereiro de 2024, por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Profa. Maíra Longhinotti Felipe, Dra
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Fábio Oliveira Bitencourt Filho, Dr
International Federation of Healthcare Engineering (IFHE)

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.



Documento assinado digitalmente
Maira Longhinotti Felipe
Data: 14/02/2024 09:28:12-0300
CPF: ***.406.999-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Maíra Longhinotti Felipe, Dra
Coordenação do Programa de Pós-Graduação



Documento assinado digitalmente
Lizandra Garcia Lupi Vergara
Data: 14/02/2024 08:58:33-0300
CPF: ***.705.419-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Lizandra Garcia Lupi Vergara, Dra
Orientadora

Florianópolis, 2024.

Dedico este trabalho a todos os profissionais que contribuem para o desenvolvimento da saúde, direta ou indiretamente, seja no desenvolvimento de projetos, assistência, atendimento, gestão, entre outros. Juntos, podemos fazer a diferença por uma saúde mais humana, integral e acessível.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças, discernimento e por ter me guiado com serenidade em busca dos meus objetivos.

Aos meus pais, em especial minha mãe, Juceli Inês Lucchetta, sem ela nada disso seria possível. Obrigado pelo amor, incentivo, força e paciência. Agradeço também à minha família, pela compreensão nos momentos de ausência e por sempre acreditarem em mim, e aos meus amigos pelo incentivo, compreensão, apoio e carinho.

À minha orientadora, Profa. Dra. Lizandra Garcia Lupi Vergara e minha coorientadora, Profa. Dra. Patrícia Biasi Cavalcanti, pela ajuda, paciência e apoio constante me conduzindo nesta trajetória. Suas experiências foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa e estou grato pela oportunidade de aprender com ambas. Vocês são inspiradoras!

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Maíra Longhinotti Felipe e Prof. Dr. Fábio Oliveira Bitencourt Filho, por aceitarem o convite, pelo tempo dedicado e pelas valiosas contribuições.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ) que contribuíram com meu processo de formação. Estendo meus agradecimentos à coordenação, secretaria e à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Aos meus amigos pesquisadores, mestrandos e doutorandos, do GMETTA - Grupo Multidisciplinar de Ergonomia do Trabalho e Tecnologias Aplicadas e do Laboratório de Ergonomia (LABERGO), pelas trocas, aprendizados e apoio.

A todos os profissionais que participaram de alguma etapa do desenvolvimento da pesquisa, seja respondendo o questionário, participando das entrevistas, ou até mesmo nas trocas de ideias em momentos oportunos. A colaboração de vocês foi fundamental.

Ao Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina (UNIEDU) mantido pelo Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior (FUMDES) pela concessão da bolsa de estudo de pós-graduação.

Muito obrigado!

“Com a evolução da ciência, medicina e sistemas de saúde – muito em função dos avanços da tecnologia –, a jornada de cuidado dos pacientes irá mudar. E, neste contexto, os hospitais do futuro também. [...] Ao que tudo indica, o modelo hospitalar como conhecemos hoje deixará de existir. Os hospitais deixarão de ser um centralizador do cuidado e passarão a ser parte de um sistema bem mais complexo, em que o atendimento poderá ser oferecido em diversos locais e de variadas formas” (Futuro da Saúde, 2023).

RESUMO

O aumento populacional, a maior expectativa de vida e o avanço das doenças crônicas estão provocando mudanças na saúde global, que serão também impulsionadas pela incorporação de tecnologias avançadas provenientes da chamada Quarta Revolução Industrial. Considerada um novo estágio do desenvolvimento humano, impulsionada por um conjunto de tecnologias desenvolvidas a partir das três revoluções anteriores, a Indústria 4.0 está baseada na fusão das tecnologias e na interação entre os ambientes físicos, digitais e biológicos. Muitos setores estão sendo modificados, e no caso específico do que se refere ao atendimento à saúde surge o termo Saúde 4.0 para designar a integração dos sistemas de saúde com as tecnologias digitais de informação e comunicação da Indústria 4.0. Contudo, essa revolução também impõe demandas aos sistemas de saúde, que devem enfrentar o desafio de alinhar questões de ordem econômica, sociocultural, de infraestrutura, entre outras. Quando tecnologias são criadas, evoluídas e incorporadas aos sistemas de saúde, elas impactam em diversos âmbitos, incluindo o planejamento arquitetônico. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo analisar os impactos das tecnologias emergentes nas edificações hospitalares do Brasil e as tendências para a Arquitetura Hospitalar no contexto da Saúde 4.0. Para isso, foi realizada uma pesquisa exploratória com abordagem quali-quantitativa, por meio de procedimentos metodológicos que incluem revisão sistemática da literatura e levantamentos de campo, realizados com questionário e entrevistas. Após as coletas, os dados foram organizados e analisados por meio de análise de conteúdo associado ao uso de técnicas estatísticas. Como resultados, identificou-se que as tecnologias emergentes provocam impactos nas edificações hospitalares transpondo os limites físico-espaciais. Foram identificados impactos no ambiente construído; na assistência à saúde; na eficiência e produtividade; na estrutura organizacional e operacional; financeiros; na segurança; e na rede e na conectividade. Também foi possível identificar as tecnologias com potencial de impacto no planejamento arquitetônico, os setores hospitalares mais impactados e as perspectivas para os hospitais do futuro. A partir disso, são apontadas tendências para a arquitetura hospitalar como forma de atender as necessidades requisitadas pelas tecnologias, preparando as edificações hospitalares para as demandas futuras, sendo elas: flexibilidade, expansibilidade e redutibilidade, modularidade, sustentabilidade, humanização, novos materiais construtivos e de acabamento, Plano Diretor Hospitalar, colaboração interdisciplinar, BIM e gêmeo digital. O advento das tecnologias emergentes molda um novo panorama para a prestação de serviços de saúde, resultando em oportunidades e desafios para o setor. A Saúde 4.0 surge para quebrar paradigmas, tornando os sistemas de saúde mais eficazes e eficientes diante de uma sociedade cada vez mais exigente por serviços de alta qualidade.

Palavras-chave: Arquitetura Hospitalar. Saúde 4.0. Tecnologias Emergentes. Planejamento Arquitetônico.

ABSTRACT

Population growth, longer life expectancy, and the advance of chronic diseases are causing changes in global health, which will also be driven by the incorporation of advanced technologies from the so-called Fourth Industrial Revolution. Considered a new stage in human development, driven by a set of technologies developed from the three previous revolutions, Industry 4.0 is based on the fusion of technologies and the interaction between physical, digital, and biological environments. Many sectors are being changed, and in the specific case of healthcare, the term Healthcare 4.0 has emerged to designate the integration of health systems with the digital information and communication technologies of Industry 4.0. However, this revolution also places demand on healthcare systems, which must face the challenge of aligning economic, socio-cultural, and infrastructure issues, among others. When technologies are created, developed, and incorporated into healthcare systems, they have an impact on various areas, including architectural planning. Given this, this research aimed to analyze the impacts of emerging technologies on hospital buildings in Brazil and the trends for Hospital Architecture in the context of Healthcare 4.0. To this end, an exploratory study with a qualitative-quantitative approach was carried out, using methodological procedures including a systematic literature review and field surveys using questionnaires and interviews. After collection, the data was organized and analyzed using content analysis associated with the use of statistical techniques. The results show that emerging technologies have an impact on hospital buildings, transcending physical and spatial boundaries. Impacts were identified on the built environment; on healthcare; on efficiency and productivity; on the organizational and operational structure; on finances; safety; and network and connectivity. It was also possible to identify the technologies with a potential impact on architectural planning, the hospital sectors most affected, and the prospects for the hospitals of the future. Based on this, trends for hospital architecture were identified as a way of meeting the needs demanded by technologies, preparing hospital buildings for future demands. These are flexibility, expandability and reducibility, modularity, sustainability, humanization, new construction, and finishing materials, the Hospital Master Plan, interdisciplinary collaboration, BIM, and the digital twin. The advent of emerging technologies is shaping a new panorama for the provision of healthcare services, resulting in opportunities and challenges for the sector. Healthcare 4.0 emerges to break paradigms, making health systems more effective and efficient in the face of a society that is increasingly demanding high-quality services.

Keywords: Hospital Architecture. Healthcare 4.0. Emerging Technologies. Architectural Planning.

RESUMEN

El crecimiento demográfico, la mayor esperanza de vida y el avance de las enfermedades crónicas están provocando cambios en la sanidad mundial, que también se verán impulsados por la incorporación de tecnologías avanzadas procedentes de la llamada Cuarta Revolución Industrial. Considerada una nueva etapa en el desarrollo humano, impulsada por un conjunto de tecnologías desarrolladas a partir de las tres revoluciones anteriores, la Industria 4.0 se basa en la fusión de tecnologías y en la interacción entre los entornos físico, digital y biológico. Son muchos los sectores que se están transformando y, en el caso concreto de la sanidad, ha surgido el término Salud 4.0 para designar la integración de los sistemas sanitarios con las tecnologías digitales de la información y la comunicación de la Industria 4.0. Sin embargo, esta revolución también plantea exigencias a los sistemas sanitarios, que deben afrontar el reto de alinear aspectos económicos, socioculturales y de infraestructuras, entre otros. Cuando las tecnologías se crean, desarrollan e incorporan a los sistemas sanitarios, tienen un impacto en diversas áreas, incluida la planificación arquitectónica. En vista de ello, esta investigación tuvo como objetivo analizar los impactos de las tecnologías emergentes en los edificios hospitalarios en Brasil y las tendencias para la Arquitectura Hospitalaria en el contexto de la Salud 4.0. Para ello, se llevó a cabo un estudio exploratorio con un enfoque cualitativo-cuantitativo, utilizando procedimientos metodológicos que incluyeron una revisión sistemática de la literatura y encuestas de campo mediante cuestionarios y entrevistas. Tras la recogida, los datos se organizaron y analizaron mediante análisis de contenido asociado al uso de técnicas estadísticas. Los resultados muestran que las tecnologías emergentes tienen un impacto en los edificios hospitalarios que trasciende los límites físicos y espaciales. Se identificaron impactos en el entorno construido; en la asistencia sanitaria; en la eficiencia y la productividad; en la estructura organizativa y operativa; en las finanzas; en la seguridad; y en la red y la conectividad. También se han podido identificar las tecnologías con un impacto potencial en la planificación arquitectónica, los sectores hospitalarios más afectados y las perspectivas de los hospitales del futuro. A partir de ahí, se identificaron las tendencias de la arquitectura hospitalaria para dar respuesta a las necesidades que demandan las tecnologías, preparando los edificios hospitalarios para las exigencias futuras: flexibilidad, ampliabilidad y reducibilidad, modularidad, sostenibilidad, humanización, nuevos materiales de construcción y acabado, Plan Director Hospitalario, colaboración interdisciplinar, BIM y gemelo digital. La irrupción de las tecnologías emergentes está configurando un nuevo panorama para la prestación de servicios sanitarios, que se traduce en oportunidades y retos para el sector. La Sanidad 4.0 ha surgido para romper paradigmas, haciendo más eficaces y eficientes los sistemas sanitarios ante una sociedad que demanda cada vez más servicios de alta calidad.

Palabras clave: Arquitectura Hospitalaria. Salud 4.0. Tecnologías Emergentes. Planificación Arquitectónica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação da pesquisa.....	30
Figura 2 – Síntese das etapas da pesquisa.	31
Figura 3 – Processo de busca e seleção dos estudos.	35
Figura 4 – Revoluções industriais e as cinco ondas de saúde.	50
Figura 5 – Cuidados de saúde interconectados.	54
Figura 6 – Transição da Saúde 1.0 para a Saúde 4.0.....	55
Figura 7 – Categorias e megatendências tecnológicas.	58
Figura 8 – Ano de publicação.....	69
Figura 9 – Países com maior recorrência de publicação.....	70
Figura 10 – Autores de maior relevância.....	71
Figura 11 – Nuvem de palavras.	74
Figura 12 – Critérios de inclusão dos participantes.	77
Figura 13 – Infográfico sociodemográfico dos participantes.	78
Figura 14 – Tecnologias com potencial de impacto no planejamento arquitetônico..	79
Figura 15 – Setores mais impactados pelas tecnologias.	80
Figura 16 – Impactos das tecnologias emergentes.	81
Figura 17 – Elementos temáticos.	82
Figura 18 – Termos utilizados para definir os hospitais do futuro.	83
Figura 19 – Perspectivas para os hospitais do futuro.....	84
Figura 20 – Hospitais indicados pelos participantes.....	87
Figura 21 – Infográfico sociodemográfico dos participantes.	89
Figura 22 – Ciclo de vida das edificações hospitalares.	96
Figura 23 – Termos utilizados para definir os hospitais do futuro.	99
Figura 24 – Inserção da análise de tendências.	120
Figura 25 – Tendências para a arquitetura hospitalar.	120
Figura 26 – (A) Maquete tridimensional e (B) Diagrama esquemático.	123

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas de condução da RSL.....	32
Quadro 2 – <i>Strings</i> de busca utilizadas.....	33
Quadro 3 – Características dos estágios de evolução da saúde.....	54
Quadro 4 – Princípios da Saúde 4.0.	59
Quadro 5 – Desafios e benefícios da Saúde 4.0.	59
Quadro 6 – Requisitos dos espaços arquitetônicos.	65
Quadro 7 – Características descritivas dos artigos incluídos.	72
Quadro 8 – Principais aspectos relacionados aos impactos.	81
Quadro 9 – “Como você imagina que será o hospital do futuro?”	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAHP	Associação Nacional de Hospitais Privados
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CNSaúde	Confederação Nacional de Saúde
CPS	Sistemas ciber-físicos
CTI	Centro de Terapia Intensiva
DBE	Design Baseado em Evidências
EAS	Estabelecimentos Assistenciais de Saúde
EHR	Registros Eletrônicos de Saúde
EMR	Registros Médicos Eletrônicos
ESD28	Estratégia de Saúde Digital para o Brasil 2020-2028
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
FBH	Federação Brasileira de Hospitais
HFA	Hospital das Forças Armadas
HIMSS	<i>Healthcare Information and Management Systems Society</i>
IA	Inteligência Artificial
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IoE	<i>Internet of Everything</i>
IoS	Internet de Serviços
IoT	Internet das Coisas
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MD	Ministério da Defesa
MS	Ministério da Saúde
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PDH	Plano Diretor Hospitalar
PNH	Política Nacional de Humanização
RA	Realidade aumentada
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RM	Realidade mista
RNDS	Rede Nacional de Dados em Saúde

RSL	Revisão Sistemática da Literatura
RV	Realidade virtual
SUS	Sistema Único de Saúde
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	TEMÁTICA E CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	19
1.3	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	23
1.4	OBJETIVOS	25
1.4.1	Objetivo geral	25
1.4.2	Objetivos específicos	26
1.5	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	26
1.6	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	27
2	METODOLOGIA	29
2.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	29
2.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
2.2.1	Etapa 1: Revisão Sistemática da Literatura	31
2.2.2	Etapa 2: Levantamentos de campo	35
2.2.2.1	<i>Questionário</i>	35
2.2.2.2	<i>Entrevistas</i>	37
2.2.3	Etapa 3: Organização e análise dos dados	39
2.2.4	Etapa 4: Tendências	40
2.3	ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA	41
3	REVISÃO DA LITERATURA	42
3.1	PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DA SAÚDE E DOS HOSPITAIS ..	42
3.1.1	Antecedentes	42
3.1.2	Revoluções industriais e as cinco ondas de saúde	46
3.1.3	Transição da Saúde 1.0 para a Saúde 4.0	51
3.2	SAÚDE 4.0: APROFUNDANDO O CONCEITO	56
3.2.1	Saúde 4.0 no Brasil	62

3.3	O NOVO PARADIGMA HOSPITALAR.....	63
4	RESULTADOS.....	69
4.1	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	69
4.1.1	Considerações sobre o ambiente construído.....	74
4.2	LEVANTAMENTOS DE CAMPO.....	76
4.2.1	Questionário	76
4.2.2	Entrevistas	88
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	102
5.1	IMPACTOS DAS TECNOLOGIAS EMERGENTES.....	103
5.1.1	Impactos no ambiente construído	103
5.1.2	Impactos na assistência à saúde	108
5.1.3	Impactos na eficiência e produtividade.....	111
5.1.4	Impactos na estrutura organizacional e operacional	112
5.1.5	Impactos financeiros.....	114
5.1.6	Impactos na segurança.....	116
5.1.7	Impactos na rede e na conectividade	118
5.2	TENDÊNCIAS PARA A ARQUITETURA HOSPITALAR	119
6	CONCLUSÕES	128
6.1	LIMITAÇÕES.....	132
6.2	RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	132
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
	APÊNDICE A – Roteiro do questionário	147
	APÊNDICE B – Roteiro das entrevistas	148
	APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	149
	APÊNDICE D – Definição das tecnologias mapeadas.....	151
	ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP	153

1 INTRODUÇÃO

Estamos presenciando avanços tecnológicos significativos que podem definir o futuro da humanidade. Tudo está se transformando muito rápido e não sabemos exatamente onde vamos chegar, mas uma coisa é certa, a tecnologia irá revolucionar a sociedade e a forma como enxergamos o mundo. A seguir são apresentadas algumas reflexões iniciais extraídas do livro *A Quarta Revolução Industrial* (Schwab, 2016):

A decodificação do genoma humano quebrou paradigmas científicos e médicos. A partir do sequenciamento genético já é possível identificar a predisposição para o desenvolvimento de doenças e preveni-las ou diagnosticá-las e tratá-las. Mais recentemente métodos de edição do código genético estão sendo desenvolvidos, como o CRISPR/Cas9, já adotado devido a sua maior eficácia e eficiência. Genes de plantas e animais estão sendo modificados, e muito em breve humanos também poderão ser.

Com a Internet das Coisas (IoT), sensores podem ser utilizados para monitorar o comportamento e a saúde, fornecendo dados em tempo real sobre as condições dos indivíduos de qualquer lugar. Imagine que uma pessoa está sofrendo um ataque cardíaco. Imediatamente o sistema de monitoramento de funções de saúde conectado ao celular identifica a situação e envia um alerta para o serviço de emergência, que responde ao chamado de forma totalmente automatizada.

Marca-passos e implantes cocleares foram apenas o início das tecnologias implantáveis. Os dispositivos estão cada vez mais conectados aos corpos e poderão constantemente sentir os parâmetros das doenças, enviar dados para os hospitais e liberar medicamentos automaticamente. Ainda nesta linha, estão as tecnologias vestíveis, diretamente integradas em roupas e acessórios, colaborando no monitoramento de funções de saúde.

A impressão 3D revolucionou o modo como criamos as coisas e, imagina-se que, em um futuro bem próximo, ela também será utilizada para órgãos humanos, em um processo chamado bioimpressão. Implantes exitosos de ossos já foram realizados em diversas partes do mundo e logo órgãos também poderão ser transplantados, reduzindo a gigantesca lista de espera.

O que estas situações têm em comum? O fato é que ao refletirmos sobre essas possibilidades e suas consequências, adentramos em território desconhecido, o início de uma transformação humana diferente de tudo o que até então vivenciamos (Schwab, 2016).

Considerando esse impacto das tecnologias emergentes na área da saúde, cabe refletir também sobre o destino das edificações hospitalares, isto é, como essas novas tecnologias tendem a modificar os ambientes de saúde, contribuindo para a atuação de profissionais de arquitetura e engenharia em seu planejamento.

1.1 TEMÁTICA E CONTEXTUALIZAÇÃO

A população mundial cresceu exponencialmente nas últimas décadas, fruto dos avanços na saúde, nutrição, higiene pessoal, melhor saúde em populações idosas, maior expectativa de vida e altos e persistentes níveis de fecundidade em alguns países (Lopes *et al.*, 2019; ONU, 2022a).

Em 15 de novembro de 2022 o planeta chegou a 8 bilhões de pessoas. As projeções da Organização das Nações Unidas (ONU) sugerem que a população mundial pode chegar a 8,5 bilhões em 2030 e 9,7 bilhões em 2050, atingindo o pico populacional de cerca de 10,4 bilhões de pessoas durante a década de 2080, permanecendo neste nível até 2100 (ONU, 2022b). No Brasil, conforme o Censo Demográfico de 2022 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população é de pouco mais de 203 milhões de pessoas (IBGE, 2023). Ainda, segundo as projeções, estima-se que em 2060 seja de cerca de 228,2 milhões (IBGE, 2018).

A expectativa de vida global ao nascer atingiu 72,8 anos em 2019, uma melhoria de quase 9 anos desde 1990. Conforme projeções, em 2050 a longevidade média chegará a cerca de 77,2 anos. Associado a isso, estima-se que a população com 65 anos ou mais aumentará de 10% em 2022 para 16% em 2050 (ONU, 2022b). No Brasil, a expectativa de vida ao nascer em 2023 é de 77,4 anos. Estimativas apontam que em 2060 deva chegar a 81 anos, com isso 25,5% da população brasileira será composta por pessoas com 65 anos ou mais (IBGE, 2018).

O envelhecimento humano requer um sistema universal de saúde, eficiente e de qualidade, sistemas de cuidados de longo prazo, além de uma revisão nos

programas de previdência social e aposentadoria (ONU, 2022b). “Dessa forma, fica clara a responsabilidade que as gerações atuais têm em desenvolver alternativas e inovações tecnológicas que promovam o cuidado, a assistência e a inclusão da população de idosos que está se formando” (Valentim *et al.*, 2018, p. 263).

O aumento populacional e a maior expectativa de vida impõem demandas a todos os países do mundo, requerendo atenção e cuidados, “em razão de os indivíduos adquirirem inúmeras e concomitantes enfermidades com ainda pouco conhecimento médico [...]”. Outras “enfermidades anteriormente consideradas fatais como diabetes, câncer e distúrbios cardiovasculares, estão se tornando crônicas, ampliando os ciclos de vida de seus portadores e aumentando o consumo de serviços” (Bross, 2013, p. 240).

Diante desse contexto, apenas compreender o comportamento epidemiológico das doenças com base em fatores territoriais, espaciais, geopolíticos e culturais não será suficiente para estabelecer políticas públicas de saúde. Será essencial um aprofundamento na natureza genética das doenças e epidemias em um contexto global. Somente assim será possível conceber novos modelos de vigilância em saúde que sejam capazes de fornecer resultados eficazes e adequados para uma população cada vez mais longeva e com demandas e comportamentos socioculturais diversificados (Valentim *et al.*, 2018).

As mudanças na saúde global serão também impulsionadas pela incorporação de tecnologias avançadas provenientes da chamada Quarta Revolução Industrial. O termo surgiu em 2011 durante a Feira de Hannover na Alemanha para descrever o desenvolvimento de alta tecnologia associada à manufatura do país (Schwab, 2016). Pode ser considerada um novo estágio do desenvolvimento humano, impulsionada por um conjunto de tecnologias desenvolvidas a partir das três revoluções anteriores, se diferenciando por estar baseada na fusão das tecnologias e na interação entre os ambientes físicos, digitais e biológicos (Schwab; Davis, 2018).

Mudanças profundas estão ocorrendo em todos os setores e também na sociedade. As tecnologias têm mudado o presente e mudarão o futuro, remodelando o contexto econômico, social, cultural e humano em que vivemos (Schwab, 2016). Atualmente se está caminhando rumo a Revolução 4.0 representando a transição para ambientes digitais totalmente automatizados (Paul *et al.*, 2021).

Muitos setores estão sendo modificados, diante disso essa “revolução promete transformar a saúde ao oferecer um atendimento mais preciso e personalizado” (Lopes *et al.*, 2019, p. 19) e neste sentido surge o termo Saúde 4.0¹.

A saúde está se transformando em um ritmo acelerado, decorrente de um mundo mais interconectado e orientado por dados (Wehde, 2019). Contudo, essa revolução também impõe demandas aos sistemas de saúde, que devem enfrentar o desafio de alinhar questões de ordem econômica, sociocultural, de infraestrutura, entre outras (Lopes *et al.*, 2019).

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Conforme dados de janeiro de 2022 da Confederação Nacional de Saúde (CNSaúde) e da Federação Brasileira de Hospitais (FBH), o Brasil conta com 7.191 hospitais (gerais e especializados) dos quais 4.466 são privados (62,10%) (CNSaúde/FBH, 2022). Desse total, apenas 545 hospitais (7,57%) possuem algum tipo de acreditação² (ANAHP, 2023a). Um hospital acreditado fornece serviços de qualidade aos pacientes além de estimular melhorias operacionais contínuas para o aprimoramento da experiência do paciente e o equilíbrio financeiro (ANAHP, 2022a).

Segundo pesquisa sobre o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação nos estabelecimentos de saúde brasileiros (TIC Saúde 2022), 88% dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS)³ adotaram sistemas eletrônicos para registro das informações dos pacientes. Contudo, os estabelecimentos que possuem o menor acesso à infraestrutura básica de TIC continuam sendo os públicos, que acabam sendo responsáveis pelo atendimento à grande maioria da população. A pesquisa ainda apresenta dados sobre novas tecnologias que estão contribuindo para a transformação dos processos e a ampliação da saúde digital. Os dados apontam

¹ A expressão Saúde Digital é frequentemente utilizada para descrever conceitos similares. No entanto, visando manter a uniformidade neste estudo, adota-se apenas a terminologia Saúde 4.0.

² “A acreditação hospitalar é um método de avaliação que comprova a segurança e a qualidade da assistência, reconhecida e utilizada em todo o mundo como estratégia de melhoria contínua dos serviços. Além disso, é ratificada e recomendada pela Organização Mundial de Saúde (OMS). No Brasil, assim como na maioria dos países, é um processo voluntário e reservado, sem caráter de fiscalização” (ANAHP, 2022a).

³ Neste estudo foram considerados todos os Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), “definidos de forma abrangente, como sendo qualquer local destinado à realização de ações e/ou serviços de saúde, coletiva ou individual, qualquer que seja o seu porte ou nível de complexidade” (CGI, 2022).

que 22% dos EAS estão fazendo análises de *big data*; 4% utilizam *blockchain*; 10% utilizam Inteligência Artificial (IA) e 13% utilizam robótica (CGI, 2022).

Entretanto, apenas 8 hospitais⁴ (0,11%) são considerados 100% digitais conforme a certificação HIMSS. A *Healthcare Information and Management Systems Society* (HIMSS) é uma das organizações mais importantes e reconhecidas do mundo acerca de saúde digital, desenvolvedora do *Electronic Medical Record Adoption Model* (EMRAM), um modelo de maturidade de oito estágios, desenvolvido para guiar a transformação digital nas instituições de saúde (HIMSS, 2023).

O *World's Best Hospitals 2023* publicado pela revista *Newsweek* classificou os 250 melhores hospitais globais, de 28 países selecionados, reconhecidos pela excelência e qualidade. O Brasil figura no ranking com 6 hospitais⁵, sendo 5 privados e 1 público (Newsweek, 2023). Já no *Mejores Hospitales de América Latina 2023* publicado pela revista *AméricaEconomía*, 6 hospitais⁶ brasileiros se destacam nas 25 primeiras posições, sendo que 2 deles lideram o ranking (AméricaEconomía, 2023).

Diante de todos esses indicadores apresentados, observa-se uma grande disparidade entre os hospitais públicos e privados brasileiros⁷. Os privados geralmente recebem altos investimentos financeiros, possuem infraestrutura moderna e, em sua maioria, têm melhores condições de conforto nas instalações e humanização. Alguns deles possuem ainda creditações internacionais que elevam os padrões de qualidade. Esses fatores favorecem o avanço tecnológico, tornando-os referência na incorporação de tecnologias de ponta.

Não se pretende generalizar essa questão, mas as desigualdades existentes são evidentes nas condições em que se encontram alguns hospitais públicos, que enfrentam grandes desafios na sua gestão e na manutenção da infraestrutura física, com recursos financeiros muitas vezes insuficientes. Enfermarias superlotadas,

⁴ Hospital Unimed Sul Capixaba (ES), Hospital BP (SP), BP Mirante (SP), Hospital Márcio Cunha (MG), Hospital Dr. Miguel Soeiro (SP), Hospital Moinhos de Vento (RS), Hospital Unimed Bauru (SP) e Hospital Unimed Rondonópolis (MT).

⁵ Hospital Israelita Albert Einstein (SP), Hospital Sírio-Libanês (SP), Hospital Moinhos de Vento (RS), Hospital Alemão Oswaldo Cruz (SP), Hospital Santa Catarina Paulista (SP) e Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP) (SP).

⁶ Hospital Israelita Albert Einstein (SP), Hospital Sírio-Libanês (SP), Hospital Moinhos de Vento (RS), Hospital Municipal Vila Santa Catarina (SP), Hospital Municipal de Aparecida de Goiânia (GO) e Hospital Municipal Dr. Moysés Deutsch (SP).

⁷ Refere-se a hospitais públicos aqueles administrados ou mantidos pelo governo (municipal, estadual ou federal) ou entidade pública. Já os hospitais privados referem-se aqueles de propriedade de pessoa jurídica de direito privado, podendo abranger hospitais com ou sem fins lucrativos.

corredores transformados em áreas de internação, filas intermináveis, consultas e cirurgias constantemente adiadas, equipamentos inoperantes ou ainda embalados e inutilizados, profissionais desmotivados e frequentemente forçados a tomar decisões difíceis, decidindo inclusive entre qual paciente irá viver ou morrer por falta de tratamento adequado devido à escassez de equipamentos e recursos (Toledo, 2008). Todos esses fatores ficaram ainda mais evidentes durante a pandemia de COVID-19. De acordo com Toledo (2008), essa situação afeta principalmente os mais pobres, que dependem exclusivamente do sistema público, enfrentam diversas carências e apresentam as piores condições de saúde.

Mesmo diante desse cenário, é necessário reforçar a importância do Sistema Único de Saúde (SUS), consolidado como o maior e mais complexo sistema de saúde pública do mundo. Garantido pela Constituição Federal, tem como princípios a universalidade, equidade e integralidade, atendendo, assim, toda a população brasileira, sendo que 80% dela depende, exclusivamente, dos serviços públicos para qualquer atendimento de saúde (Brasil, 2023a).

Tornar o SUS mais eficiente é uma necessidade urgente. O aumento populacional, a maior expectativa de vida, a incidência das doenças crônicas e a incorporação de novas tecnologias encarecem, e irão encarecer ainda mais, a prestação de serviços de saúde. Assim, enquanto sistema público, o SUS deve estar preparado para enfrentar os novos desafios que surgirão diante dessa nova realidade (ANAHP, 2022b). Isso reflete a importância da reformulação completa e abrangente da estrutura física da rede pública (Góes, 2010).

Cabe a seguinte reflexão: se determinados hospitais estão mais avançados tecnologicamente, que lições podem ser obtidas deles para tornar os demais hospitais, e principalmente os públicos, mais preparados para atender às novas necessidades provenientes da Saúde 4.0? É importante ressaltar que mesmo entre os hospitais privados existe disparidade e esse fator está associado aos diferentes níveis de maturidade tecnológica, como discutido na seção 3.2. Nesse sentido, cabe observar que a incorporação tecnológica já presente em alguns hospitais de ponta do país, tende a ser adotada gradualmente nos demais, mesmo aqueles da rede privada, razão pela qual os primeiros se tornam referências para o estudo.

O conceito da Saúde 4.0 é relativamente recente e encontra-se em desenvolvimento. Trata-se de um contexto que envolve alta tecnologia, inovação e

padrões elevados de prestação de serviços de saúde. Sua implementação e suas implicações para o ambiente construído hospitalar ainda são pouco exploradas. Em suas pesquisas recentes, Tortorella *et al.* (2020) percebeu que a maior parte dos estudos desenvolvidos aborda uma perspectiva estreita ou baseada apenas em análise conceitual, indicando a ausência de estudos empíricos que analisem de maneira abrangente a incorporação de tecnologias 4.0, especialmente em economias emergentes como, o Brasil, onde a implementação da Saúde 4.0 pode ser limitada devido à falta de recursos. Diante disso, questiona-se: **Como as edificações hospitalares e seu planejamento arquitetônico serão impactadas pelas tecnologias emergentes no contexto da Saúde 4.0?**

A Saúde 4.0 é um conceito forte para fazer com que o país atinja novos patamares nas políticas de saúde (Valentim *et al.*, 2018). Entretanto, apesar dessa visão, o Brasil ainda enfrenta barreiras com relação aos investimentos no setor, tendo pelo menos metade dos hospitais sem um sistema de informações integrado (Motta; Poncetti; Esteves, 2019).

Para exemplificar isso, dados apontam que em hospitais, a cada três minutos, cerca de dois brasileiros (2,47 mais precisamente) morrem em decorrência de um erro ou “evento adverso”, devido a problemas com dosagem ou aplicação de medicamentos, uso incorreto de equipamentos, infecção hospitalar, entre outros (Couto; Pedrosa; Rosa, 2016). Esse dado preocupa e mostra apenas um dos grandes desafios. No entanto, as tecnologias podem ser parte da solução se de fato conseguirem promover um sistema mais seguro, confiável e eficaz.

Topol (2019), reconhecido médico cardiologista norte-americano e referência no estudo de tecnologias em saúde, discorre sobre suas percepções acerca da desumanização ao argumentar que a medicina moderna carece frequentemente de empatia e de um cuidado centrado no paciente. Diversos fatores são responsáveis por isso como, por exemplo, o tempo extenso dedicado ao preenchimento de prontuários eletrônicos, altas cobranças relacionados ao aumento da produtividade com consultas rápidas e em maior quantidade, e um atendimento baseado em exames e outros encaminhamentos com pouca relação médico-paciente. Ainda conforme o autor, as tecnologias, e em específico a inteligência artificial, são potencialmente favoráveis para resolutividade destas questões ao permitir que as mesmas realizem tarefas repetitivas e complexas.

Assim, a Saúde 4.0 tem um papel essencial no aprimoramento de todo o sistema de saúde, melhorando processos, reduzindo erros médicos, contribuindo com a tomada de decisões e aprimorando o cuidado com o paciente (Al-Jaroodi; Mohamed; Abukhousa, 2020).

Acompanhando a rápida e inevitável transformação tecnológica, é fundamental que os métodos e técnicas de projeto de arquitetura sejam repensados para suprir as novas necessidades. Os desafios impostos pela sociedade exigem dos arquitetos e engenheiros responsáveis pelo planejamento arquitetônico, uma constante atualização de conhecimentos e a capacidade de interagir com as complexas tecnologias que estão provocando mudanças globais (Góes, 2010), ao mesmo tempo, em que criam desafios e oportunidades para o ato de projetar (Gregory, 2022).

Os edifícios de saúde são mutáveis e o arquiteto tem papel fundamental para minimizar e prever problemas e maximizar a vida útil desses espaços. O hospital deve manter-se vivo durante décadas e estar preparado para os constantes avanços do conhecimento médico e da tecnologia hospitalar por meio de projetos que atendam todas as demandas (Karman, 2011). Além disso, o arquiteto deve ainda “superar limites profissionais rigorosos e estar ciente do impacto que as escolhas de design hospitalar têm no pessoal, nos fluxos de pacientes e visitantes, na resiliência de emergência e na própria evolução tecnológica” (WHO, 2023a).

A Saúde 4.0 possivelmente proporcionará melhorias e permitirá que o setor se torne mais simples, reduzindo os custos e o tempo associado (Paul *et al.*, 2021). Espera-se que o hospital do futuro tenha a capacidade de resolver os problemas atuais e atender as necessidades futuras, permitindo “que os profissionais de saúde prestem cuidados de alta qualidade e seguros aos seus pacientes” (Mokhtar, 2017).

1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

No final de 2019 o mundo presenciou o surgimento de uma nova infecção respiratória sem precedentes causada pelo coronavírus SARS-CoV-2. Era o início, do que poucos meses mais tarde, foi caracterizado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como a pandemia de COVID-19. Com mais de 6,9 milhões de mortes no

mundo, esta pandemia desafiou todos os países, deixando claro as fragilidades dos sistemas de saúde globais.

A pandemia acelerou tendências pré-existentes (Hewitt, 2021), alterou os sistemas globais de saúde (Capolongo *et al.*, 2020) e forçou uma mudança no tradicional modelo de atendimento através da incorporação de novas tecnologias, principalmente devido às medidas de distanciamento e isolamento social adotadas por muitos países (Celuppi *et al.*, 2021). Uma série de tecnologias que até então não haviam sido incorporadas, ou foram em baixa escala, começaram a ser incorporadas de modo massivo em poucos meses (Monza, 2023). Apesar das muitas dúvidas que cercam o desenvolvimento e implantação tecnológica, a pandemia se caracterizou como um marco na revolução do setor (Celuppi *et al.*, 2021).

Diante disso, o uso da tecnologia ganhou um impulso muito grande que deve ser fortalecido ao longo dos próximos anos com a expansão da Saúde 4.0 através da aceleração de projetos inovadores e com o desenvolvimento de políticas de investimento e incorporação tecnológica em organizações de saúde (Tortorella *et al.*, 2020).

Além disso, o conceito de Saúde 4.0 está alinhado com os compromissos estabelecidos na Agenda 2030 da ONU. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) n.º 3 é “assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades” (ONU, 2015). Assim, o Brasil, enquanto país signatário da Agenda 2030, deve ativamente buscar estratégias a serem adotadas para alcançar os objetivos estabelecidos pelo acordo.

O acelerado avanço tecnológico exigirá alterações no modelo operacional, incluindo a configuração físico-espacial das edificações (Bross, 2013). Espera-se que os projetos dos novos hospitais sejam desenvolvidos atentando-se para essa transformação, evitando a proposição de uma estrutura arquitetônica já ultrapassada ou que venha a se tornar obsoleta com pouco tempo de uso. Já para os hospitais existentes, espera-se uma constante e ágil adaptabilidade às novas necessidades físico-espaciais. O hospital é considerado uma edificação dinâmica, com um programa arquitetônico complexo e multifacetado, estando em constante processo de transformação na sua estrutura, refletindo em adequações ou expansões permanentes no espaço físico (Bross, 2020; Carvalho, 2014; Góes, 2011).

Para Bross (2020), a adequação do espaço físico é um indicativo de vitalidade empresarial, já que mudanças são essenciais para que as empresas se mantenham atualizadas, aprimorando os processos de atenção médica e/ou hospitalar. Assim, é muito importante que os dirigentes empresariais estejam atentos aos novos procedimentos, inovações e tecnologias.

A compreensão dos impactos das tecnologias emergentes permitirá que as edificações hospitalares estejam preparadas para as demandas de médio e longo prazo provenientes de uma saúde cada vez mais tecnológica e centrada no paciente. A adaptação das edificações é fundamental para a garantia da adequabilidade dos ambientes às novas tecnologias, permitindo a constante incorporação de inovações. Além disso, é imprescindível um alinhamento das questões tecnológicas com a humanização, conforto e segurança do paciente.

Espera-se que esta pesquisa possa contribuir com o planejamento arquitetônico das novas edificações hospitalares, bem como na adaptação das já existentes, a partir da reflexão de como as tecnologias emergentes vão impactar o ambiente construído hospitalar.

As transformações pelas quais os hospitais de diferentes países do mundo estão passando chegarão ao Brasil com certo atraso, entretanto são inevitáveis. Mesmo dentro do país, analisando comparativamente os grandes hospitais com os mais desfavorecidos, percebe-se a disparidade existente, mas é apenas uma questão temporal para que todos sejam impactados pelos avanços tecnológicos. Desenvolver a Saúde 4.0 é uma forma de tornar os sistemas de saúde brasileiros mais competitivos internacionalmente, aproveitando as oportunidades proporcionadas por esse modelo.

1.4 OBJETIVOS

A seguir são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos que norteiam o desenvolvimento da pesquisa.

1.4.1 Objetivo geral

Analisar os impactos das tecnologias emergentes nas edificações hospitalares do Brasil e as tendências para a Arquitetura Hospitalar no contexto da Saúde 4.0.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar tecnologias emergentes responsáveis por impulsionar a Saúde 4.0;
- Investigar as necessidades físico-espaciais das edificações hospitalares diante da incorporação das tecnologias emergentes;
- Apresentar as transformações arquitetônicas para identificar estratégias de projeto, construção e adaptação das edificações hospitalares.

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa foi delimitada pela análise dos impactos das tecnologias emergentes nas edificações hospitalares do Brasil e pelas tendências para a arquitetura hospitalar.

A tecnologia em saúde é definida pela OMS “como a aplicação de conhecimentos e habilidades organizadas na forma de medicamentos, dispositivos médicos, vacinas, procedimentos e sistemas desenvolvidos para resolver um problema de saúde e melhorar a qualidade de vida” (WHO, 2023b). Corroborando, a Portaria n.º 2.510, de 19 de dezembro de 2005, considera tecnologias em saúde como “medicamentos, equipamentos e procedimentos técnicos, os sistemas organizacionais, informacionais, educacionais e de suporte e os programas e protocolos assistenciais por meio dos quais a atenção e os cuidados com a saúde são prestados à população” (Brasil, 2005). Nota-se que as definições para o termo são bastante amplas e compreendem todas as intervenções de serviços de saúde.

Assim, visando delimitar com mais especificidade as tecnologias estudadas nesta pesquisa, utilizou-se o termo “tecnologias emergentes” para definir os recursos com alto potencial de impacto e transformação. As tecnologias inseridas neste contexto continuam em desenvolvimento e, embora não sejam novas em outros setores, estão sendo cada vez mais incorporadas na saúde devido seu potencial e valor comprovado, provocando mudanças de paradigma (Sadiku *et al.*, 2021).

O direcionamento adotado nesta pesquisa aborda especificamente os hospitais enquanto unidades de alta complexidade. Desta forma, não será abordado a temática na perspectiva dos demais EAS, como clínicas, postos de saúde, centros de saúde, entre outros.

Cabe ainda mencionar, que apesar de serem apresentados ao longo da dissertação indicadores de saúde internacionais e transformações nos hospitais de outros países, o enfoque e delimitação da pesquisa se concentra na realidade brasileira. O Brasil é um país com proporções continentais, caracterizado por diferenças econômicas, socioculturais, políticas, entre outras, de acordo com as diferentes regiões, influenciando diretamente no modo como os serviços de saúde são prestados para a população, bem como no modo como a tecnologia é incorporada nos hospitais.

O trabalho intitulado “Mapeamento de tecnologias da Indústria 4.0 para incorporação tecnológica em saúde” (Pompermaier; Vergara, 2022) possibilitou o entendimento dos conceitos, histórico, funcionamento e aplicabilidade das tecnologias emergentes na saúde, servindo como ponto de partida para a definição da pesquisa. No entanto, não se pretende nesta dissertação, realizar um estudo aprofundado sobre cada uma das tecnologias abordadas, já que a pesquisa se concentra no âmbito arquitetônico.

Os procedimentos metodológicos adotados foram fundamentais para a identificação das tendências, que serão definidas a partir da opinião de profissionais com relevante atuação nacional na área da saúde. Entende-se, que os arquitetos e engenheiros responsáveis pelo planejamento arquitetônico possuem conhecimento técnico para trabalhar com as questões propostas nesta dissertação, no desenvolvimento de projetos de arquitetura para saúde.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação foi estruturada em 5 capítulos. O capítulo 1 – introdução – apresenta a temática e contextualização, problema de pesquisa, justificativa e relevância, objetivos (geral e específicos) e delimitação da pesquisa.

No capítulo 2 é apresentada a descrição detalhada da metodologia que norteia o desenvolvimento da pesquisa. Conta com a classificação da pesquisa, os

procedimentos metodológicos e os aspectos éticos. Os procedimentos metodológicos adotados foram Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e levantamentos de campo por meio de questionário e entrevistas.

O capítulo 3 consiste na revisão da literatura, possibilitando o aprofundamento da temática estudada, a verificação do estado da arte e a identificação de métodos que contribuíram para a elaboração dos instrumentos. Foi dividido em três grandes temas: processo de transformação da saúde e dos hospitais; Saúde 4.0: aprofundando o conceito; e o novo paradigma hospitalar.

No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos a partir da RSL e dos levantamentos de campo, englobando questionário e entrevistas. Já no capítulo 5 é apresentado a discussão dos resultados envolvendo os impactos das tecnologias emergentes e as tendências para a arquitetura hospitalar.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões da dissertação, incluindo uma síntese dos principais resultados alcançados. Também são discutidas as limitações e recomendações para pesquisas futuras, visando a continuidade e aprofundamento do estudo sobre a temática.

2 METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada a metodologia que norteia o desenvolvimento da pesquisa, descrevendo os métodos utilizados para que os objetivos propostos sejam alcançados. A pesquisa consiste em um processo formal e sistemático com o objetivo de buscar respostas para os problemas propostos (Gil, 2002), devendo contribuir para o avanço do conhecimento humano (Prodanov; Freitas, 2013).

A seção contém a classificação da pesquisa, os procedimentos metodológicos e os aspectos éticos.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

As pesquisas podem ser classificadas conforme sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Do ponto de vista da natureza, essa pesquisa se caracteriza como aplicada, pois busca “gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos” (Silva; Menezes, 2005, p. 20).

Com relação à abordagem, essa pesquisa é qualitativa e quantitativa. A abordagem qualitativa busca compreender e descrever o significado e o contexto do fenômeno estudado indutivamente (Silva; Menezes, 2005). Essa abordagem não requer quantificação e generalização dos dados, mas se detém no aprofundamento das informações (Silveira; Córdova, 2009). O pesquisador é o principal instrumento e os dados coletados são descritivos, “retratando o maior número possível de elementos existentes na realidade estudada” (Prodanov; Freitas, 2013, p. 70). Já a abordagem quantitativa, considera que todas as opiniões e informações podem ser classificadas e analisadas numericamente com o uso de técnicas estatísticas (Silva; Menezes, 2005).

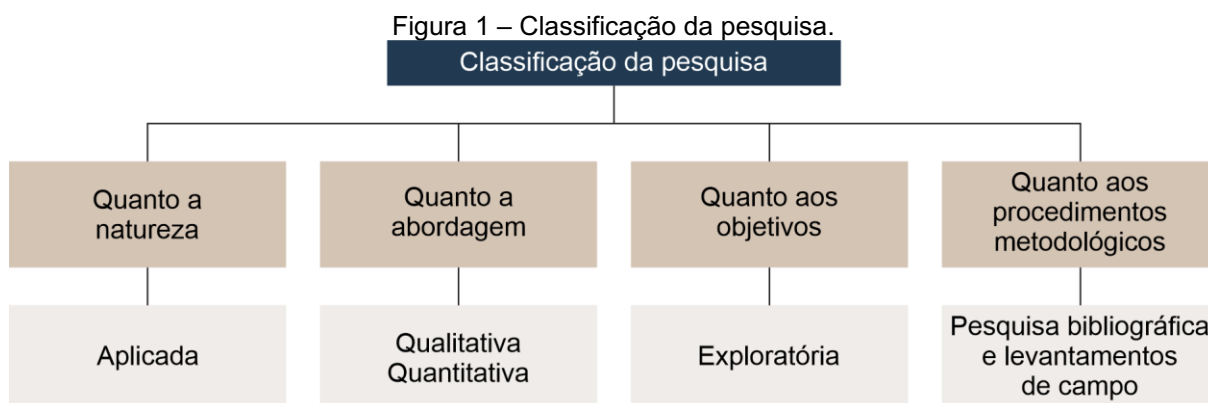
Quanto ao método científico, a pesquisa classifica-se como indutiva, pois parte de pressupostos particulares, inferindo-se generalizações constatadas a partir da observação de casos concretos (Gil, 2008). “O objetivo dos argumentos indutivos é levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam” (Marconi; Lakatos, 2003).

Se tratando dos objetivos, é possível classificar a pesquisa como exploratória, que tem “como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas

a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses” (Gil, 2002, p. 41). Esse tipo de pesquisa possibilita uma visão geral acerca de determinado fato e possui um planejamento mais flexível, permitindo que o pesquisador adapte as técnicas de coleta de dados conforme a necessidade do fenômeno em estudo (Gil, 2008).

Por fim, com relação aos procedimentos técnicos, foram utilizados como métodos a pesquisa bibliográfica e os levantamentos de campo. A pesquisa bibliográfica é realizada a partir de materiais já elaborados e publicados, como livros, artigos científicos, dissertações, teses, entre outras fontes, e permite que o pesquisador aprofunde o conhecimento sobre determinado assunto através de diferentes autores e pontos de vista, possibilitando comparar e confrontar diferentes ideias (Gil, 2008; Marconi; Lakatos, 2003). Os levantamentos de campo, por sua vez, são caracterizados pela coleta de dados junto a uma amostra significativa de pessoas acerca do problema estudado e podem ser realizados através da aplicação de questionários e/ou da realização de entrevistas (Gil, 2008).

Na Figura 1 é representado esquematicamente de forma resumida a classificação da pesquisa.

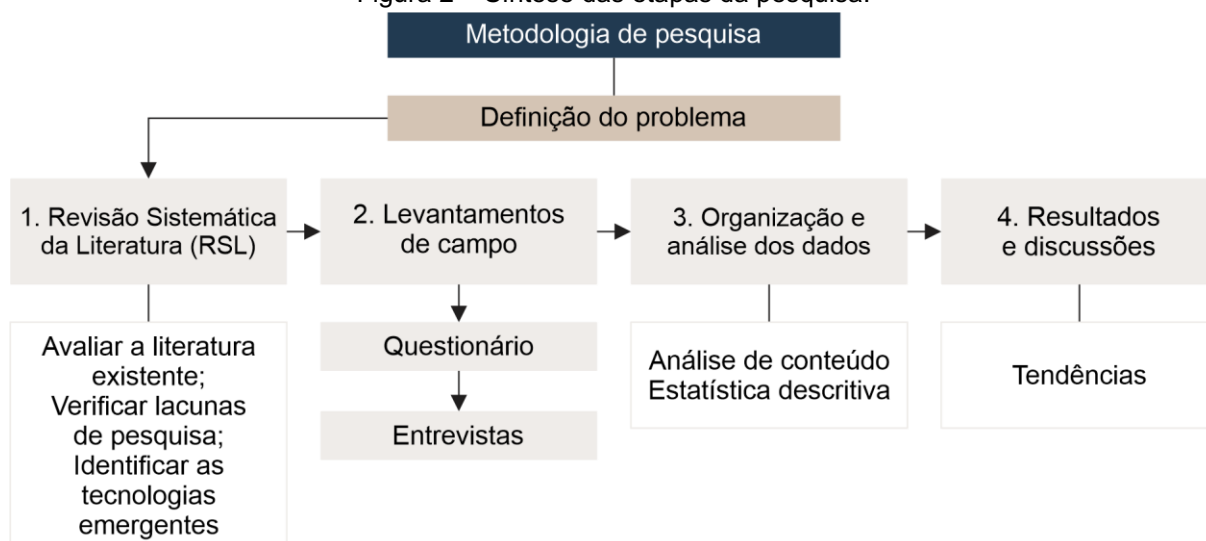


Fonte: O autor (2023).

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento da pesquisa, 4 etapas foram percorridas, conforme representado na Figura 2.

Figura 2 – Síntese das etapas da pesquisa.



Fonte: O autor (2023).

Primeiramente definiu-se o problema de pesquisa. Na “Etapa 1” foi realizado a RSL, complementada por uma revisão narrativa, possibilitando assim, avaliar a literatura existente, verificar lacunas de pesquisa e identificar as tecnologias emergentes responsáveis por impulsionar a Saúde 4.0. A “Etapa 2” foi direcionada para os levantamentos de campo contemplando o questionário e as entrevistas. A “Etapa 3” consistiu na organização e análise dos dados coletados, por meio de análise de conteúdo, utilizando como base a metodologia proposta por Bardin (2016) associado ao uso de técnicas estatísticas. Por fim, na “Etapa 4”, os resultados são apresentados e discutidos para posterior definição das tendências.

2.2.1 Etapa 1: Revisão Sistemática da Literatura

A RSL consiste em um “método explícito e sistemático para identificar, selecionar e avaliar a qualidade de evidências” (Brasil, 2012, p. 11), através de um estudo confiável, rigoroso e auditável, “que localiza, avalia e sintetiza o conjunto de evidências dos estudos científicos para obter uma visão geral e confiável da estimativa do efeito da intervenção” (Brasil, 2012, p. 13).

A RSL foi desenvolvida com base nas diretrizes propostas por Tranfield, Denyer e Smart (2003) e Kitchenham (2007), com o apoio da ferramenta online *Parsifal*. As etapas de condução consistem em (I) planejamento; (II) condução e; (III) relatório e divulgação, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Etapas de condução da RSL.

(I) PLANEJAMENTO
Identificação da necessidade de revisão; Preparação da proposta contendo temática, questão(s) de pesquisa, objetivo(s); Desenvolvimento do protocolo de revisão com determinação da estratégia de busca, palavras-chave, <i>string</i> , bases de dados, critérios de inclusão e exclusão; Avaliação do protocolo de revisão.
(II) CONDUÇÃO
Identificação da pesquisa; Seleção dos estudos; Avaliação da qualidade dos estudos; Extração de dados e monitoramento do progresso; Síntese de dados.
(III) RELATÓRIO E DIVULGAÇÃO
Análises, interpretações, discussões e recomendações; Relatório final.

Fonte: Adaptado de Tranfield; Denyer; Smart (2003); Kitchenham (2007).

Tendo em vista o desenvolvimento da RSL de forma ordenada, elaborou-se o protocolo de revisão. Para a seleção dos estudos foram adotados os seguintes critérios de inclusão: (a) artigos completos publicados em periódicos ou anais de eventos acadêmicos e científicos e disponíveis integralmente nas bases de dados selecionadas; (b) trabalhos publicados no período de 2011 a fevereiro de 2023; (c) trabalhos publicados no idioma português, inglês ou espanhol com abrangência mundial; (d) trabalhos que atendem especificamente a questão de pesquisa. Já como critérios de exclusão foram adotados: (a) trabalhos que não estejam disponíveis integralmente nas bases de dados pesquisadas; (b) trabalhos anteriores a 2011 e que não tratem de conceitos relacionados à área de interesse da RSL; (c) trabalhos que não abordem funções de similaridade; (d) monografias, dissertações e teses. O estabelecimento do ano de 2011 como limite para a busca dos artigos se dá devido ao surgimento do termo Indústria 4.0 durante a Feira de Hannover na Alemanha, ocorrida no referido ano, marco inicial da Quarta Revolução Industrial.

A seleção dos estudos foi realizada nas seguintes bases de dados: *Google Scholar*, *IEEE Xplore*, *PubMed*, *SciELO*, *Scopus* e *Web of Science*. Estas bases foram escolhidas por melhor se alinharem à área de conhecimento e à temática abordada na pesquisa, além de serem confiáveis e amplamente conceituadas.

Para a construção da *string* de busca foram utilizados os operadores booleanos *OR* e *AND*. É importante ressaltar que a *string* de busca foi adaptada para cada uma das bases de dados selecionadas, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – *Strings* de busca utilizadas.

BASE DE DADOS	STRING DE BUSCA
<i>IEEE Xplore</i>	("All Metadata":"health 4.0" OR "All Metadata":"healthcare 4.0" OR "All Metadata":"health care 4.0") AND ("All Metadata":"architecture" OR "All Metadata":"engineering" OR "All Metadata":"design" OR "All Metadata":"built environment" OR "All Metadata":"constructed environment" OR "All Metadata":"infrastructure" OR "All Metadata":"hospital" OR "All Metadata":"hospitals" OR "All Metadata":"build" OR "All Metadata":"building" OR "All Metadata":"buildings")
<i>PubMed</i>	("health 4.0"[All Fields] OR "healthcare 4.0"[All Fields] OR "health care 4.0"[All Fields]) AND ("architecture"[MeSH Terms] OR "architecture"[All Fields] OR "engineering"[MeSH Terms] OR "engineering"[All Fields] OR "design"[All Fields] OR "built environment"[All Fields] OR "constructed environment"[All Fields] OR "infrastructure"[All Fields] OR "hospital"[All Fields] OR "hospitals"[MeSH Terms] OR "hospitals"[All Fields] OR "build"[All Fields] OR "building"[All Fields] OR "buildings"[All Fields])
<i>SciELO</i>	("health 4.0" OR "healthcare 4.0" OR "health care 4.0" OR "saúde 4.0" OR "salud 4.0") AND (architecture OR engineering OR design OR "built environment" OR "constructed environment" OR infrastructure OR hospital OR hospitals OR build OR building OR buildings OR arquitetura OR engenharia OR "ambiente construído" OR infraestrutura OR hospitais OR prédio OR edificio OR arquitectura OR ingeniería OR diseño OR "entorno construido" OR "entorno edificado" OR infraestrutura OR hospitales)
<i>Scopus</i>	TITLE-ABS-KEY("health 4.0" OR "healthcare 4.0" OR "health care 4.0") AND TITLE-ABS-KEY(architecture OR engineering OR design OR "built environment" OR "constructed environment" OR infrastructure OR hospital OR hospitals OR build OR building OR buildings)
<i>Web of Science</i>	TS=("health 4.0" OR "healthcare 4.0" OR "health care 4.0") AND TS=(architecture OR engineering OR design OR "built environment" OR "constructed environment" OR infrastructure OR hospital OR hospitals OR build OR building OR buildings)
<i>Google Scholar</i>	("health 4.0" OR "healthcare 4.0" OR "health care 4.0" OR "saúde 4.0" OR "salud 4.0") AND (architecture OR engineering OR design OR "built environment" OR "constructed environment" OR infrastructure OR hospital OR hospitals OR build OR building OR buildings OR arquitetura OR engenharia OR design OR "ambiente construído" OR infraestrutura OR hospital OR hospitais OR prédio OR edificio OR arquitectura OR ingeniería OR "entorno construido" OR infraestrutura OR hospitales)

Fonte: O autor (2023).

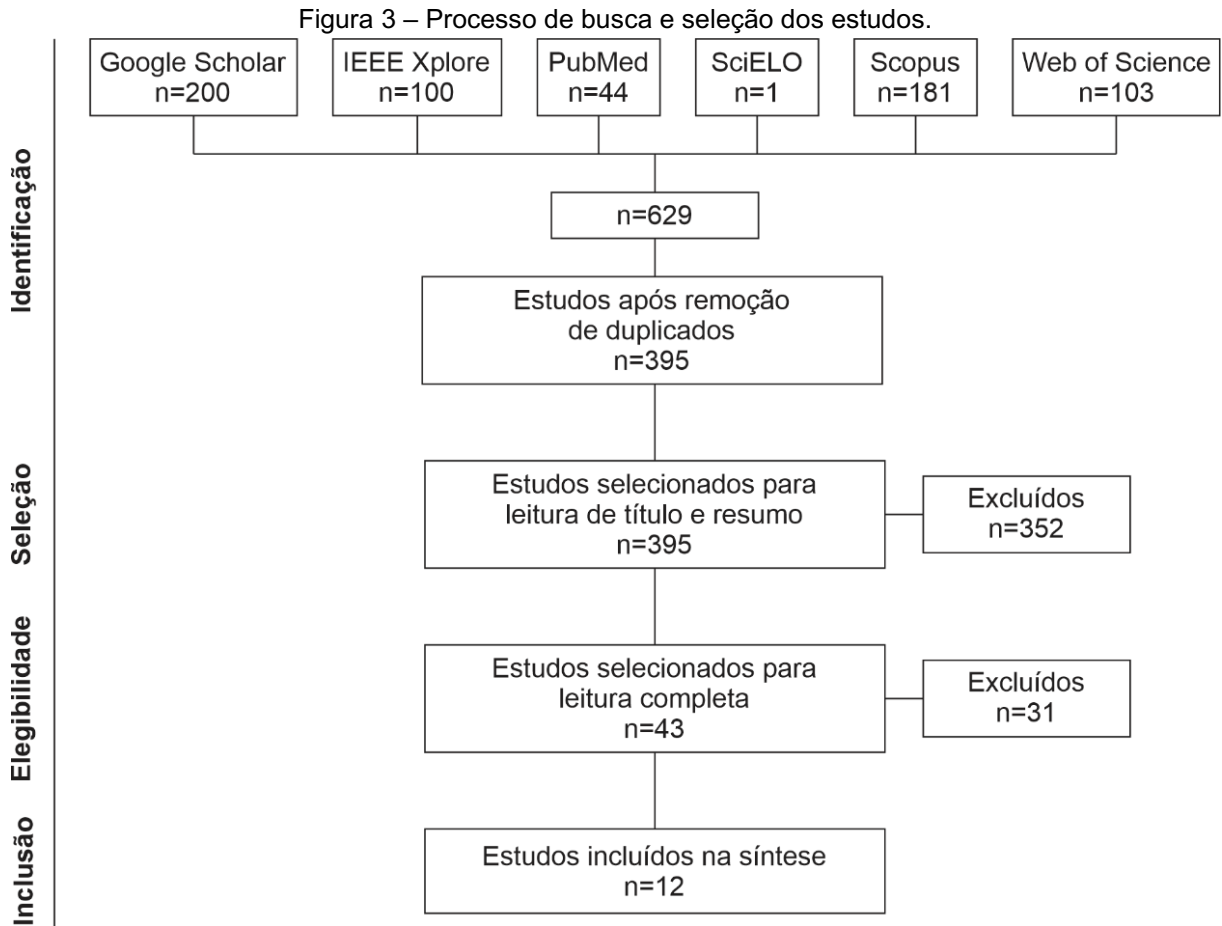
Os critérios de seleção dos estudos foram: (I) exclusão dos artigos duplicados; (II) leitura do título e resumo, descartando aqueles que claramente não estavam relacionados com a temática abordada na pesquisa; (III) leitura do artigo completo: os

textos selecionados foram lidos integralmente e avaliados para a análise de elegibilidade, sendo considerados válidos ou inválidos para o objetivo da RSL.

Na Figura 3 é apresentado o processo de busca e seleção dos estudos. As buscas nas bases de dados retornaram um total de 629 artigos. No caso específico do *Google Scholar*, se estabeleceu um limite artificial considerando os 200 primeiros artigos ordenados por relevância. Optou-se por proceder desse modo, tendo em vista que a ferramenta não consegue delimitar com clareza a busca por meio da *string* retornando uma quantidade grande de estudos que não atendem especificamente à questão de pesquisa.

Após eliminação dos duplicados, 395 artigos foram selecionados para leitura de título e resumo, dos quais 352 foram rejeitados por não estarem relacionados com a temática pesquisada; por possuírem viés na seleção, ou seja, passam a impressão de serem relevantes, mas após análise mais detalhada não atendem aos critérios de inclusão; por possuírem resultados não significativos para o escopo desta RSL. A partir da leitura do título e resumo, 43 artigos foram selecionados para a leitura completa. Destes, 9 não possuíam acesso aberto nas bases consultadas, por isso foram descartados de imediato. Por fim, após a leitura completa, e devido ao seu conteúdo estar coerente com o propósito da pesquisa, 12 artigos foram incluídos, compondo a sumarização.

A temática da Indústria 4.0, em seu sentido mais amplo, é recente e as discussões relacionadas ao tema ainda estão em construção. A Saúde 4.0 emerge na literatura em 2015 e ainda é um termo pouco explorado, com inúmeros campos de pesquisa possíveis. A amostra de estudos incluídos, apesar de pequena, atende os critérios de inclusão, já que possui um foco específico na contextualização da temática e mapeamento de tecnologias.



A sumarização dos resultados (terceira etapa) consistiu no preenchimento de uma planilha eletrônica no *Microsoft Excel*, onde foram identificados: título, autores, ano de publicação, periódico, idioma, país dos autores, objetivo, método, principais conceitos e definições, princípios da Saúde 4.0, desafios, soluções e oportunidades, benefícios, tecnologias e características do ambiente físico. Essas informações estão descritas na seção 3.2.

2.2.2 Etapa 2: Levantamentos de campo

2.2.2.1 Questionário

Conforme Gil (2008, p. 121), o questionário pode ser definido “como a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações [...]”. Nesse sentido, considerando a

necessidade de identificação das tecnologias emergentes que mais impactam no planejamento arquitetônico dos hospitais, bem como, os setores hospitalares que são mais impactados, foi elaborado um questionário (Apêndice A).

Utilizando o aplicativo *Google Forms*, o questionário foi elaborado de modo que os participantes pudessem receber todas as informações necessárias para participar da pesquisa. Na primeira seção os participantes eram recepcionados e informados sobre os objetivos do estudo, a estrutura do questionário e o tempo estimado de resposta. Na segunda seção constavam os procedimentos éticos e legais e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que deveria ser aceito para prosseguimento. Na terceira seção estavam os dados sociodemográficos e perguntas que definiam os critérios de inclusão e exclusão. Na quarta seção foram alocadas as perguntas específicas sobre as tecnologias emergentes e, por fim, na quinta seção, o agradecimento e o contato de e-mail para outras informações. As perguntas foram divididas em abertas e de múltiplas escolhas, considerando suas peculiaridades, sendo todas de resposta obrigatória.

A elaboração do questionário partiu das informações levantadas por meio da RSL. As tecnologias emergentes responsáveis por impulsionar a Saúde 4.0 mapeadas na revisão foram expostas aos participantes de modo que estes pudessem selecionar as 5 que mais impactam, direta ou indiretamente, no planejamento arquitetônico dos hospitais. Para responder essa pergunta foi disponibilizado um glossário com a definição das tecnologias (Apêndice D), auxiliando os participantes em eventuais dúvidas ou desconhecimento. Em seguida, considerando estas tecnologias, apresentou-se uma lista de setores hospitalares selecionados a partir da RDC n.º 50, de 21 de fevereiro de 2002 (Brasil, 2002), solicitando que os participantes selecionassem os 3 setores que serão mais impactados em termos de planejamento arquitetônico. As demais perguntas, todas abertas, solicitaram: as principais mudanças que irão acontecer nas edificações hospitalares a partir da incorporação das tecnologias; exemplos práticos para ilustrar o impacto da incorporação de novas tecnologias no planejamento arquitetônico; perspectivas para os hospitais do futuro e; exemplos de hospitais, no Brasil ou exterior, que sejam uma referência muito importante na incorporação de novas tecnologias na área da saúde ou que materialize o que seriam tendências para o planejamento arquitetônico do hospital do futuro.

Como evidenciado na RSL, o conceito da Saúde 4.0 é relativamente recente e não é tão difundido, com isso procurou-se evitar a utilização explícita do termo evitando interpretações incorretas dos participantes. Para tanto, adotou-se uma linguagem fazendo referência a tecnologias emergentes em saúde.

Após a elaboração do questionário, visando identificar falhas na redação e eliminar potenciais problemas, foi realizada a aplicação do teste-piloto (pré-teste) com 3 participantes que representaram a diversidade da população-alvo, sendo um arquiteto e urbanista, um engenheiro biomédico e um médico. Para o teste-piloto, o questionário foi personalizado de forma que após cada pergunta os participantes convidados tivessem a disposição um espaço para *feedbacks* onde pudessem expor sugestões, assegurando a precisão do questionário e sua validação. A aplicação do teste-piloto ocorreu de forma *on-line* no período de 18 de maio a 05 de julho de 2023. Após a aplicação deste, o questionário foi adequado para sua versão final, adicionando duas perguntas abertas conforme sugestões propostas: um campo para comentários adicionais e um campo para demonstração de interesse em participar de outras etapas da pesquisa.

A população-alvo com abrangência nacional foi definida em arquitetos(as) e urbanistas, enfermeiros(as), engenheiros(as) biomédicos(as)/clínicos(as), engenheiros(as) civis, médicos(as), entre outros. Os seguintes critérios de inclusão foram definidos: (I) atuar direta ou indiretamente em alguma atividade relacionada ao setor de saúde, seja no desenvolvimento de projetos, assistência, atendimento, gestão, entre outros; (II) possuir minimamente conhecimentos básicos sobre tecnologias em saúde.

O recrutamento dos participantes foi realizado por amostras aleatórias simples, que consiste na seleção dos participantes aleatoriamente a partir da população-alvo determinada (Gil, 2002). A fim de atingir essa população-alvo foi realizado contato direto com os participantes por e-mail, *WhatsApp*, Instagram e LinkedIn, convidando-os a participar da pesquisa de forma voluntária, anônima e confidencial. A aplicação do questionário ocorreu de forma *on-line* no período de 6 de junho a 15 de julho de 2023.

2.2.2.2 Entrevistas

Conforme Gil (2008, p. 109), a entrevista pode ser definida “como a técnica em que o investigador se apresenta frente ao investigado e lhe formula perguntas, com o objetivo de obtenção dos dados que interessam à investigação”. Oferecem uma flexibilidade importante para o trabalho, pois o entrevistador pode repetir ou elucidar perguntas, formulá-las de modo diferenciado, explicitando definições, garantindo que está sendo compreendido. Oferece, principalmente, a oportunidade de obter dados que não se encontram em fontes físicas, embora, não menos relevantes para a pesquisa, além de possibilitar avaliar as atitudes do entrevistado, observando-o em relação ao que diz e como diz.

Nesse sentido, considerando a necessidade de aprofundamento nas questões levantadas mediante a aplicação do questionário, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com profissionais de arquitetura com relevante atuação nacional na área da saúde. Esse tipo de entrevista possui um roteiro pré-estabelecido, mas permite ao pesquisador desenvolver cada situação da forma que considerar adequada no decorrer da conversa informal, possibilitando explorar mais amplamente as questões (Marconi; Lakatos, 2003).

A elaboração do roteiro partiu das informações levantadas nas duas etapas anteriores: RSL e questionário. Inicialmente foram realizadas perguntas sociodemográficas para identificar o perfil dos participantes e posteriormente, seguiu-se com as perguntas específicas (todas abertas) que buscaram: compreender o processo de implementação da Saúde 4.0 no Brasil e seus principais desafios; tecnologias emergentes com maior potencial de impacto no projeto arquitetônico de edificações hospitalares; a adequação das estruturas físicas dos hospitais brasileiros para incorporar tecnologias emergentes; setores hospitalares que serão mais impactados em termos de planejamento arquitetônico; impacto das tecnologias no planejamento arquitetônico a médio e longo prazo; principais estratégias para projetos hospitalares com foco na tecnologia e inovação; perspectivas para os hospitais do futuro; exemplos de hospitais, no Brasil ou exterior, que sejam uma referência muito importante na incorporação de novas tecnologias na área da saúde ou que materialize o que seriam tendências para o planejamento arquitetônico do hospital do futuro; e o papel da RDC n.º 50 no contexto de avanços tecnológicos e transformações arquitetônicas constantes.

A seleção dos profissionais convidados para participar da pesquisa foi realizada respeitando os critérios de inclusão definidos: (I) ter relevante atuação nacional na área da saúde; (II) ter pelo menos 5 anos de experiência profissional. Nenhuma instituição foi envolvida diretamente. Os participantes possuíam conhecimentos técnicos e ampla experiência em suas áreas de atuação, podendo ser profissionais autônomos.

As entrevistas foram agendadas previamente com os entrevistados e realizadas por videoconferência nos meses de outubro e novembro de 2023, com duração média de 45 minutos, seguindo o roteiro elaborado (Apêndice B). Preliminarmente, os participantes assinaram o TCLE constando os procedimentos éticos e legais seguidos. As respostas foram gravadas em áudio e vídeo para posterior transcrição.

2.2.3 Etapa 3: Organização e análise dos dados

Para a etapa de organização e análise dos dados coletados, as respostas obtidas no questionário e nas entrevistas foram tratadas. O tratamento foi realizado por meio de análise de conteúdo associado a análises estatísticas descritivas.

Conforme Bardin, a análise de conteúdo é:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (Bardin, 2016, p. 48).

A análise de conteúdo se divide em três etapas: (I) pré-análise; (II) exploração do material e; (III) tratamento dos resultados, inferência e interpretação. A etapa de pré-análise refere-se à organização, transcrição dos documentos, definição do corpus de análise e elaboração de indicadores que fundamentam a interpretação final. A etapa de exploração do material consiste sistematicamente na codificação, decomposição ou enumeração, referindo-se às regras previamente definidas. Por fim, na etapa de tratamento dos resultados, inferência e interpretação, os resultados são tratados estatisticamente e posteriormente apresentados para análise. Nesta etapa

são realizadas inferências, ou seja, deduções lógicas a partir do que foi descrito (Bardin, 2016).

Entre as técnicas de análise, adota-se para este estudo a temática-categorial que consiste no desmembramento e posterior reagrupamento das unidades textuais. Essa análise prevê uma transformação dos dados brutos do corpus de respostas, por meio de recorte, agregação e enumeração, possibilitando obter uma representação do conteúdo capaz de fornecer informações claras sobre as características do texto (Bardin, 2016).

As análises estatísticas possibilitam a avaliação quantitativa de eventos e características da população-alvo. Nessa pesquisa utilizou-se a estatística descritiva que, em síntese, organiza os dados em termo de medidas descritivas, englobando técnicas como o cálculo de frequências, contagem e medidas de tendência central e dispersão, apresentadas em tabelas e gráficos (Sampaio; Lycarião, 2021).

2.2.4 Etapa 4: Tendências

Tendências são definidas como forças, fatores e padrões graduais de mudança com alto potencial de impacto no futuro. Surgem a partir de padrões desenvolvidos ao longo do tempo através de mudanças e inovações amplamente generalizáveis nos campos tecnológico, científico, sociocultural e econômico, por exemplo. Um aspecto importante, é que tendências não podem ser consideradas previsões exatas do futuro, mas sim projeções de direções prováveis de mudança (Saritas; Smith, 2011).

Para a saúde, e mais especificamente para a arquitetura hospitalar, Bross (2020) reflete sobre a necessidade do estudo de tendências e cenários que se apresentam no ambiente natural e social. O autor define:

Tendências são fatos ou acontecimentos pressentidos lenta ou repentinamente que se constituem em vetores de utilização inovadora ou de mudanças, gerando novas práticas ou alterando aquelas em curso. A apreciação estruturada de acontecimentos percebidos e atestados conduz mudanças inovadoras que incorporam novas práticas que novamente se alteram, motivadas por novos acontecimentos que exigem novas capacitações e novos recursos físicos, adequando os edifícios. O célere surgimento de novas técnicas e tecnologias em saúde atenua o conceito e torna possível a utopia, que em tempos não tão longínquos era considerado

algo impossível de acontecer, mas que hoje acontece (Bross, 2020, p. 190-191).

Nessa perspectiva, objetiva-se a sistematização dos dados coletados na etapa de levantamentos de campo, identificando padrões e sinais de mudança, para projetar tendências para a arquitetura hospitalar. Foram analisadas características que possam nortear as mudanças futuras, no que tange o planejamento arquitetônico de edificações hospitalares. Os dados qualitativos e quantitativos, analisados na etapa anterior, foram importantes para a identificação das características comuns entre as respostas obtidas e foram o instrumento norteador para a organização das tendências.

A definição dessas tendências foi baseada nos dados coletados e suplementados pela literatura. Buscou-se uma organização formal capaz de contribuir com recomendações que possam nortear o planejamento arquitetônico das novas edificações hospitalares, bem como a adaptação das já existentes.

2.3 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (CAAE 68514423.5.0000.0121), sendo aprovada sob o parecer n.º 6.073.893 (Anexo A). A estrutura do projeto seguiu as Resoluções n.º 466/2012 e n.º 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) do Ministério da Saúde (MS), que definem as diretrizes para o desenvolvimento de pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil.

Os participantes da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice C), concordando em participar de forma voluntária, anônima e confidencial.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura tem por finalidade proporcionar embasamento teórico para o desenvolvimento da pesquisa, estando alinhada com o estado da arte, nacional e internacional, em relação à temática. A seguir são apresentados os temas centrais do estudo.

3.1 PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DA SAÚDE E DOS HOSPITAIS

A história dos hospitais está intrinsecamente relacionada com a história da humanidade. Desde a antiguidade, as pessoas têm buscado maneiras de tratar e curar doenças e enfermidades e os hospitais se transformaram ao longo do tempo para atender a estas necessidades. O avanço da ciência, do conhecimento médico e das tecnologias ao longo dos séculos tornaram as edificações hospitalares sofisticadas e vitais para os cuidados de saúde (Fabiani, 2019; Lisboa, 2021).

Nesse sentido, é importante compreender o processo de transformação da saúde e dos hospitais, trazendo enfoque para as evoluções ocorridas a partir das revoluções industriais e o processo de transição da Saúde 1.0 para a Saúde 4.0.

3.1.1 Antecedentes

A ideia de cuidados e abrigo para as pessoas doentes é anterior à história da medicina e da possibilidade de tratamento médico. Templos, conventos e mosteiros foram as primeiras instituições a receber peregrinos e doentes e prover atenções especiais, que consistia em conforto espiritual aos corpos doloridos, pelos sacerdotes das ordens religiosas ou a exclusão do doente da sociedade (Antunes, 1989; Toledo, 2008). Estes locais usualmente prestavam assistência aos pobres e estavam associados à morte, já que recebiam pessoas com graves doenças para morrer com um mínimo de dignidade (Foucault, 1979; Góes, 2011). Além disso, na antiguidade várias civilizações tinham formas de tratamento médico distintas, como os romanos com seus hospitais militares, e a medicina chinesa e árabe, que por vezes era mais avançada do que as demais.

O hospital terapêutico, como conhecemos hoje, surgiu no século XVIII na Europa, tendo como marco determinante para a mudança da velha estrutura hospitalar, o grande incêndio do *Hôtel-Dieu*, em 1772 em Paris, na França (Foucault, 1979). A instituição era responsável pelo acolhimento de muitos pacientes, dessa forma, sua reconstrução ou substituição era urgente. Após debates foi decidido pela demolição dos escombros e construção de um novo hospital no local. Para tanto, uma comissão composta por nove membros foi estabelecida para avaliar projetos arquitetônicos adequados, visando encontrar uma solução definitiva para o hospital (Badalotti; Barbisan, 2015; Costeira, 2014).

“A consciência de que o hospital pode e deve ser um instrumento destinado a curar aparece claramente em torno de 1780 e é assinalada por uma nova prática: a visita e a observação sistemática e comparada dos hospitais” (Foucault, 1979, p. 99). Jacques Tenon, médico e relator na comissão, contratado pela Academia de Ciências da França, realizou uma abrangente pesquisa sobre os hospitais da Europa, redigindo importantes relatórios que subsidiaram princípios para a arquitetura hospitalar.

Em 1788 Tenon publicou na França cinco relatórios reunidos no livro *Mémoires Sur Les Hôpitaux de Paris* (Memórias sobre os hospitais de Paris), constituindo a mais completa obra sobre a organização hospitalar escrita no final do século XVIII. Levantando as condições físicas, funcionais e operacionais dos hospitais, Tenon percebeu a precariedade das instalações e as altas taxas de mortalidade, propondo com isso, uma série de normas para a organização interna do hospital, buscando assegurar um ambiente livre de contágio e estabelecendo assim, diretrizes para um novo modelo hospitalar – terapêutico – que sucedeu uma instituição que, até então, não tinha por foco tratar seus pacientes. Com o surgimento do hospital terapêutico assume-se a função de curar, exigindo grandes transformações nas práticas médicas e na própria edificação hospitalar (Toledo, 2008).

A organização pavilhonar do espaço hospitalar surge a partir disso. Esta configuração espacial permitia a ventilação cruzada, garantindo a adequada circulação do ar, além de melhores condições de iluminação natural, questões que colaboraram para a recuperação dos pacientes. “Tenon acreditava ter resolvido o que era considerado o maior produtor da insalubridade nos hospitais: a estagnação do ar e a umidade” (Costeira, 2014, p. 58).

Nesse contexto histórico também é relevante destacar as preocupações sanitárias, fruto dos estudos do cientista Louis Pasteur e da enfermeira Florence Nightingale. Pasteur foi responsável pela descoberta da transmissão de germes em 1860, onde evidencia o papel das bactérias como agente de enfermidades e a necessidade de combater o contágio e a transmissão de doenças. Surge assim os princípios de isolamento e separação dos pacientes em pavilhões específicos, bem como os primeiros conceitos de esterilização dos instrumentos médicos (Badalotti; Barbisan, 2015).

Florence Nightingale atuou na Guerra da Criméia (1853-1856) de onde, a partir de suas experiências, desenvolveu as bases para a construção de enfermarias com princípios de ventilação, iluminação, distribuição de pacientes e higiene. Florence questionava a “Teoria dos Miasmas”, sugerindo que os defeitos dos hospitais existentes estavam associados à falta de iluminação e ventilação naturais, áreas mínimas por leito e superlotação. Conforme descrito por Miquelin:

A partir das observações sobre o sistema pavilhonar ela estabeleceu as bases e dimensões do que ficou posteriormente conhecida como “enfermaria Nightingale”. Era basicamente um salão longo e estreito com os leitos dispostos perpendicularmente em relação às paredes perimetrais; um pé direito generoso, e janelas altas entre um leito e outro de ambos os lados do salão garantiam ventilação cruzada e iluminação natural. As instalações sanitárias ficavam numa das extremidades com ventilação em três faces do bloco. Locais para isolamento do paciente terminal, escritório da enfermeira chefe, utilidades, copa e depósito ocupavam o espaço intermediário entre o salão e o corredor de ligação com outros pavilhões. Um posto de enfermagem é implantado no centro do salão (Miquelin, 1992, p. 47-48).

“A “enfermaria Nightingale” constitui-se no elemento mais importante e característico da anatomia do hospital no fim do século XIX” (Miquelin, 1992, p. 48) e estabeleceu um novo modelo de espaço para internação de enfermos adotado na implantação de hospitais durante muitos anos. Esse modelo pavilhonar tornou-se uma referência para a arquitetura hospitalar até as primeiras décadas do século XX (Costeira, 2014). Ele também deu origem ao hospital moderno que “foi considerado espaço ideal para provimento de serviços gerais de saúde à população [...] A especialização da medicina dividiu as doenças em diferentes categorias, e separou os enfermos de acordo com esta classificação” (Antunes, 1989, p. 228).

O hospital tecnológico tem suas origens remontando ao final do século XIX e início do século XX, com o declínio do hospital pavilhonar e ascensão do hospital

monobloco vertical, possibilitado pela maior compreensão das formas de transmissão das doenças evidenciadas pelas teorias bacterianas. Esse modelo hospitalar foi condicionado pelo crescimento acelerado das cidades, forte elevação no valor da terra urbana, construção em terrenos menores e eliminação de longas circulações horizontais (típicas no hospital pavilhonar) (Toledo, 2008).

Costeira complementa que,

A partir daí, até o século XX, as instituições hospitalares sofreram grande incorporação de tecnologia em seus espaços, exigindo no seu planejamento uma acuidade cada vez maior, com instalações, infraestrutura predial sofisticada e, a sempre crescente preocupação em setorizar espaços, separar pacientes com diversas patologias e estabelecer um rígido controle de fluxos e circulações para o desenvolvimento das atividades médicas. [...] O modelo de hospital monobloco pode ser visto como um símbolo do triunfo da medicina, pois sua forma enérgica remete aos avanços da pesquisa médica. Esta tipologia modela diversas estruturas hospitalares do século XX e evolui para uma conformação de justaposição de blocos posicionados sobre uma base maior, composta de pavimentos técnicos (Costeira, 2014, p. 59).

O hospital tecnológico tem a tecnologia incorporada tanto nos procedimentos como no próprio edifício hospitalar, desde a utilização de equipamentos, materiais, infraestrutura predial e processos construtivos de ponta. “A compactação e a verticalização do edifício hospitalar permitiram uma maior racionalização das redes de infraestrutura, reduzindo a extensão das tubulações e, conseqüentemente, os custos de implantação e manutenção” (Toledo, 2008, p. 99). Toledo ainda reflete que nas práticas médicas esses hospitais “se caracterizavam pelo uso intensivo de equipamentos de apoio ao diagnóstico e ao tratamento que demandavam a presença, cada vez maior, de especialistas em detrimento da presença do médico generalista” (Toledo, 2008, p. 102).

Desde o século XIX, as unidades de apoio diagnóstico, por exemplo, “[...] vem crescendo de forma acelerada para atender à incorporação das novas tecnologias de diagnóstico por imagem, métodos gráficos e laboratoriais” (Toledo, 2008, p. 105). Surgem novos setores como, por exemplo, a Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) e aumenta também a complexidade da configuração espacial de setores já existentes para atender as novas formas de tratamento.

As edificações hospitalares passaram ao longo dos séculos por uma evolução, tanto arquitetônica, quanto assistencial, remodelando a estrutura de separação e exclusão para uma estrutura de diagnóstico e cura. Chega-se ao século

XXI como um edifício complexo, abrigando múltiplas especialidades médicas e alta tecnologia, tendo como preocupação central a recuperação da saúde das pessoas, pautando-se em uma arquitetura humanizada, sensível e centrada no ser humano (Badalotti; Barbisan, 2015). A própria saúde vem mudando nos últimos anos, estando mais voltada para os processos de prevenção do que propriamente a cura. Essa tendência desmistifica a ideia dos hospitais como “máquinas de curar”, tornando-os espaços promotores de qualidade de vida.

3.1.2 Revoluções industriais e as cinco ondas de saúde

O desenvolvimento tecnológico da saúde teve seu ponto de inflexão marcado pela revolução industrial, quando surgiram novas tecnologias em todas as áreas do conhecimento. Nesse período, os avanços científicos possibilitaram o advento de máquinas e equipamentos que reduziram ou substituíram a necessidade de força física humana (Oliveira, 2014).

Conforme Schwab (2016, p. 15), “em nossa história, as revoluções têm ocorrido quando novas tecnologias e novas formas de perceber o mundo desencadeiam uma alteração profunda nas estruturas sociais e nos sistemas econômicos”. Nos últimos 250 anos, quatro revoluções industriais mudaram o mundo e transformaram a sociedade (Schwab; Davis, 2018), provocando também melhorias na saúde. Cada fase de melhoria pode ser conceituada metaforicamente como uma “onda de saúde”, sendo 5 no total, conforme sugerido por Hanlon *et al.* (2011) e adotado nesta pesquisa.

A Primeira Revolução Industrial, ou Indústria 1.0, começou no século XVIII, mais precisamente em 1760, na Inglaterra, com a construção de ferrovias e a invenção da máquina a vapor para ser utilizada nas produções têxteis. Essa revolução caracterizou uma grande mudança no cenário industrial. A produção, até então artesanal, passou a ser alocada em galpões, com turnos de trabalho extremamente exaustivos. Com isso, surgem as primeiras indústrias substituindo as manufaturas, dando início à produção mecânica em série, gerando um novo modelo econômico que permitiu que a produção aumentasse consideravelmente (Almeida, 2019; Schwab, 2016; Stevan Jr; Leme; Santos, 2018).

No contexto da saúde, a primeira onda (1830-1900) de esforços estava em responder às profundas demandas sociais causadas pela revolução industrial: superlotação, falta de água potável ou saneamento básico, má nutrição, ambiente degradado, altos níveis de consumo de álcool e criminalidade. Grandes obras públicas estiveram associadas a este período, além do provimento de melhorias nas condições de moradia, vida e trabalho. “A nova infraestrutura de saúde pública, portanto, cresceu em torno de novas estruturas de governança: o desenvolvimento de autoridades municipais, serviços de emergência embrionários e um setor emergente de voluntariado e caridade” (Hanlon *et al.*, 2011, p. 31). Além disso, inicia-se a aplicação precoce da ciência e os questionamentos e a desconstrução da Teoria dos Miasmas.

A Segunda Revolução Industrial, ou Indústria 2.0, iniciou na segunda metade do século XIX (1870) e foi caracterizada pelo advento da eletricidade e da linha de montagem, possibilitando a produção em massa. As indústrias química, elétrica, petroleira e de aço evoluíram significativamente. A produção em massa desenvolveu o conceito de produção em escala, reduzindo custos e popularizando os produtos que passaram a ser acessíveis para a classe trabalhadora (Almeida, 2019; Schwab, 2016; Stevan Jr; Leme; Santos, 2018).

A segunda onda de saúde (1890-1950) viu o surgimento da medicina como ciência e dos serviços de emergência modernos. Os avanços no conhecimento científico sugeriram novas abordagens. A Teoria dos Miasmas, por exemplo, já havia sido desconstruída e o entendimento de que doenças eram transmitidas por germes passou a ser adotada (Hanlon *et al.*, 2011).

Após esse período chega-se a era da automação. A Terceira Revolução Industrial, ou Indústria 3.0, também ficou conhecida como revolução digital ou do computador. Teve seu início em meados do século XX (1969), impulsionada pelo desenvolvimento dos semicondutores, da computação e da internet. Houve um significativo aumento na capacidade de armazenamento, processamento e transmissão digital, permitindo processos mais rápidos, flexíveis e eficientes para produzir com alta qualidade e custos reduzidos (Schwab, 2016; Schwab; Davis, 2018; Stevan Jr; Leme; Santos, 2018) “O impacto disso foram a elevação da qualidade dos produtos, o aumento da produção, a gestão dos custos e a elevação da segurança da produção” (Almeida, 2019, p. 23).

A terceira onda de saúde (1940-1980) envolveu o redesenho das instituições sociais dando origem ao estado de bem-estar. Foram estabelecidos os serviços de saúde, segurança social, habitação social e educação universal, acerca de um entendimento de que a saúde era resultado das condições da vida cotidiana. A quarta onda de saúde (1960-2000) veio em seguida, reforçando os resultados das três predecessoras. “No cerne das três primeiras ondas estava a ideia de que moradia, educação e saúde melhoradas, distribuídas de forma justa por um governo justo, ajudariam a curar os males da sociedade” (Hanlon *et al.*, 2011, p. 31). No entanto, a saúde pública enfrentou desafios complexos devido à transição para a sociedade pós-industrial. Esforços foram despendidos para combater fatores de risco de doenças: questões como dieta, exercícios, tabaco, álcool e consumo de drogas ilícitas. Surge também o pensamento sistêmico influenciando as práticas de saúde (Hanlon *et al.*, 2011).

O século XXI é marcado pela Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, que surgiu em 2011 durante a Feira de Hannover na Alemanha para descrever o desenvolvimento de alta tecnologia associada à manufatura do país (Schwab, 2016). Inicialmente tratava-se de um programa institucional de atualização tecnológica, “com o objetivo de aumentar a competitividade da indústria alemã e modernizar a já desenvolvida indústria local” (Almeida, 2019, p. 23). No entanto, a Indústria 4.0 se expandiu e se consolidou como “um sistema de produção com máquinas e equipamentos inteligentes e integrados para gerar maior eficiência, desempenho, conforto e segurança” (Stevan Jr; Leme; Santos, 2018, p. 139).

Schwab estabelece três razões que sustentam a ocorrência desta quarta – e distinta – revolução:

Velocidade: ao contrário das revoluções industriais anteriores, esta evolui em um ritmo exponencial e não linear. Esse é o resultado do mundo multifacetado e profundamente interconectado em que vivemos; além disso, as novas tecnologias geram outras mais novas e cada vez mais qualificadas.

Amplitude e profundidade: ela tem a revolução digital como base e combina várias tecnologias, levando a mudanças de paradigma sem precedentes da economia, dos negócios, da sociedade e dos indivíduos. A revolução não está modificando apenas o “o que” e o “como” fazemos as coisas, mas também “quem” somos.

Impacto sistêmico: ela envolve a transformação de sistemas inteiros entre países e dentro deles, em empresas, indústrias e em toda sociedade (Schwab, 2016, p. 12-13).

Schwab ainda complementa que a Quarta Revolução Industrial:

[...] não diz respeito apenas a sistemas e máquinas inteligentes e conectadas. Seu escopo é muito mais amplo. Ondas de novas descobertas ocorrem simultaneamente em áreas que vão desde o sequenciamento genético até a nanotecnologia, das energias renováveis à computação quântica. O que torna a quarta revolução industrial fundamentalmente diferente das anteriores é a fusão dessas tecnologias e a interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos (Schwab, 2016, p. 16).

Ainda em estágio inicial, essa revolução promete transformar a sociedade, remodelando o futuro e o modo como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos (Schwab; Davis, 2018). O grande desafio, no entanto, “[...] é otimizar a convergência das tecnologias para melhorar a produtividade, a qualidade dos produtos, barateá-los, além de produzir de forma sustentável e sem desperdícios” (Stevan Jr; Leme; Santos, 2018, p. 34).

A quinta onda de saúde surge como uma resposta às necessidades contemporâneas, com base em ideias emergentes na ciência e na sociedade. A saúde pública está diante de sistemas adaptativos complexos que são imprevisivelmente sensíveis às pequenas mudanças. A medicina preventiva passa a integrar todo o ecossistema e o foco volta-se para o bem-estar, equilíbrio e integração (Hanlon *et al.*, 2011).

Em uma perspectiva histórica, saímos de uma sociedade industrial, no fim do século XIX, focada no acesso aos bens produzidos, para uma sociedade pós-industrial do século XX, focada no acesso a serviços prestados. Atualmente, no século XXI, estamos na sociedade da informação, pautada no acesso às informações geradas (Macedo; Martins; Tourinho, 2022). A Figura 4 apresenta uma síntese das principais transformações possibilitadas pelas revoluções industriais e fornece um resumo das cinco ondas de saúde.

Alguns autores contextualizam o cenário atual em que se encontra a sociedade. Schwab (2016, p. 12) reflete que “há uma mudança de paradigma em curso no modo como trabalhamos e nos comunicamos, bem como nas maneiras de nos expressarmos, nos informarmos e nos divertirmos”. Czymmerck (2020, p. 7) usa a palavra disruptivo “para descrever a intensidade do impacto que tais mudanças produzirão nas sociedades, significando tecnologias e potenciais inovadores, perfeitamente capazes de promover rupturas com procedimentos bem estabelecidos

na atualidade”. Schwab e Davis ainda complementam que as tecnologias emergentes “transformarão, ao longo do tempo, todos os sistemas que hoje aceitamos como certos – desde o modo como produzimos e transportamos bens e serviços até a forma como nos comunicamos, colaboramos e desfrutamos do mundo que nos rodeia” (Schwab; Davis, 2018, p. 22).

Figura 4 – Revoluções industriais e as cinco ondas de saúde.



Fonte: Adaptado de Stevan Jr, Leme e Santos (2018) e Hanlon *et al.* (2011).

Também está em andamento a reformulação de governos e instituições. Os sistemas de educação, saúde, transporte, por exemplo, estão se transformando. O setor de saúde, especificamente, vê o desafio de incorporar avanços simultâneos em tecnologias físicas, digitais e biológicas (Schwab, 2016).

Nessa perspectiva, a adaptação dos princípios da Indústria 4.0 para o setor de saúde criou o que é hoje conhecido como Saúde 4.0. O termo originou-se a partir da Quarta Revolução Industrial, no entanto, os estágios de Saúde 1.0, 2.0 e 3.0 evoluíram de forma diferente dos sistemas industriais (Al-Jaroodi; Mohamed; Abukhousa, 2020), como veremos a seguir.

3.1.3 Transição da Saúde 1.0 para a Saúde 4.0

O século XX foi responsável por mudanças profundas na concepção do edifício hospitalar, impulsionadas pelos avanços da própria medicina, especialmente a partir da década de 1950, quando os tratamentos se tornaram mais sofisticados, com o surgimento de tecnologias avançadas e equipamentos de reanimação, fazendo com que os pacientes passassem a recorrer com mais frequência aos hospitais. Essa transformação engloba a descoberta de novos medicamentos, a evolução das cirurgias, exames de imagem e análises clínicas, entre outros aspectos (Fabiani, 2019).

A década de 1950 foi marcada por reviravoltas na história da medicina (Fabiani, 2019) e é neste contexto histórico que se insere a transição dos sistemas de saúde. Percebe-se na literatura a inexistência de um consenso entre os autores acerca dos períodos em que ocorrem os quatro estágios de evolução da saúde. No entanto, alguns estudos apresentam com mais propriedade os conceitos que levaram a essa evolução, datando períodos prováveis para estes eventos.

Entre 1970 e 1990 tem-se o surgimento dos sistemas modulares de Tecnologia da Informação (TI), período chamado de Saúde 1.0 (Chanchaichujit *et al.*, 2019). Os esforços eram preliminares e os recursos limitados (Kumari *et al.*, 2018, p. 2), no entanto, sua ênfase esteve “no aumento da eficiência dos serviços e na minimização da burocracia” (Gupta; Singh, 2022, p. 5).

A característica desse estágio é a interação médico-paciente. O paciente visita à clínica e encontra o médico (ou equipe assistencial), que realiza consultas, exames e diagnósticos com o uso mínimo de tecnologias, prescrevendo medicamentos, planos de cuidados para o tratamento da doença e planos de acompanhamento (Li; Carayon, 2021; Sony; Antony; Mcdermott, 2022). Também é

reconhecida pela primeira vez a importância dos registros médicos do paciente (ainda em papel) (Ahmad *et al.*, 2022).

A Saúde 1.0 possuía muitos inconvenientes e estava longe de ser um sistema ideal, devido a aspectos como: o alto custo de tratamento, a falta de especialistas qualificados, as informações ilegíveis e dispersas. Entretanto, contribuiu significativamente para o desenvolvimento geral da infraestrutura de saúde (Ahmad *et al.*, 2022).

Ao longo da década de 1990, a maioria dos sistemas de TI começaram a operar em rede e os registros de saúde começaram a integrar imagens clínicas que ampliaram as perspectivas médicas, dando início à Saúde 2.0 (Chanchaichujit *et al.*, 2019). O objetivo desse estágio foi “aumentar a eficiência e a troca de dados. O compartilhamento de informações foi centrado não apenas dentro de uma instituição, mas também dentro de um grupo de organizações de saúde relacionadas” (Gupta; Singh, 2022, p. 5). Além disso, os pacientes poderiam participar ativamente do sistema, recebendo qualquer informação. “A prestação de serviços médicos ocorre sob demanda. Ou seja, o tratamento é uma reação aos desejos do paciente” (Ahmad *et al.*, 2022, p. 5).

Esse estágio ficou caracterizado pelo desenvolvimento tecnológico utilizado para diagnóstico, tratamento e monitoramento. Equipamentos de imagem (tomografia computadorizada, ressonância magnética, ultrassom, etc.), dispositivos de monitoramento (oxímetro de pulso, linhas arteriais, etc.) e equipamentos cirúrgicos e de suporte à vida (robôs cirúrgicos, microscópios, tubos torácicos, ventiladores, etc.) são cada vez mais incorporados aos sistemas de saúde (Li; Carayon, 2021; Sony; Antony; Mcdermott, 2022).

A partir do ano 2000 ocorre o desenvolvimento da genômica e a criação dos dispositivos vestíveis e implantáveis. “A integração de todos os dados resultantes, juntamente com os registros eletrônicos de pacientes em rede” (Chanchaichujit *et al.*, 2019, p. 9) marca o início da Saúde 3.0, “um paradigma em que Saúde 1.0 e Saúde 2.0 são conceitos válidos, mas incompletos” (Ahmad *et al.*, 2022, p. 8).

Esse sistema tenta integrar três importantes dimensões da saúde: qualidade, preço e experiência do paciente, criando um modelo centrado nos serviços prestados (Ahmad *et al.*, 2022). “A principal ideologia [...] é reduzir a carga administrativa, aumentar a interação entre o paciente e o médico por meio de dispositivos móveis e

instrumentos virtuais, aproveitando ao máximo a experiência e as capacidades dos médicos” (Ahmad *et al.*, 2022, p. 8). “A Saúde 3.0 enfatizou cuidados proativos e pode garantir tratamento preventivo antes do início de uma doença ou sintomas de doença” (Gupta; Singh, 2022, p. 5).

O desenvolvimento dos sistemas de informação e de processamento de dados, associados aos Registros Eletrônicos de Saúde (EHR) ou Registros Médicos Eletrônicos (EMR) foi uma das principais características. Nesta fase todo o sistema de saúde foi digitalizado com registros sendo realizados, gerenciados e transmitidos por meios eletrônicos (Sony; Antony; Mcdermott, 2022). Tornou-se possível a telessaúde, substituindo alguns encontros presenciais e otimizando o atendimento (Li; Carayon, 2021).

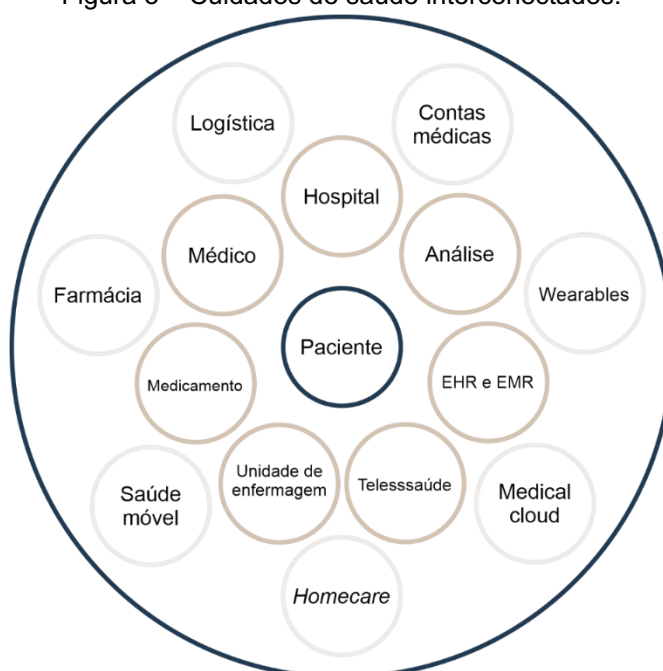
O atual estágio de evolução é a Saúde 4.0, que remonta a 2015, com a intenção de aplicar os princípios da Indústria 4.0 nos sistemas de saúde. Trata-se também de um estágio que evolui a partir dos três anteriores, absorvendo aspectos tecnológicos positivos. A principal característica é a inteligência integrando tecnologias atuais e futuras, com foco no uso de tecnologias de ponta, que possibilitam a prestação de cuidados interconectados e uma abordagem efetivamente centrada no paciente (Ahmad *et al.*, 2022; Gupta; Singh, 2022; Sony; Antony; Mcdermott, 2022).

A Saúde 4.0 implica na organização de uma nova estrutura para além do modelo tradicional existente (Ahmad *et al.*, 2022). Todas as informações da jornada do paciente precisam estar integradas e compartilhadas com segurança para possibilitar melhores práticas de prestação de cuidados, ou seja, as informações disponíveis em cada organização de saúde precisam ser acessíveis por todas as outras, mantendo um fluxo de informações entre todas as partes interessadas envolvidas (Li; Carayon, 2021). A Figura 5 exemplifica a interconectividade da Saúde 4.0, onde os pacientes são o centro de toda a rede assistencial. Conforme Li e Carayon (2021, p. 176), “os pacientes devem ser a característica central do sistema de saúde inteligente e interconectado e apoiados por todos os outros elementos, interações e atividades do sistema”.

Nesse sistema, ocorre uma conexão global entre organizações, instalações de saúde, equipamentos, dispositivos, bem como a casa e as comunidades dos pacientes. Todas as informações relacionadas ao paciente podem ser compartilhadas e as tecnologias associadas podem contribuir para tratamentos proativos, “previsão e

prevenção de doenças, medicina personalizada e atendimento aprimorado centrado no paciente” (Li; Carayon, 2021, p. 173). O foco está na colaboração, coerência e convergência que deve tornar os cuidados à saúde personalizados, melhorar a qualidade e disponibilidades dos serviços através do uso de tecnologia, virtualizar a atenção a saúde ou o atendimento e fornecer acesso remoto a todos os tipos de serviços (Ahmad *et al.*, 2022; Chanchaichujit *et al.*, 2019).

Figura 5 – Cuidados de saúde interconectados.



Fonte: Adaptado de Li e Carayon (2021).

A partir dessa perspectiva conceitual, apresenta-se no Quadro 3 uma síntese das características de cada um dos quatro estágios de evolução da saúde.

Quadro 3 – Características dos estágios de evolução da saúde.

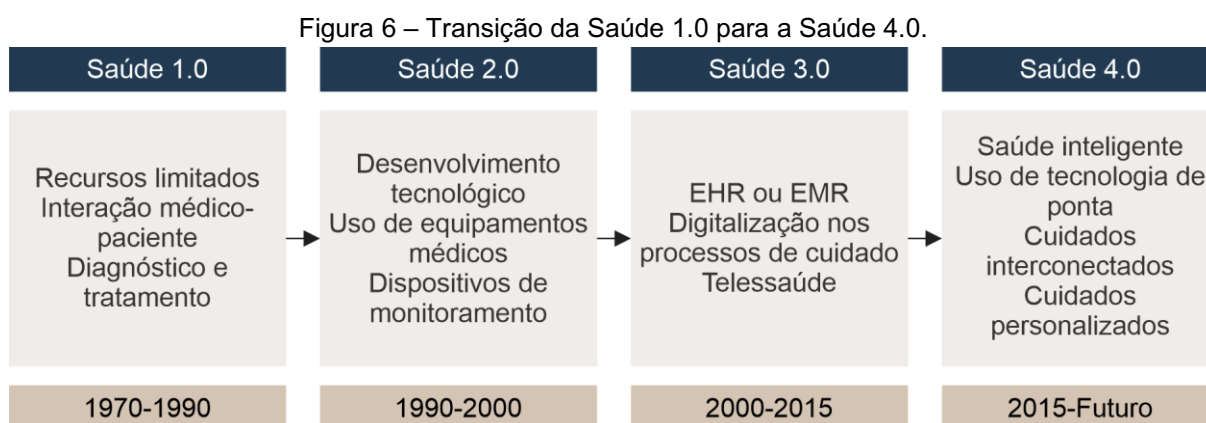
	Saúde 1.0	Saúde 2.0	Saúde 3.0	Saúde 4.0
Principal objetivo	Melhorar a eficiência e reduzir papéis	Melhoria dos dados compartilhados e produtividade	Fornecer soluções centradas no paciente	Fornecer rastreamento em tempo real e soluções como resposta
Foco	Automação simples	Conectividade com outras organizações	Interatividade com pacientes	Monitoramento integrado em tempo real, diagnósticos com suporte a IA

Compartilhamento de informações	Dentro de uma organização	Dentro de um grupo de provedores de saúde	Dentro de um país	Cadeia global de suprimentos de saúde
Principais tecnologias usadas	Sistema de gerenciamento de informações laboratoriais e sistemas administrativos	EDI e computação em nuvem com mensagens HL7 para intercâmbio de dados	Registros Eletrônicos Médicos, <i>big data</i> , dispositivos vestíveis e sistemas de otimização	IoT, <i>blockchain</i> , IA, <i>data analytics</i>
Limitações	Sistemas autônomos com funcionalidade limitada	Compartilhamento de informações críticas sem interação com pacientes	Diferentes padrões utilizados dentro da comunidade com interoperabilidade limitada	Tecnologias novas e não testadas com preocupações sobre privacidade de dados

Fonte: Adaptado de Chanchaichujit *et al.* (2019).

Ao longo desse processo de evolução da saúde, percebe-se a transformação na prestação de cuidados de saúde, que passou de uma simples medicação para um tratamento de doenças mais complexo e inteligente. O atendimento ao paciente passa a ser realizado por uma equipe assistencial completa e múltiplas organizações de saúde. Além disso, uma gigantesca quantidade de dados com dimensões, qualidade, formatos e características, fornece suporte assistencial apoiado por soluções de Inteligência Artificial (IA) (Li; Carayon, 2021).

Na Figura 6 é representado esquematicamente a transição da Saúde 1.0 para a Saúde 4.0.



Fonte: Adaptado de Li e Carayon (2021); Sony, Gupta e Singh (2022).

O avanço do conhecimento médico e da tecnologia desenvolveu toda a cadeia. No entanto, nem todos os sistemas de saúde globais estão no estágio 4.0. Muitos ainda se encontram nos estágios de Saúde 2.0 e 3.0 ou em processo de transição de um para o outro. Muitos fatores estão envolvidos na implementação da Saúde 4.0 e as características de cada país, região e organização influenciam diretamente nesse processo. Enquanto algumas instituições despontam tecnologicamente com o que há de mais avançado no mundo em termos tecnológicos, outras ainda estão vivenciando em seus cotidianos o modelo tradicional de saúde, o que é muito perceptível no contexto brasileiro.

3.2 SAÚDE 4.0: APROFUNDANDO O CONCEITO⁸

O conceito da Saúde 4.0 é relativamente recente e encontra-se em desenvolvimento, refletindo uma mudança de paradigma nos sistemas de saúde. Sua origem está diretamente vinculada ao surgimento da Indústria 4.0 em 2011 (Bause *et al.*, 2019; Lhotska, 2020; Sony; Antony; Mcdermott, 2022).

Esse conceito é descrito na literatura como sendo a aplicação dos princípios e tecnologias da Indústria 4.0 no setor de saúde. Sua finalidade é conectar, automatizar e autonomizar os serviços, melhorando e promovendo a personalização dos cuidados de saúde, facilitando a transição de organizações centradas no hospital para organizações centradas no paciente, através de tecnologias interconectadas que permitem estruturas terapêuticas e processos de suporte mais eficientes, eficazes, acessíveis, aprimorados e personalizados (Al-Jaroodi *et al.*, 2022; Al-Jaroodi; Mohamed; Abukhousa, 2020; Bause *et al.*, 2019; Lopes *et al.*, 2019; Macedo; Martins; Tourinho, 2022; Rosa *et al.*, 2021; Tortorella *et al.*, 2020; Tortorella *et al.*, 2022).

A infraestrutura 4.0 não apenas aprimorará a inteligência e a disponibilidade dos sistemas de saúde, mas também estabelecerá a base necessária para a expansão rápida e eficiente de suas capacidades (Al-Jaroodi *et al.*, 2022).

Os sistemas de saúde possuem algumas semelhanças com a indústria, ao mesmo tempo, em que apresentam notáveis diferenças, considerando que a interação

⁸ Esse tópico é resultado da RSL.

humano-humano é predominante na saúde, enquanto na indústria prevalece a interação homem-máquina e/ou máquina-máquina (Lhotska, 2020).

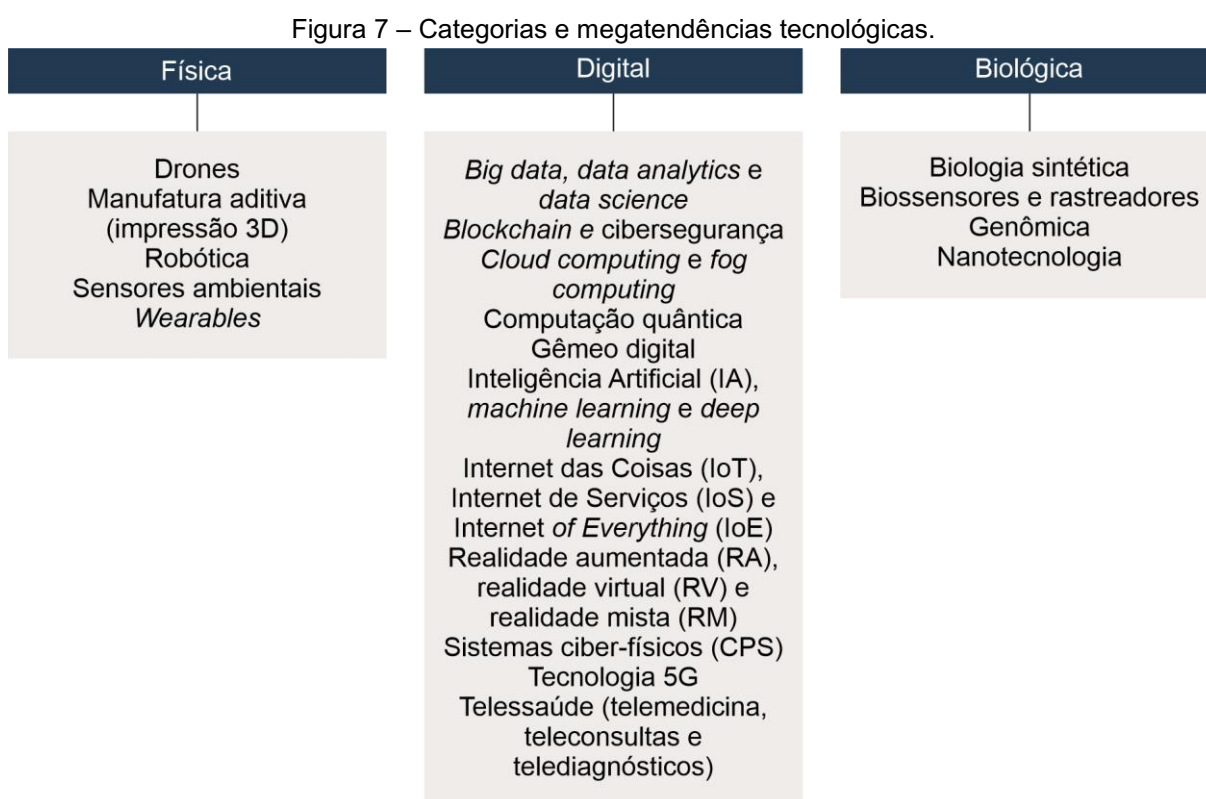
O rápido avanço tecnológico, que inevitavelmente resulta em um aumento na produtividade, está impactando o número e a natureza dos empregos. As previsões sobre a redução dos empregos atuais devido à automação variam de 9% a 47%. No entanto, em contraste com essas previsões, o setor de saúde dos Estados Unidos evidencia um aumento no emprego nos últimos anos, alcançando níveis recordes em 2017. Esse argumento sobre o emprego na área da saúde fortalece a ideia de que não é possível prever com precisão os impactos das inovações tecnológicas. A saúde é considerada um dos setores com maiores expectativas de impactos positivos provenientes da Revolução 4.0 (Lopes *et al.*, 2019).

No atual cenário, as tecnologias emergentes prometem introduzir novas aplicações e aprimorar as atuais, voltadas para exames, diagnósticos, terapias e cirurgias (Bause *et al.*, 2019). Assim como na Indústria 4.0, não há um consenso claro sobre o conjunto de tecnologias que compõem a Saúde 4.0, no entanto, a literatura lista de forma recorrente algumas que têm potencial de aprimoramento dos processos e tratamentos hospitalares (Tortorella *et al.*, 2020).

Desta forma, foram mapeadas as tecnologias emergentes responsáveis por impulsionar a Saúde 4.0, sendo elas: *big data*, *data analytics* e *data science*; biologia sintética; biossensores e rastreadores; *blockchain* e cibersegurança; *cloud computing* e *fog computing*; computação quântica; drones; gêmeo digital; genômica; Inteligência Artificial (IA), *machine learning* e *deep learning*; Internet das Coisas (IoT), Internet de Serviços (IoS) e Internet of Everything (IoE); manufatura aditiva (impressão 3D); nanotecnologia; realidade aumentada (RA), realidade virtual (RV) e realidade mista (RM); robótica; sensores ambientais; sistemas ciber-físicos (CPS); tecnologia 5G; telessaúde (telemedicina, teleconsultas e telediagnósticos); *wearables* (Al-Jaroodi *et al.*, 2022; Al-Jaroodi; Mohamed; Abukhousa, 2020; Bause *et al.*, 2019; Gupta; Singh, 2022; Lhotska, 2020; Lopes *et al.*, 2019; Macedo; Martins; Tourinho, 2022; Mohamed; Al-Jaroodi, 2019; Rosa *et al.*, 2021; Sony; Antony; Mcdermott, 2022; Tortorella *et al.*, 2020; Tortorella *et al.*, 2022). Algumas dessas tecnologias foram agrupadas por possuírem uma interdependência e similaridade conceitual. A definição das tecnologias mapeadas pode ser consultada no Apêndice D. Não se pretende apresentar um estudo aprofundado sobre conceito, histórico, funcionalidade e

aplicabilidade de tais tecnologias, já que muitas delas estão diretamente relacionadas às áreas TI, ciência da computação e afins.

Schwab (2016) propôs três categorias para organizar as megatendências tecnológicas: física, digital e biológica. A categoria física se caracteriza por tecnologias mais tangíveis, a digital engloba plataformas e tecnologias conectadas e a biológica se concentra propriamente no campo da biologia e, mais particularmente, na genética. Com isso, as tecnologias mapeadas foram organizadas dentro das categorias propostas, conforme representado na Figura 7.



Fonte: O autor (2023).

Tortorella *et al.* (2020) explica que algumas tecnologias podem apresentar níveis de incorporação mais baixos do que outras e que esse fator está associado aos diferentes níveis de maturidade⁹ em hospitais.

⁹ O termo maturidade refere-se ao estado de desenvolvimento e adoção de tecnologias e processos de gestão, podendo ser avaliado qualitativa ou quantitativamente através de modelos de maturidade, utilizados para conceituar e medir o estado tecnológico atual e futuro da organização. Em geral, estes modelos incluem cinco níveis, onde o nível 1 descreve uma completa falta de atributos que suportam os conceitos da Indústria 4.0 e o nível 5 representa o estado da arte dos atributos necessários (Schumacher; Erol; Sihm, 2016).

A Indústria 4.0 está fundamentada em seis princípios que são igualmente aplicáveis à Saúde 4.0, proporcionando uma base sólida com os principais requisitos para implementação do conceito (Mohamed; Al-Jaroodi, 2019). No Quadro 4 são apresentados esses princípios e suas definições.

Quadro 4 – Princípios da Saúde 4.0.

Princípio	Definição
Interoperabilidade	Capacidade de diferentes dispositivos ou sistemas médicos se conectarem e se comunicarem por meio de uma rede bem estabelecida.
Virtualização	Capacidade de criar cópias virtuais/digitais de diferentes dispositivos, sistemas e processos de saúde.
Descentralização	Capacidade dos sistemas de saúde de se controlarem e tomarem decisões adequadas para a continuidade de suas operações.
Capacidade em tempo real	Capacidade de coletar e analisar dados de saúde imediatamente para que decisões corretas possam ser tomadas.
Orientado a serviços	Capacidade de criar serviços de software para interagir com dispositivos e sistemas médicos, reduzindo a dependência de humanos para tarefas mundanas e repetitivas.
Modularidade	Capacidade de melhorar os módulos individuais para atender a novos requisitos em processos de saúde existentes ou construir novos.

Fonte: Adaptado de Al-Jaroodi *et al.* (2022); Al-Jaroodi; Mohamed; Abukhousa (2020); Macedo; Martins; Tourinho (2022); Mohamed; Al-Jaroodi (2019); Tortorella *et al.* (2020).

Muitos desafios desaceleram a adoção das tecnologias, tornam o processo complexo, caro e, por vezes, impraticável, necessitando serem superados para criar uma estrutura global de Saúde 4.0 (Al-Jaroodi *et al.*, 2022). À medida que as tecnologias são aprimoradas e implementadas, as soluções para os desafios também devem ser abordadas para que os benefícios da adoção sejam efetivos (Bause *et al.*, 2019). O Quadro 5 expõe uma síntese dos principais desafios e benefícios da Saúde 4.0 encontrados na literatura.

Quadro 5 – Desafios e benefícios da Saúde 4.0.

Autor(es)	Desafios	Benefícios
Al-Jaroodi <i>et al.</i> (2022)	Privacidade; segurança; controle de acesso; interoperabilidade e integração; conectividade global; propriedade e responsabilidade; fatores humanos; falta de visão.	Melhorar e personalizar o atendimento; serviços de alta qualidade a custos acessíveis.
Al-Jaroodi, Mohamed e Abukhousa (2020)	Custos elevados; escassez de profissionais qualificados; demanda crescente por	Melhorar a flexibilidade, escalabilidade, confiabilidade, agilidade, custo-efetividade e

	serviços de alta qualidade; tamanho e complexidade da cadeia de valor; necessidade de colaboração entre provedores, indústrias e organizações de apoio; intensa competição entre provedores.	qualidade dos serviços e operações.
Bause <i>et al.</i> (2019)	Ataques cibernéticos; armazenamento e segurança dos dados pessoais; melhoria da participação e engajamento dos pacientes em sua própria saúde; mudança de cultura organizacional.	Atendimento centralizado nas necessidades do paciente (personalização); cuidados mais precisos; redução dos custos da saúde.
Gupta e Singh (2022)	Diversidade e gerenciamento de dados; escalabilidade; provisão de recursos; segurança e privacidade; padronização; interfaces amigáveis.	Maior confiabilidade, comodidade, satisfação e transparência.
Lhotska (2020)	Custos crescentes contínuos; ineficiências nos sistemas de saúde; demanda mais frequente de atendimento; ambientes inflexíveis; uso ineficiente e insuficiente de tecnologia médica e processamento avançado de dados; normalização e interoperabilidade.	
Lopes <i>et al.</i> (2019)	Garantir a segurança dos dados; criação de cuidados de saúde centrados no paciente.	Aumento significativo da produtividade; atendimento mais preciso e personalizado; tratamentos mais eficazes e quase em tempo real.
Macedo, Martins e Tourinho (2022)	Atraso na incorporação tecnológica; insuficiência tecnológica do local com os processos de trabalho; mudança de cultura, alfabetização dos ambientes, tecnologias e regulamentações, comprovação de conceitos e aceitação clínica; diminuição da produtividade e redução da qualidade do serviço; capacitação profissional.	Aumento da confiança; identificar áreas de melhoria e possibilitar decisões mais informadas; redução de custos da saúde; melhoria dos fluxos de processos.
Mohamed e Al-Jaroodi (2019)	Altos custos; dificuldade de encontrar e recrutar os profissionais de saúde	

	necessários; crescente demanda por serviços de alta qualidade; forte concorrência entre os provedores.	
Rosa <i>et al.</i> (2021)	Redução dos investimentos públicos; aumento da demanda por cuidados de alta qualidade; pressão para melhorar o desempenho dos processos centrais.	
Tortorella <i>et al.</i> (2020)	Escassez de recursos.	
Tortorella <i>et al.</i> (2022)		Expandir a cobertura e o acesso; melhorar a qualidade dos serviços; reduzir e otimizar custos.

Fonte: O autor (2023).

Alinhar as atuais soluções de saúde com a visão de Saúde 4.0 é importante, no entanto, não existe uma maneira única para o desenvolvimento e implementação de tecnologias e aplicativos de saúde. Cada organização está fazendo a incorporação das novas tecnologias de uma maneira distinta, sem haver uma abordagem organizada e coordenada em larga escala, o que resulta em progresso lento, tedioso e potencialmente custoso a longo prazo. Nesse sentido, é necessário unificar esforços, adotar métodos padronizados para interoperabilidade e integração, e identificar formas de promover a conectividade e a colaboração global dentro e entre organizações (Al-Jaroodi *et al.*, 2022).

Outro fator importante é a maneira colaborativa como as tecnologias podem prever o estado do paciente e o volume de informações disponíveis, podendo beneficiar os processos críticos quando utilizados em conjunto com os profissionais de saúde. No entanto, a incorporação das tecnologias requer aceitação dos profissionais, instituições de saúde, hospitais e pacientes, sendo a capacitação de todos uma prioridade (Macedo; Martins; Tourinho, 2022). A efetiva implementação da Saúde 4.0 requer esforços coletivos para construir um projeto em constante evolução. O objetivo comum é estabelecer uma infraestrutura globalmente acessível, altamente eficaz, operada de forma otimizada e economicamente viável (Al-Jaroodi *et al.*, 2022). Além disso, dependerá de como as normas e padrões serão estabelecidos. O desenvolvimento tecnológico é rápido e a regulamentação não acompanha o mesmo ritmo (Lopes *et al.*, 2019; Macedo; Martins; Tourinho, 2022).

3.2.1 Saúde 4.0 no Brasil

No Brasil é possível encontrar iniciativas para implementação da Saúde 4.0. Como mencionado anteriormente, os hospitais privados estão mais avançados tecnologicamente que os hospitais públicos, entretanto é possível encontrar iniciativas de implementação da Saúde 4.0 em ambos os sistemas.

O programa Conecte SUS foi instituído pela Portaria GM/MS n.º 1.434, de 28 de maio de 2020 e é a principal iniciativa do Governo Federal para materializar a Estratégia de Saúde Digital para o Brasil 2020-2028 (ESD28). O objetivo é informatizar a atenção à saúde e integrar estabelecimentos públicos, privados e órgãos de gestão em saúde, garantindo o acesso à informação e o histórico médico dos usuários do SUS (Brasil, 2022).

O programa faz a junção de dois projetos: Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS) e o Programa de Apoio à Informatização e Qualificação dos Dados da Atenção Primária à Saúde (Informatiza APS). A RNDS, em específico, “estabelece o conceito de uma plataforma padronizada, moderna e interoperável de serviços, informações e conectividade que é, em si, transformadora para a saúde” (BRASIL, 2020a, p. 19). Conforme a ESD28, “até 2028, a RNDS estará estabelecida e reconhecida como a plataforma digital de inovação, informação e serviços de saúde para todo o Brasil, em benefício de usuários, cidadãos, pacientes, comunidades, gestores, profissionais e organizações de saúde” (Brasil, 2020a, p. 20).

Outra importante iniciativa foi a criação da Câmara da Saúde 4.0, lançada em janeiro de 2020 pelo Ministério da Saúde (MS) e da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), com participação de instituições públicas e privadas, empresariais, governamentais e acadêmicas. O objetivo do programa é levar mais tecnologia para o sistema de saúde, impulsionando a adoção de soluções de IoT para a melhoria contínua da assistência à saúde e monitoramento dos pacientes (Brasil, 2020b).

Ainda em 2020, uma parceria entre os Ministérios da Defesa (MD); Saúde (MS); e Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) possibilitou a criação do Projeto Inova HFA, uma iniciativa de inovação tecnológica a ser aplicado no Hospital das Forças Armadas (HFA) de Brasília. Esse projeto pretende incentivar e acelerar o desenvolvimento de tecnologias médicas, proporcionando a criação de um protótipo

de Hospital 4.0, digital e inteligente. A proposta é transformar o HFA em um grande laboratório de testagem de novas ideias na área da saúde, para serem posteriormente expandidas e replicadas para o restante do país (Brasil, 2020c).

Instituída em 2023, a Secretaria de Informação e Saúde Digital (SEIDIGI) subordinada ao MS, “é responsável por formular políticas públicas orientadoras para a gestão da saúde digital” (Brasil, 2023b), apoiando o planejamento, uso e incorporação de produtos e serviços de TIC. Sua estrutura é composta por 3 departamentos: Departamento de Saúde Digital e Inovação (DESD), Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e Departamento de Monitoramento, Avaliação e Disseminação de Informações Estratégicas em Saúde (DEMAS).

Uma das iniciativas mais recentes foi a criação do Programa SUS Digital Brasil, que tem a missão de promover a transformação digital, favorecendo o acesso universal e equitativo às ações e serviços, com integralidade e resolubilidade da atenção à saúde, por meio do acesso a bens e serviços de saúde digital e de inovação. Seu objetivo é o “uso apropriado, ético e crítico de novas tecnologias digitais, proposição de soluções digitais colaborativas e livres, formação e educação permanente, protagonismo do cidadão, interoperabilidade e proteção de dados” (BRASIL, 2023c).

Por fim, é importante destacar a atuação da Aliança Brasileira da Indústria Inovadora em Saúde (ABIIS), da Associação Brasileira de Telemedicina e Telessaúde (ABTMS) e da Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS) enquanto entidades empenhadas na promoção de inovações e tecnologias em saúde, inseridas no contexto 4.0 (ABIIS, 2023; ABTMS, 2023; SBIS, 2023).

3.3 O NOVO PARADIGMA HOSPITALAR

Hospital 4.0 ou hospital inteligente são termos encontrados na literatura para ampliar a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 na saúde. São caracterizados como edificações altamente tecnológicas com serviços personalizados e facilitados pelo uso das tecnologias emergentes (Afferni; Merone; Soda, 2018; Moreira; Santos, 2020). Segundo Kenngott *et al.* (2017, p. 139), esse modelo hospitalar “é um sistema inteligente, que dá a informação certa, na hora certa, no lugar certo para cada parte

interessada e, assim, ajuda a diminuir as complicações e melhorar os processos clínicos, bem como o resultado do paciente”.

Segundo a *European Union Agency for Cybersecurity* (ENISA), o hospital inteligente pode ser definido como:

[...] um hospital que conta com processos otimizados e automatizados construídos em um ambiente de TIC de ativos interconectados [...] para melhorar os procedimentos existentes de atendimento ao paciente e introduzir novos recursos. O que torna um hospital inteligente é, portanto, a disponibilidade e o uso de sistemas e dispositivos significativamente interconectados que levam à inteligência geral (ENISA, 2016, p. 9).

As TICs estão revolucionando os sistemas de saúde, entretanto, seu potencial não tem sido explorado por completo, seja pela falta de domínio na utilização, desconhecimento dos recursos ou falta de regularização. Sua aplicação no ambiente hospitalar deve ainda ser guiada, primordialmente, seguindo princípios, como salvar vidas, oferta de serviços de qualidade e eficiência em custos operacionais (Oliveira *et al.*, 2023).

Costeira (2022) explica que a revolução tecnológica vai requisitar uma conexão cada vez mais ativa entre os hospitais e os grandes centros de excelência em tratamento e pesquisa do mundo, assim deve ser garantido o acesso integral e facilitado a IoT nos mais diversos setores hospitalares. A autora ainda complementa:

As pesquisas com células tronco, as impressões 3D de órgãos e peças de estudo, que poderão dispor do manejo de bancos de tecidos e de células tronco, pesquisas com diagnóstico à distância a partir de *wearables* e acessórios vestíveis, vão ter possibilitada a sua interface com interlocutores distantes. Essas questões vão exigir construções hospitalares totalmente conectadas à rede mundial, dispondo de cabeamento e equipamento adequados para atender com excelência o acompanhamento de diagnósticos e procedimentos (Costeira, 2022, p. 6).

Para seu adequado funcionamento, os hospitais possuem muitos ativos que precisam ser protegidos e são bem característicos dos hospitais inteligentes, já que estão conectados e possuem a capacidade de tomar decisões de maneira autônoma. No caso específico de ativos de edifícios e instalações, os processos são essenciais para a operação de hospitais inteligentes. A segurança do paciente depende de uma série de recursos dos sistemas inteligentes de gerenciamento de instalações, compreendendo, por exemplo: sistemas de controle de energia e ambiente, incluindo

sistemas de ventilação; sensores de temperatura; sistema de fornecimento de gás medicinal; sistemas de operação e gerenciamento de quartos de pacientes, incluindo quadros inteligentes, telas de pacientes, telas de equipe médica, etc.; sistema automatizado de controle de entradas (ENISA, 2016).

Espera-se que o hospital do futuro tenha a capacidade de ser uma edificação flexível, com uma arquitetura capaz de atender o rápido avanço do conhecimento médico e da tecnologia, além das emergências de catástrofes, desastres naturais e pandemias, que parecem estar mais presentes na atualidade (Costeira, 2022). Na mesma perspectiva, a OMS recomenda que as organizações estejam preparadas para atuar diante de catástrofes naturais ou induzidas pelo homem, emergências e crises sociais. O envelhecimento populacional, os desafios demográficos, as diversas crises energéticas, são apenas alguns dos desafios, entretanto, os hospitais devem operar sem interrupções na prestação de cuidados de saúde (WHO, 2023a).

Escobar, Diaz e Formica (2021) sugerem que os hospitais devem necessariamente mudar para espaços abertos e flexíveis capazes de se adaptarem rapidamente às diferentes necessidades requisitadas pelo paciente ou pelo contexto. Nesse sentido, Bross (2013) define que os espaços arquitetônicos respondem a quatro requisitos, conforme descrito no Quadro 6.

Quadro 6 – Requisitos dos espaços arquitetônicos.

Requisito	Definição
Ergonômicos	Atender especificações dimensionais e condições ambientais que permitam correta habitabilidade.
Psicológicos	Atender condições que os tornem adequados às percepções, atitudes e comportamentos humanos.
Tecnológicos	Propor a técnicas construtivas que lhe garanta estabilidade, proteção e segurança, prevendo possíveis adequações.
Econômicos	Atender a especificações de forma que, atendendo aos processos, os espaços sejam "partícipes do negócio".

Fonte: Adaptado de Bross (2013).

De acordo com Souza Filho e Mittelstaedt (2022), o hospital do futuro deve ser baseado em 7 pilares, sendo eles: (1) estratégias de cuidado verdadeiramente centradas no paciente; (2) ambiente de inovação contínua e baseado em dados; (3) sustentabilidade; (4) ligação entre o hospital e a atenção básica; (5) ampliação do acesso; (6) entrega de valor; (7) substituir o ambiente de guerra por um colaborativo.

Em suma, é um ambiente complexo, dinâmico e com diversos desafios. Esses 7 pilares são apenas definições para a construção de um ecossistema de saúde inovador e colaborativo.

É necessário também repensar todos os conceitos já conhecidos da arquitetura hospitalar como, humanização e acolhimento, proporcionando, assim, melhores experiências para o paciente e a garantia do conforto para os profissionais de saúde (Costeira, 2022). A arquitetura e os avanços tecnológicos devem estar paralelamente alinhados, mas garantindo os necessários padrões de humanização (Araujo; Dantas, 2013).

Costeira (2022, p. 6) reflete ainda que “a união da alta tecnologia, personalização no trato com pacientes, conforto para as equipes e precisão no diagnóstico e terapia utilizados na busca da cura, pode se transformar na fisionomia ideal do hospital do futuro”. Corroborando, Nardino (2016) sugere que esse modelo será baseado no conforto e satisfação dos pacientes, aliando condições de bem-estar à prestação de procedimentos que promovam a saúde, concomitantemente às exigências tecnológicas.

É notório enfatizar, conforme Santos e Bursztyn (2004, p. 78), que é

[...] necessário repensar a formatação da estrutura física de estabelecimentos de assistência à saúde, para que estes possam atender ao novo perfil das atividades de cura e de promoção da saúde, e que incorporem, em seus projetos, flexibilidade, adequação ao clima e especificidades locais aos seus sistemas construtivos, agregando também a humanização dos seus espaços, para que a sua conformação tenha um impacto positivo na redução do tempo de permanência na instituição e na qualidade do tratamento dispensado aos usuários.

A partir destas considerações, algumas transformações vêm sendo observadas, indicando o novo paradigma hospitalar. Essas transformações impactam, direta ou indiretamente, no planejamento arquitetônico dos hospitais.

O processo de desospitalização consiste basicamente na possibilidade de descentralização dos serviços de atenção à saúde ofertados atualmente em hospitais, redirecionando-os para centros médicos especializados (Furuya; Alves; Costeira, 2020). Além disso, os procedimentos estão cada vez mais precisos, minimamente invasivos e robóticos, tornando o tempo de recuperação e permanência do paciente mais curto (Monza, 2023). Isso reflete no aumento dos leitos de tratamento intensivo

e na oferta de serviços de diagnóstico e tratamento mais avançados, enquanto áreas de internação comum diminuem (Carvalho, 2014). Assim, o hospital passa a ser uma unidade de alta complexidade e altamente tecnológico, destinado para questões médicas complexas, quando realmente houver risco de vida, requerendo maiores instalações, complexos cabeamentos de rede e recursos energéticos (Costeira, 2018; Machry, 2010).

Evidencia-se, também, um aumento no número de serviços terceirizados, como lavanderia e nutrição, onde roupas limpas e alimentos já chegam prontos ao hospital, refletindo na compactação física e administrativa das unidades (Machry, 2010).

Bross (2020) destaca a influência das inovações sobre a organização espacial das edificações hospitalares, relatando uma redução no número de áreas compartimentadas em razão da diminuição de pessoas frequentando os edifícios, em virtude da utilização da telemedicina e do *home care* que ampliam as possibilidades de atendimento e tratamento domiciliar. Carvalho (2014) explica que essa prática tem sido adotada desde a década de 1940 nos países desenvolvidos, tendo se destacado e ganhado importância nos últimos anos pelo seu papel na diminuição da necessidade de leitos hospitalares e também na redução dos custos dos tratamentos. Na mesma perspectiva, Furuya, Alves e Costeira (2020), refletem que o uso da telemedicina e a possibilidade de recuperação dos pacientes em *home care* poderá contribuir para a redução da demanda de espaço físico nos hospitais.

Nesse cenário de virtualização do cuidado, o *Mercy Virtual Care Center* é o primeiro hospital virtual do mundo dedicado ao atendimento remoto de pacientes. Localizado em Saint Louis, Missouri (EUA), o hospital começou a funcionar em outubro de 2015 sem um único paciente no prédio, oferecendo atendimento 24 horas por dia e contando com mais de 300 médicos que atendem totalmente por telemedicina, sendo frequentemente chamado de “hospital sem leitos” (Mercy, 2023).

Monza (2023) também relata o surgimento dos edifícios unicamente ambulatoriais e dos edifícios com internação por doenças específicas. Os ambulatoriais se caracterizam pela ausência de internações como tradicionalmente presente nos hospitais (mais de 8 ou 12 horas), embora possam ter internamentos de curta duração, e como centros de baixa ou média complexidade, descentralizando os serviços de saúde no habitat populacional e promovendo a resolutividade. Já os

edifícios com internação por doenças específicas se tornam habitat de pessoas com doenças crônicas (permanentemente) ou semicrônicas (por um período prolongado de tempo) que necessitam de internamentos prolongados. Isso tem implicado no desenvolvimento de edificações com características físicas em consonância com a patologia que será tratada.

Machry (2010) verificou que a realização de reformas em edificações hospitalares existentes é causada, principalmente, pela incorporação de inovações tecnológicas que alteram de formas variadas a configuração físico-espacial e funcional. Nesse sentido, alguns conceitos já consagrados como, funcionalidade, flexibilidade e expansibilidade são essenciais, constituindo uma característica desejável em projetos de arquitetura hospitalar (Carvalho, 2014), pautando-se sempre na criação de ambientes mais saudáveis, eficientes e confortáveis para todos os usuários (WHO, 2023a).

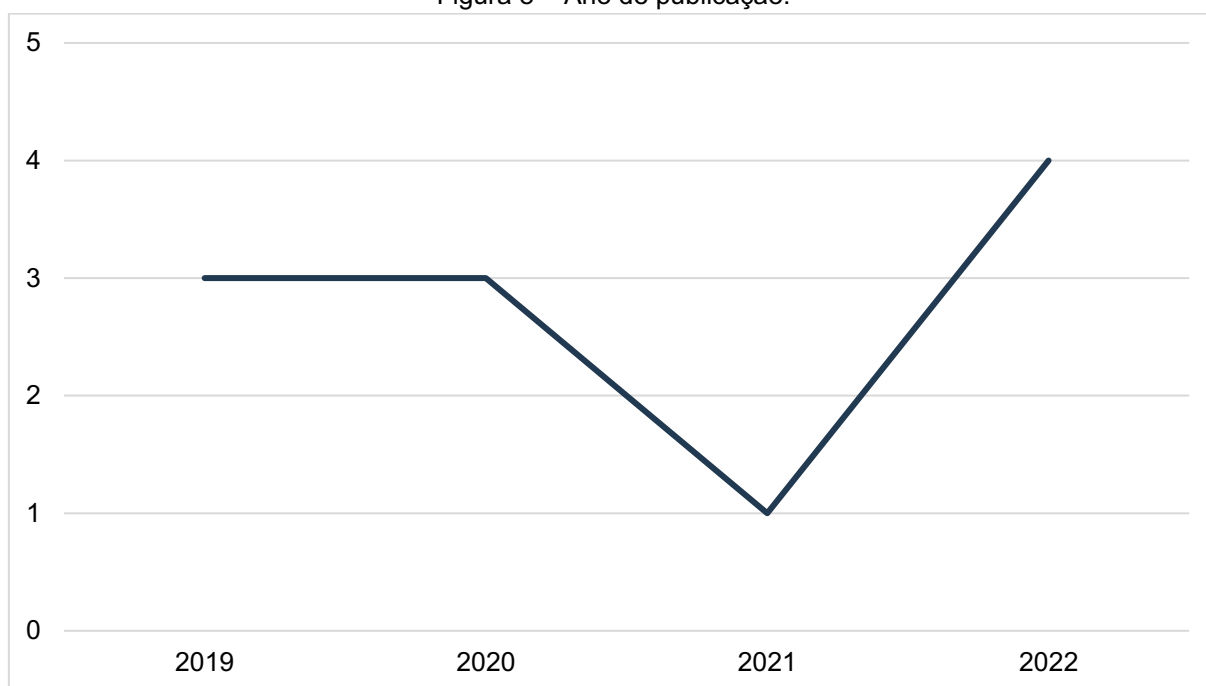
4 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados da presente pesquisa, referente a RSL e aos levantamentos de campo englobando questionário e entrevistas.

4.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A partir dos 12 artigos incluídos na RSL, foi realizada uma análise bibliométrica a fim de verificar a origem destes estudos. O ano de publicação é mostrado na Figura 8. Percebe-se que a maioria das publicações são de 2022, com 4 ocorrências, seguido por 2019 e 2020 com 3 ocorrências.

Figura 8 – Ano de publicação.



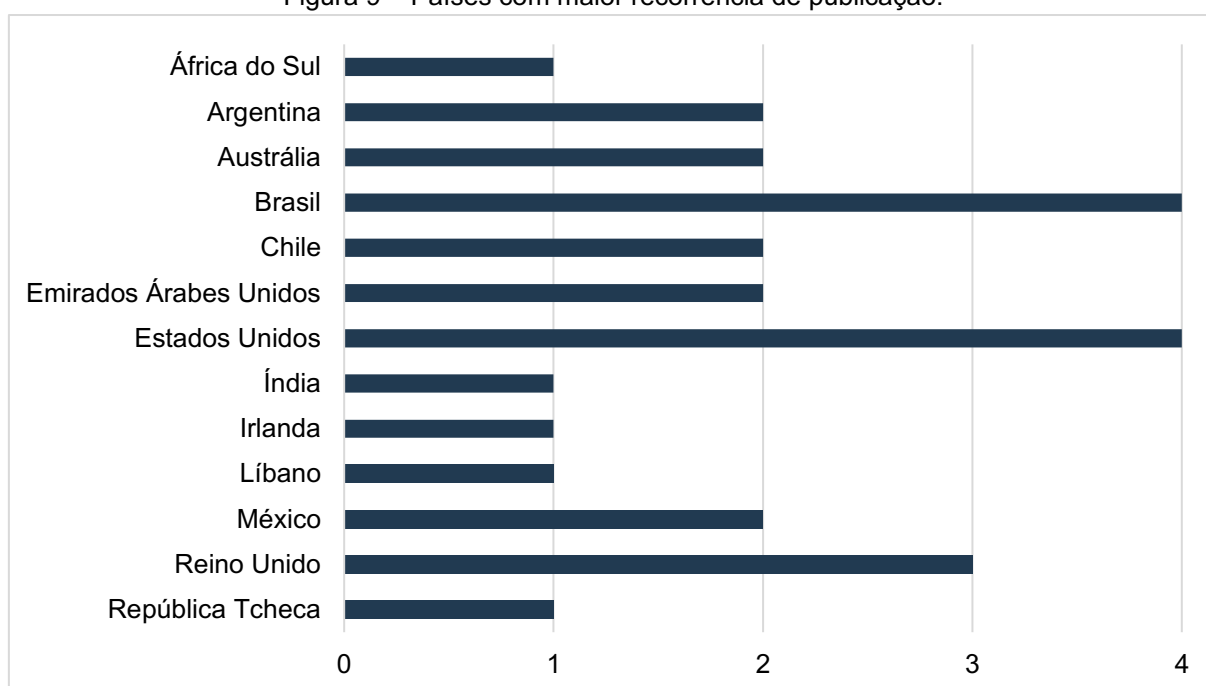
Fonte: O autor (2023).

Com relação ao tipo de publicação, se dividem em periódicos (8 artigos), conferências (3 artigos) e capítulo de livro (1 artigo). Destes, apenas 1 está escrito em português, enquanto os demais, estão em inglês. Todos os artigos selecionados foram publicados em periódicos distintos, sendo eles: *Applied Ergonomics*; *Hospital Topics*; *IEEE Access*; *IEEE Technology and Society Magazine*; *Studies in Health Technology*

and Informatics; Technological Forecasting and Social Change; Total Quality Management & Business Excellence; Wireless Personal Communications.

Tratando-se dos países com maior recorrência de publicações, constata-se que Brasil, Estados Unidos e Reino Unido possuem significativa representatividade na produção dos artigos, conforme se observa na Figura 9. O Brasil assume uma posição de destaque nas pesquisas relacionadas à Saúde 4.0, isso se reflete nos estudos publicados por Macedo, Martins e Tourinho (2022); Rosa *et al.* (2021); Tortorella *et al.* (2020); Tortorella *et al.* (2022).

Figura 9 – Países com maior recorrência de publicação.



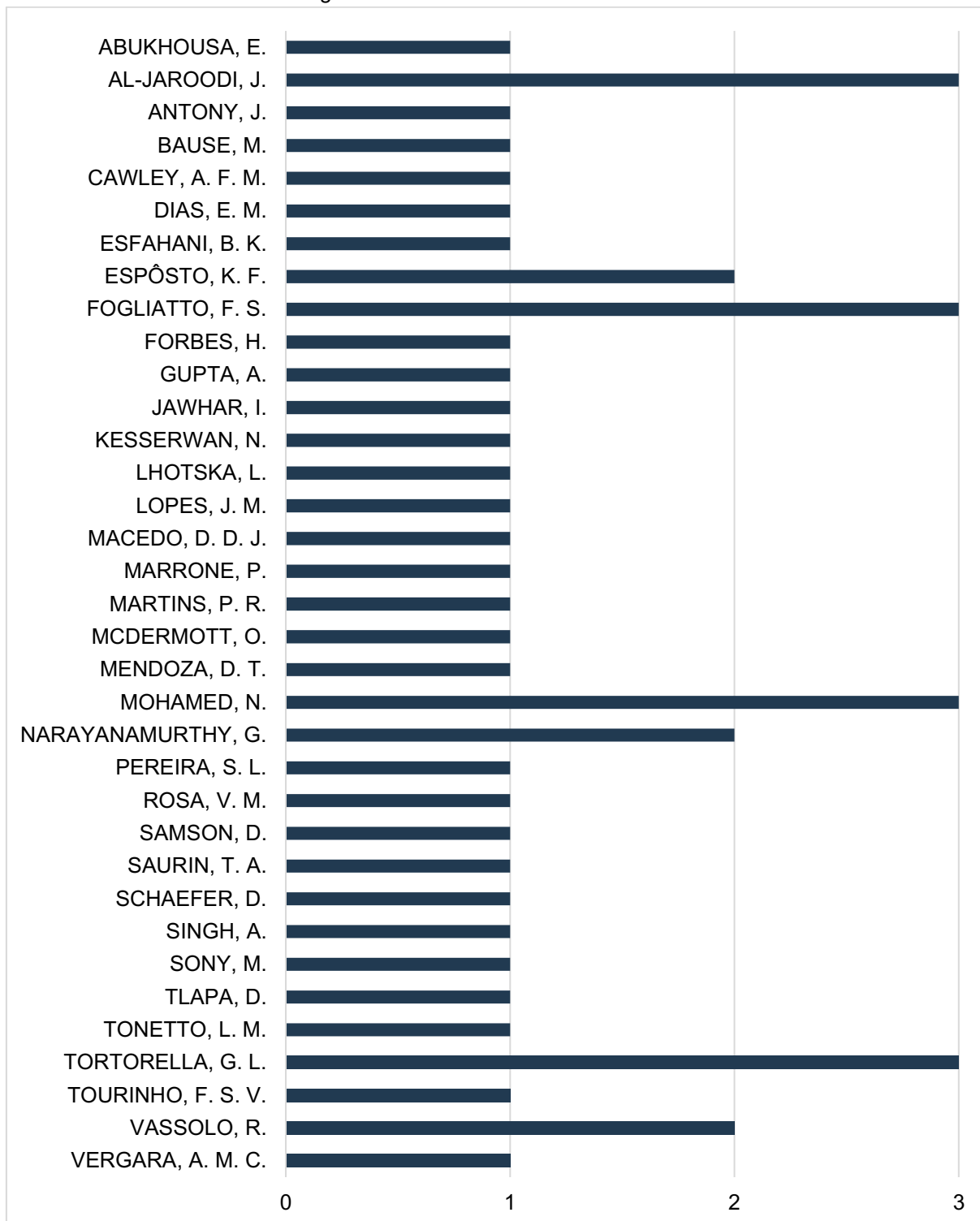
Fonte: O autor (2023).

Os demais artigos têm procedência de diversos outros países. Destaca-se que os continentes Americano, Europeu e Asiático, respectivamente, lideram o ranking. Esperava-se que a Alemanha, enquanto berço da Quarta Revolução Industrial, fosse um dos principais países pesquisando acerca da temática, entretanto, nota-se que as pesquisas sobre Saúde 4.0 não são tão significativas no país quanto as relacionadas à Indústria 4.0 de modo geral.

Com relação aos autores de maior relevância (Figura 10), destacam-se Al-Jaroodi, Fogliatto, Mohamed e Tortorella, com participação em 3 artigos. Não há uma

recorrência significativa dos demais autores, sendo que a maioria participou de apenas 1 artigo.

Figura 10 – Autores de maior relevância.



Fonte: O autor (2023).

O Quadro 7 apresenta uma síntese dos artigos incluídos apontando os autores, título, objetivo, método e local de publicação.

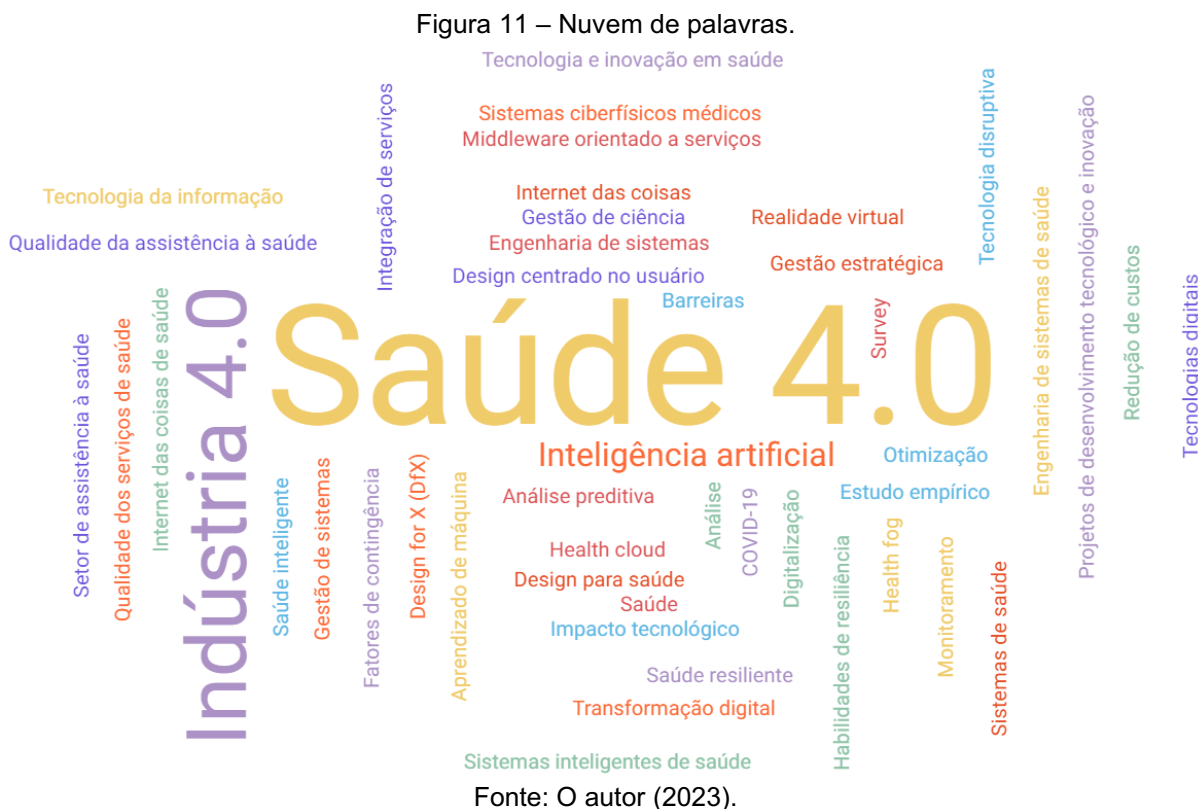
Quadro 7 – Características descritivas dos artigos incluídos.

Autor(es)	Título	Objetivo	Método	Local de publicação
Al-Jaroodi et al. (2022)	<i>Healthcare 4.0 - Managing a Holistic Transformation</i>	Discutir por que é importante abordar os esforços de transformação para Healthcare 4.0 como um problema holístico de engenharia de sistemas e ter uma visão estratégica visão de longo prazo para os esforços de transformação.	Teórico	<i>IEEE International Systems Conference (SysCon)</i>
Al-Jaroodi, Mohamed e Abukhousa (2020)	<i>Health 4.0: On the Way to Realizing the Healthcare of the Future</i>	(1) Fornecer uma melhor compreensão dos objetivos da Saúde 4.0; (2) Discutir e categorizar diferentes aplicações potenciais de cuidados de saúde; e (3) Apresentar os principais conceitos que racionalizam a adequação da estrutura SOM para abordar essas questões.	Teórico	<i>IEEE Access</i>
Bause et al. (2019)	<i>Design for Health 4.0: Exploration of a new area</i>	Foca na exploração dos três “pilares” da Saúde 4.0; pessoas, tecnologia e design.	Teórico	<i>Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED)</i>
Gupta e Singh (2022)	<i>Healthcare 4.0: recent advancements and futuristic research directions</i>	Explorar a transição para o <i>Healthcare 4.0</i> , delinear os diferentes pilares principais, destacar várias áreas de aplicação e identificar desafios e perspectivas para a pesquisa em <i>Healthcare 4.0</i> .	Revisão sistemática	<i>Wireless Personal Communications</i>
Lhotska (2020)	<i>Application of Industry 4.0 Concept to Health Care</i>	Descrever as principais ideias do conceito da Indústria 4.0 e apontar seus reflexos na área da saúde.	Teórico	<i>Studies in Health Technology and Informatics</i>
Lopes et al. (2019)	<i>Health 4.0: Challenges for an Orderly and Inclusive Innovation</i>	Abordar os desafios e perspectivas da Saúde 4.0 e como o risco de descontrole pode atrasar o seu surgimento.	Teórico	<i>IEEE Technology and Society Magazine</i>
Macedo, Martins e Tourinho (2022)	A evolução no desenvolvimento de Tecnologias e a Saúde 4.0:	Trazer à luz a reflexão da evolução da Tecnologia relacionada à Saúde e seus impactos sociais, econômicos e	Teórico	Capítulo de livro

	disrupção do novo	científicos, considerando um novo cenário, o 4.0.		
Mohamed e Al-Jaroodi (2019)	<i>The Impact of Industry 4.0 on Healthcare System Engineering</i>	Investigar o impacto da Saúde 4.0 na HCSE.	Teórico	<i>IEEE International Systems Conference (SysCon)</i>
Rosa et al. (2021)	<i>Digital technologies: an exploratory study of their role in the resilience of healthcare services</i>	Examinar o papel potencial das tecnologias digitais H4.0 como promotoras de habilidades de resiliência em serviços de saúde.	Survey	<i>Applied Ergonomics</i>
Sony, Antony e Mcdermott (2022)	<i>The impact of healthcare 4.0 on the healthcare service quality: a systematic literature review</i>	Examinar o impacto do <i>Healthcare</i> 4.0 na qualidade dos serviços de saúde.	Revisão sistemática	Hospital Topics
Tortorella et al. (2020)	<i>Effects of contingencies on healthcare 4.0 technologies adoption and barriers in emerging economies</i>	Examinar o efeito de fatores de contingência sobre (i) a adoção de tecnologias H4.0 e (ii) o nível de criticidade das barreiras associadas em economias emergentes.	Survey	<i>Technological Forecasting and Social Change</i>
Tortorella et al. (2022)	<i>Healthcare costs' reduction through the integration of healthcare 4.0 technologies in developing economies</i>	Investigar como as tecnologias H4.0 impactam na redução de custos em hospitais localizados em economias em desenvolvimento.	Survey	<i>Total Quality Management & Business Excellence</i>

Fonte: O autor (2023).

Todas as palavras-chave dos artigos foram organizadas para verificar os termos mais utilizados. Com isso, foram identificadas 47 palavras-chave diferentes, que estão apresentadas através da nuvem de palavras (Figura 11), ilustrando a representatividade de cada termo.



Os termos de maior destaque foram “Saúde 4.0” e “Indústria 4.0”. Além destes, algumas tecnologias aparecem nas palavras-chave como: IA, IoT, *machine learning* e realidade virtual.

4.1.1 Considerações sobre o ambiente construído

Durante a seleção dos artigos para inclusão na pesquisa, buscou-se identificar os possíveis impactos (diretos ou indiretos) das tecnologias emergentes no ambiente construído hospitalar, identificando a aplicabilidade das tecnologias no espaço físico das edificações.

Nessa perspectiva, Macedo, Martins e Tourinho (2022) relataram a diminuição dos leitos hospitalares e dos próprios hospitais na Europa, decorrente do avanço do conhecimento médico e da tecnologia. A expansão da telessaúde e do *home care* impulsiona a descentralização do hospital, levando os cuidados de saúde para além do ambiente físico. Isso amplia imensamente as possibilidades quanto ao ambiente para o tratamento da saúde, aumentando, por exemplo, as possibilidades de

tratamento na própria casa, com redução de custos, de risco de contração de infecção hospitalar, e melhor preservando as rotinas e relações pessoais do paciente.

Bause *et al.* (2019) descreve a importância de redesenhar os processos hospitalares oferecendo uma nova estrutura ao modelo tradicional. Conforme Tortorella *et al.* (2020), hospitais mais novos oferecem um ambiente mais favorável em termos organizacionais e estruturais para a adoção de tecnologias e implementação da Saúde 4.0, já que sua infraestrutura de TI foi projetada e construída mais recentemente. Instalações mais antigas frequentemente possuem maiores dificuldades relacionadas a aspectos técnicos ou socioculturais para incorporar tecnologias que modifiquem seus processos, produtos, estrutura e serviços. Corroborando, Al-Jaroodi *et al.* (2022) descrevem que projetos em fases iniciais de desenvolvimento ou em pesquisa e análise podem ser facilmente adaptados para atender a Saúde 4.0. Além disso, destaca a importância do Plano Diretor Hospitalar (PDH) que “deve incluir os esforços para transformar e adaptar as soluções atuais, redirecionar as soluções em desenvolvimento e vislumbrar novas soluções para criar o futuro na mesma infraestrutura” (Al-Jaroodi *et al.*, 2022, p. 6).

Lhotska (2020) trata das contribuições do gêmeo digital e da IoT para o ambiente. O gêmeo digital é uma tecnologia de virtualização que consiste na criação de uma réplica virtual (digital) de um ambiente ou sistema físico. Ele pode ser utilizado para monitorar objetos e processos em tempo real, criando cópias virtuais de equipamentos e linhas de produção que podem ser utilizadas para manutenção preditiva. Modelos de simulação contribuem para a aceleração e facilitação dos processos de tomada de decisões, identificando possíveis consequências das mudanças consideradas.

A IoT e outros sensores podem ser utilizados para, por exemplo, monitorar o estado do ambiente (temperatura, umidade, oxigênio, dióxido de carbono ou outras substâncias indesejáveis). Ainda, podem contribuir com a manutenção preditiva associadas a *machine learning*, reconhecendo padrões de degradação antes mesmo das falhas ocorrerem ou prevendo falhas iminentes (Lhotska, 2020). Na mesma perspectiva, para Al-Jaroodi *et al.* (2022) e Al-Jaroodi, Mohamed e Abukhousa (2020) as tecnologias podem contribuir no processo de projeto, construção e manutenção da infraestrutura. Elas podem monitorar a integridade e o desempenho das infraestruturas e equipamentos, identificar áreas problemáticas antecipadamente,

otimizar cronogramas de manutenção, detectar necessidades de substituição e fornecer uma visão geral de quando e onde as atualizações ou alterações serão necessárias.

Al-Jaroodi, Mohamed e Abukhousa (2020) mencionam que atualmente salas cirúrgicas, scanners de ressonância magnética, máquinas de raio-x e equipamentos de UTI são recursos adotados por diversas unidades de um mesmo hospital, requerendo que os equipamentos e recursos sejam posicionados e alocados estrategicamente dentro do edifício hospitalar, favorecendo seu uso compartilhado.

Sony, Antony e McDermott (2022) abordam o conceito dos hospitais inteligentes dentro da perspectiva da Saúde 4.0, integrando diversas tecnologias e mantendo a troca contínua de informações entre os diferentes setores, ressaltando especialmente o uso da IoT na prestação de serviços através de monitoramento e gerenciamento inteligente, acesso rápido à saúde pessoal, localização de equipamentos, atendimento para pacientes hospitalizados e consumo controlado de medicamentos. Além disso, os autores ainda complementam que a Saúde 4.0 “pode impactar a qualidade ambiental em termos tangíveis e intangíveis em um hospital inteligente. A percepção do paciente sobre a qualidade ambiental é moldada devido aos dispositivos inteligentes integrados no hospital inteligente” (Sony; Antony; Mcdermott, 2022, p. 3). O ambiente tangível consiste no design, função, *layout* e sinais, símbolos e artefatos encontrados. Já o intangível refere-se a componentes que existem abaixo do nível de consciência, mas que afetam a agradabilidade do ambiente.

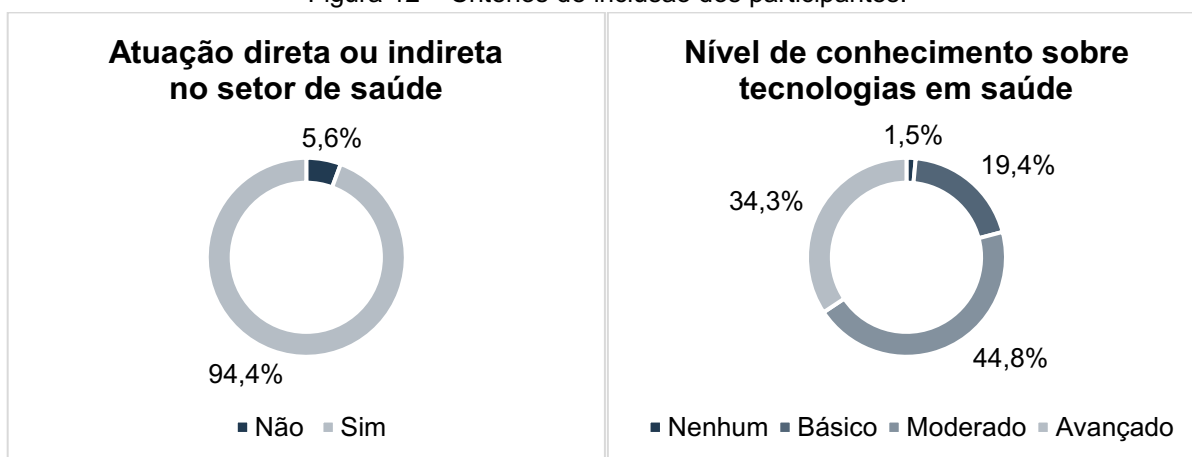
Ademais, tendo em vista que a definição e a implementação do conceito de Saúde 4.0 é recente, suas implicações para o ambiente construído foram, até então, pouco exploradas. Ainda são incipientes as considerações na literatura sobre a relação entre Saúde 4.0 e o ambiente construído hospitalar, evidenciando efetivamente seus impactos.

4.2 LEVANTAMENTOS DE CAMPO

4.2.1 Questionário

A aplicação do questionário em abrangência nacional contou com 71 participantes. Para responderem às perguntas específicas sobre as tecnologias emergentes, estes deveriam cumprir os critérios de inclusão definidos: (I) atuar direta ou indiretamente em alguma atividade relacionada ao setor de saúde, seja no desenvolvimento de projetos, assistência, atendimento, gestão, entre outros; (II) possuir minimamente conhecimentos básicos sobre tecnologias em saúde. Assim, 5 participantes foram eliminados por não cumprirem com os critérios definidos. Em suma, 4 participantes não cumpriram o critério “I” e 1 participante não cumpriu o critério “II”. A representação dos participantes diante dos critérios de inclusão é apresentada na Figura 12.

Figura 12 – Critérios de inclusão dos participantes.



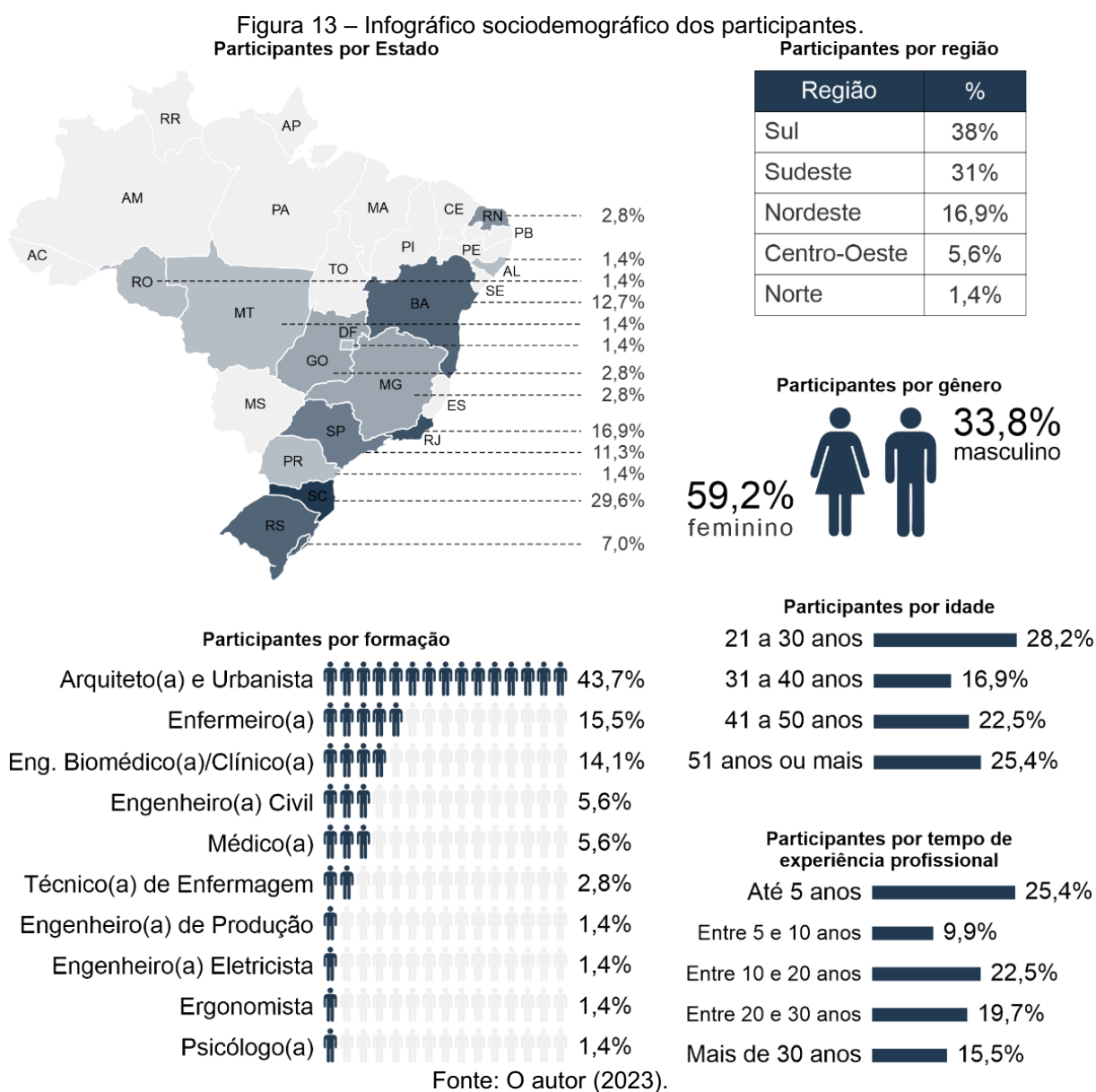
Fonte: O autor (2023).

Após esse filtro, 66 participantes responderam às perguntas específicas sobre as tecnologias emergentes das 5 regiões geográficas do Brasil. Os Estados com maior participação foram, respectivamente: Santa Catarina, Rio de Janeiro, Bahia, São Paulo, Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte, Goiás, Minas Gerais, Alagoas, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul, Paraná e Rondônia.

Com relação ao perfil dos participantes, 59,2% se declararam do gênero feminino e 33,8%, do gênero masculino. A faixa etária foi composta da seguinte forma: 28,2% de 21 a 30 anos, 16,9% de 31 a 40 anos, 22,5% de 41 a 50 anos e 25,4% com 51 anos ou mais. A amostra foi composta por profissionais com diferentes formações, sendo: arquitetos(as) e urbanistas (43,7%), enfermeiros(as) (15,5%), engenheiros(as)

biomédicos(as)/clínicos(as) (14,1%), engenheiros(as) civis (5,6%), médicos(as) (5,6%), outros (8,5%).

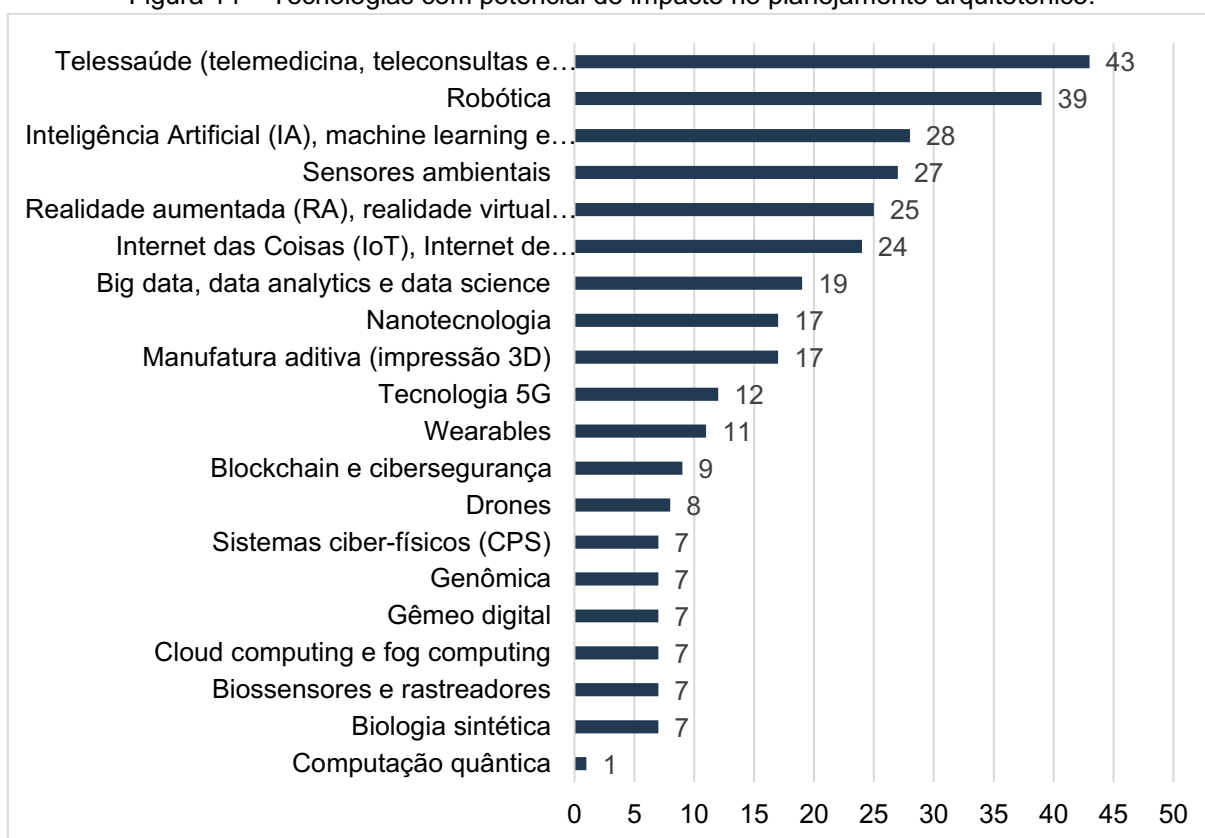
O tempo de experiência profissional também foi diversificado, enriquecendo o perfil da amostra, estando dividido da seguinte maneira: 25,4% com até 5 anos, 9,9% entre 5 e 10 anos, 22,5% entre 10 e 20 anos, 19,7% entre 20 e 30 anos e 15,5% com mais de 30 anos de experiência. A Figura 13 apresenta um infográfico sociodemográfico com a síntese das características dos participantes do questionário.



A partir das tecnologias emergentes mapeadas na RSL, os participantes da pesquisa foram questionados com a seguinte pergunta: “Considerando o seu

conhecimento sobre tecnologias em saúde e sua experiência profissional, selecione 5 (cinco) tecnologias listadas abaixo que você acredita que mais impactam, direta ou indiretamente, no planejamento arquitetônico dos hospitais?”. Foram apontados como principais tecnologias com potencial de impacto: telessaúde; robótica; IA, *machine learning* e *deep learning*; sensores ambientais; realidade aumentada, realidade virtual e realidade mista, seguida pela IoT, IoS e IoE. Todas as tecnologias em ordem decrescente são apresentadas na Figura 14.

Figura 14 – Tecnologias com potencial de impacto no planejamento arquitetônico.



Fonte: O autor (2023).

Essas tecnologias estão moldando o futuro dos hospitais e a partir das respostas obtidas emerge a importância de considerar sua incorporação no planejamento arquitetônico. Além disso, as tecnologias apontadas trarão desafios para além do espaço físico, implicando em aspectos organizacionais, financeiros, tecnológicos e éticos. Sob essa ótica, Oliveira (2014) corrobora afirmando que os avanços científicos e tecnológicos trazem soluções ao mesmo tempo, em que impõem novos desafios para o setor de saúde.

Posteriormente, fez-se o seguinte questionamento aos participantes: “Considerando as tecnologias acima descritas, selecione 3 (três) setores hospitalares que você acredita que serão os mais impactados em termos de planejamento arquitetônico”. Os principais setores apontados foram respectivamente: centro cirúrgico e obstétrico; apoio diagnóstico (patologia clínica, imagenologia, medicina nuclear); e Unidade de Terapia Intensiva (UTI) ou Centro de Terapia Intensiva (CTI). Os demais setores, bem como a quantidade de indicações, são apresentados na Figura 15.

Figura 15 – Setores mais impactados pelas tecnologias.

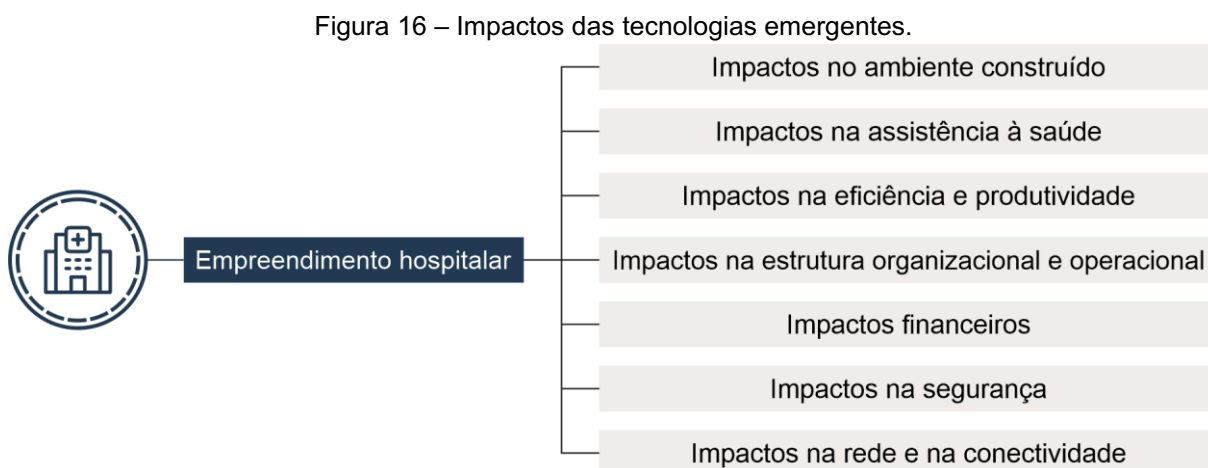


Fonte: O autor (2023).

Os apontamentos confirmaram a hipótese preliminar levantada de que os setores mais impactados pelas tecnologias emergentes são aqueles que tradicionalmente estão associados à precisão médica, aos cuidados intensivos e ao diagnóstico e tratamento. Também são setores onde já há uma significativa incorporação de tecnologias biomédicas, isto é, onde os equipamentos, novas tecnologias e formas de tratamento são imprescindíveis para a prestação do atendimento à saúde. Como já mencionado anteriormente, conforme Toledo (2008, p. 105) desde o século XIX, as unidades de apoio diagnóstico “[...] vem crescendo de forma acelerada para atender à incorporação das novas tecnologias de diagnóstico por imagem, métodos gráficos e laboratoriais”. Esse é apenas um dos exemplos. Os setores indicados concentram a maioria das “tecnologias duras” do hospital, ou seja,

equipamentos e instrumentos complexos e de alto custo associado (Merhy *et al.*, 2006).

Refletindo acerca dos impactos das tecnologias emergentes nas edificações hospitalares, por meio das respostas obtidas e a partir da análise de conteúdo realizada, os dados foram categorizados de acordo com o eixo temático apresentado nas respostas. Essa categorização possibilitou identificar os impactos para além do ambiente construído e da arquitetura. Percebe-se que as tecnologias não têm um impacto unidirecional e aplicado unicamente a estrutura físico-espacial dos hospitais, resultando em impactos em todo o empreendimento de saúde, gerando novas formas de organização do trabalho. A partir disso, foram identificados diferentes impactos, conforme representado na Figura 16.



Fonte: O autor (2023).

Propôs-se a decomposição dessas categorias em subcategorias, conforme o Quadro 8, as quais representam os principais aspectos relacionados a cada impacto. Nota-se que os impactos relacionados ao ambiente construído aparecem com maior ocorrência nas respostas obtidas, seguidos pelos impactos na assistência à saúde, na eficiência e produtividade, e na segurança.

Quadro 8 – Principais aspectos relacionados aos impactos.

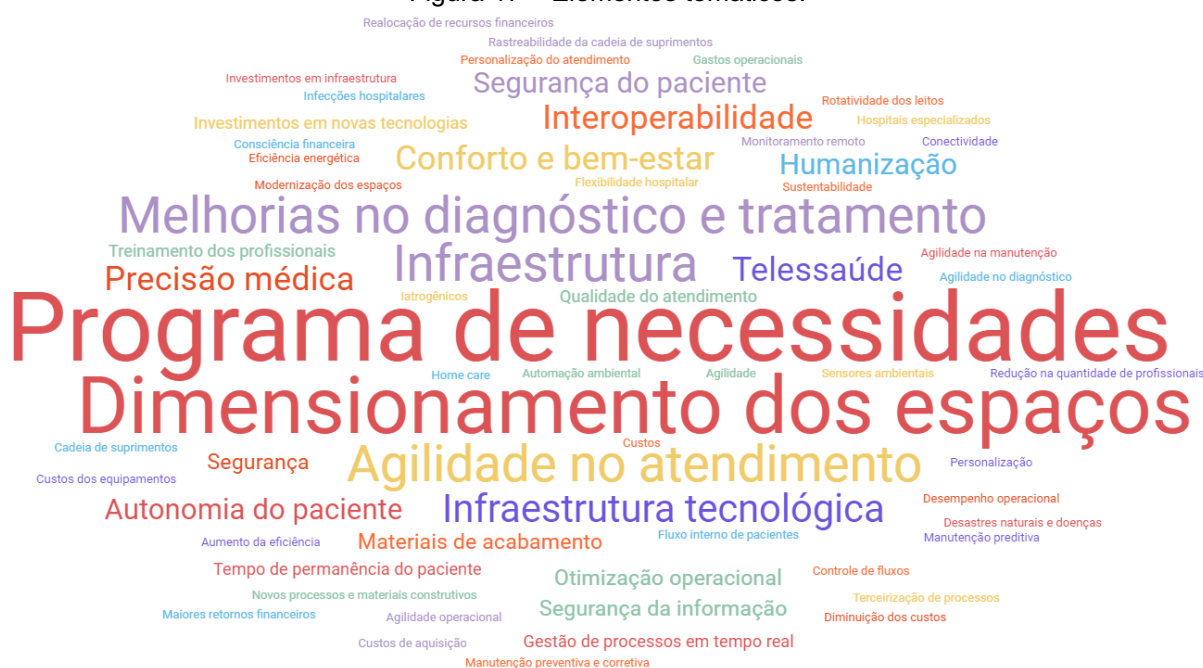
Categoria	Subcategoria	Ocorrência
Impactos no ambiente construído	Espaço físico	52
	Desospitalização	7
	Sustentabilidade e eficiência energética	2
Impactos na assistência à saúde	Assistência à saúde	32

Impactos na eficiência e produtividade	Eficiência e produtividade	18
Impactos na estrutura organizacional e operacional	Estrutura organizacional	3
	Operacional	8
Impactos financeiros	Finanças	11
Impactos na segurança	Segurança do paciente	6
	Segurança da edificação	5
	Segurança da informação	3
Impactos na rede e na conectividade	Rede e conectividade	6

Fonte: O autor (2023).

As palavras apresentadas através da nuvem de palavras (Figura 17) foram organizadas a partir da interpretação das respostas obtidas e refletem, dentro da análise de conteúdo, as unidades mínimas de significação, ou seja, os elementos temáticos que não são necessariamente a palavra escrita, mas sua significação. É possível destacar como elementos temáticos mais significativos: programa de necessidades, dimensionamento dos espaços, infraestrutura, agilidade no atendimento e melhorias no diagnóstico e tratamento.

Figura 17 – Elementos temáticos.



Fonte: O autor (2023).

A partir das respostas é possível identificar as principais mudanças que poderão acontecer nas edificações hospitalares, impactando não apenas a forma

como os hospitais são projetados e construídos, mas também a forma como eles são operados e administrados. Os impactos identificados serão discutidos na seção 5.1.

Na sequência os participantes foram instigados a refletir sobre os hospitais do futuro através da seguinte pergunta: “Em poucas palavras, como você imagina que será o hospital do futuro?” A nuvem de palavras (Figura 18) reflete os principais termos utilizados para definir os hospitais do futuro, destacando-se as palavras: tecnológicos, humanizados, digitalizados, seguros, alta complexidade e mais humanos.

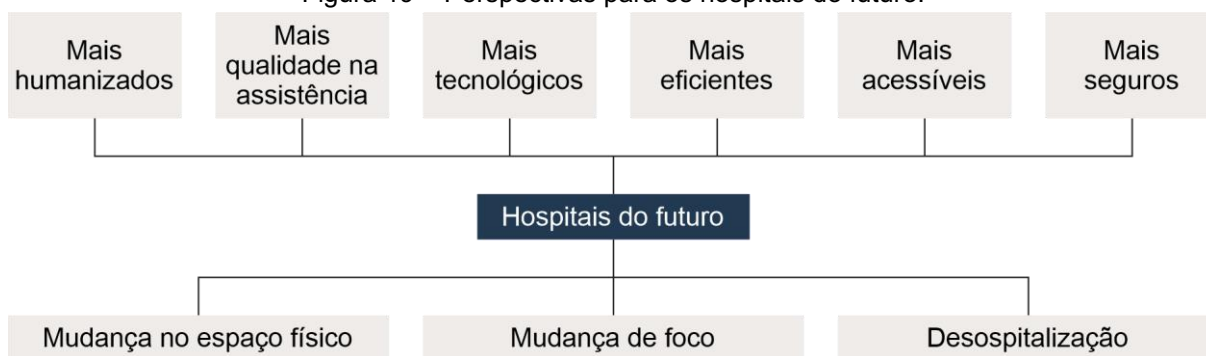
Figura 18 – Termos utilizados para definir os hospitais do futuro.



Fonte: O autor (2023).

A partir da análise de conteúdo realizada, os dados foram categorizados de acordo com o eixo temático apresentado nas respostas, conforme representado na Figura 19. Essa categorização possibilitou identificar as perspectivas para os hospitais do futuro.

Figura 19 – Perspectivas para os hospitais do futuro.



Fonte: O autor (2023).

No Quadro 9, a partir da categorização, algumas respostas obtidas foram organizadas para exemplificar as perspectivas para os hospitais do futuro.

Quadro 9 – “Como você imagina que será o hospital do futuro?”.

Categoria	Citação
Mais humanizados	<p><i>“Gosto de pensar que será tecnológico, mas que também haja um tratamento mais humanizado e uma arquitetura mais acolhedora, focada no bem-estar do paciente.”</i></p> <p><i>“Ele acompanhará as tendências de bem-estar do paciente, cores, ruídos, acessibilidade, acesso a entretenimento, interação com animais de estimação, serviços personalizados, espaços de desconpressão, paisagismo e conexão com a cidade e serviços no entorno. Claro, muita tecnologia e conforto para o paciente e acompanhantes.”</i></p> <p><i>“Ambientes mais humanizados e acolhedores com ênfase na saúde integral.”</i></p>
Mais qualidade na assistência	<p><i>“Integrado totalmente aos parâmetros vitais do paciente, esteja ele fisicamente ou não dentro de instalações de assistência à saúde.”</i></p> <p><i>“Procedimentos e administração de medicamentos cada vez mais personalizadas visando maior eficiência em todas as etapas do tratamento.”</i></p> <p><i>“Dinamismo, diminuição de erros e baixo índice de contaminação.”</i></p> <p><i>“[...] os hospitais permitirão que os pacientes recebam maior atenção e empatia dos profissionais.”</i></p>
Mais tecnológicos	<p><i>“Imagino que os exames terão os resultados na beira leito, sensores poderão informar falhas de cuidado, como a não mudança de decúbito, inteligência artificial para identificar diagnósticos, agravos do paciente e tratamentos mais seguros.”</i></p> <p><i>“Totalmente conectado, rápido, sem filas, com resultados de exames rápidos e ambientes adequados para as necessidades de cada paciente com o auxílio da tecnologia e da própria humanização, as tecnologias leves devem sempre caminhar paralelamente às tecnologias duras.”</i></p> <p><i>“O hospital do futuro terá diferentes tipos de tecnologias materiais que irão oferecer suporte no cuidado aos pacientes, bem como se espera que todo o fluxo de dados ocorra de forma digital.”</i></p> <p><i>“Bem informatizado, no sentido de que os dados sobre os pacientes e seus tratamentos são passados e tratados de maneira mais rápida e eficiente, diminuindo o ruído entre as partes terapêuticas e, assim, reduzindo erros.”</i></p>

	<p><i>“Cercado de diversas tecnologias ligadas à robótica.”</i></p> <p><i>“Com muita tecnologia embarcada.”</i></p> <p><i>“Os hospitais terão mais recursos tecnológicos para melhorar o atendimento e tratamentos médicos.”</i></p> <p><i>“Receber pacientes que necessitam de tecnologias para dar suporte a tratamentos e diagnósticos considerando a individualidade de cada pessoa.”</i></p>
Mais eficientes	<p><i>“O hospital do futuro deve impactar na facilidade e na agilidade do atendimento das equipes, onde tudo deve ser planejado para tal.”</i></p> <p><i>“[...] manutenção mais ágil e prédios melhor conservados utilizando a tecnologia para prevenir danos antes do caos.”</i></p>
Mais acessíveis	<p><i>“Autônomo, acessível a todas as classes sociais, isento de filas.”</i></p>
Mais seguros	<p><i>“Ambientes mais seguros e melhoria das condições de trabalho.”</i></p> <p><i>“Dinamismo, diminuição de erros e baixo índice de contaminação.”</i></p> <p><i>“Cuidado de saúde com segurança e confiança nos dados de prontuários eletrônicos.”</i></p>
Mudança no espaço físico	<p><i>“Áreas mais funcionais e mais automação de atividades.”</i></p> <p><i>“Aumento das áreas de apoio ao diagnóstico e terapias e de internação intensiva.”</i></p> <p><i>“Unidades com menor área construída e menor fluxo de pacientes externos.”</i></p> <p><i>“Será mais flexível (a pandemia mostrou essa necessidade), com espaços podendo ser remanejados a depender da necessidade.”</i></p>
Mudança de foco	<p><i>“Focado mais na prevenção do que no tratamento.”</i></p> <p><i>“Um ambiente híbrido que utiliza a IA como forma de ampliação da qualidade de vida e longevidade.”</i></p>
Desospitalização	<p><i>“Dividido em vários edifícios, dito “sem muros”. Sempre seguro, eficiente e confortável.”</i></p> <p><i>“Será um hospital onde o paciente só frequentará se realmente for necessário, fazendo a grande parte do seu atendimento em casa.”</i></p> <p><i>“[...] com cuidados por meios virtuais apoiados por prescrições digitais.”</i></p>

Fonte: O autor (2023).

Os hospitais do futuro serão transformados pelas tecnologias emergentes, moldando-se para atender às crescentes demandas geradas pelo aumento populacional, maior expectativa de vida e incidência das doenças crônicas. As perspectivas indicam que serão espaços mais complexos, tecnológicos, sustentáveis e centrados no paciente, aprimorando e melhorando a prestação dos cuidados de saúde, por meio de processos mais eficientes, seguros e personalizados, pautando-se em soluções humanizadas, tanto assistenciais, quanto espaciais, promovendo o bem-estar durante o tempo de permanência no hospital.

Como já mencionado anteriormente e observado nas respostas obtidas, reforça-se um cenário de mudança nas estruturas de saúde nos últimos anos, onde o foco se volta para a prevenção, o que deve ser fortalecido ainda mais nos próximos anos.

O processo de desospitalização, através da ampliação dos centros médicos especializados, da telessaúde e do *home care*, possivelmente contribuirá para reforçar os princípios do SUS: universalização, equidade e integralidade (Brasil, 2023a). Além disso, o avanço tecnológico deverá contribuir para reduzir a presença física dos pacientes no hospital e estimular o ambiente domiciliar como parte do modelo assistencial.

A tecnologia terá um papel fundamental na forma como as informações são coletadas, processadas e armazenadas. Soluções inteligentes e integradas baseadas na conectividade e na interoperabilidade promoverão avanços significativos e permitirão diagnósticos mais ágeis e precisos e tratamento mais personalizados, seguros e eficazes.

Em termos de planejamento arquitetônico pode-se esperar uma otimização da estrutura físico-espacial influenciada pela desospitalização, procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos, menor tempo de permanência do paciente e aumento da terceirização de serviços, o que acarreta menores áreas de apoio administrativo, logístico e técnico, em relação ao aumento das áreas de apoio diagnóstico e terapia, para acomodar tecnologias e prover o suporte assistencial de alta complexidade.

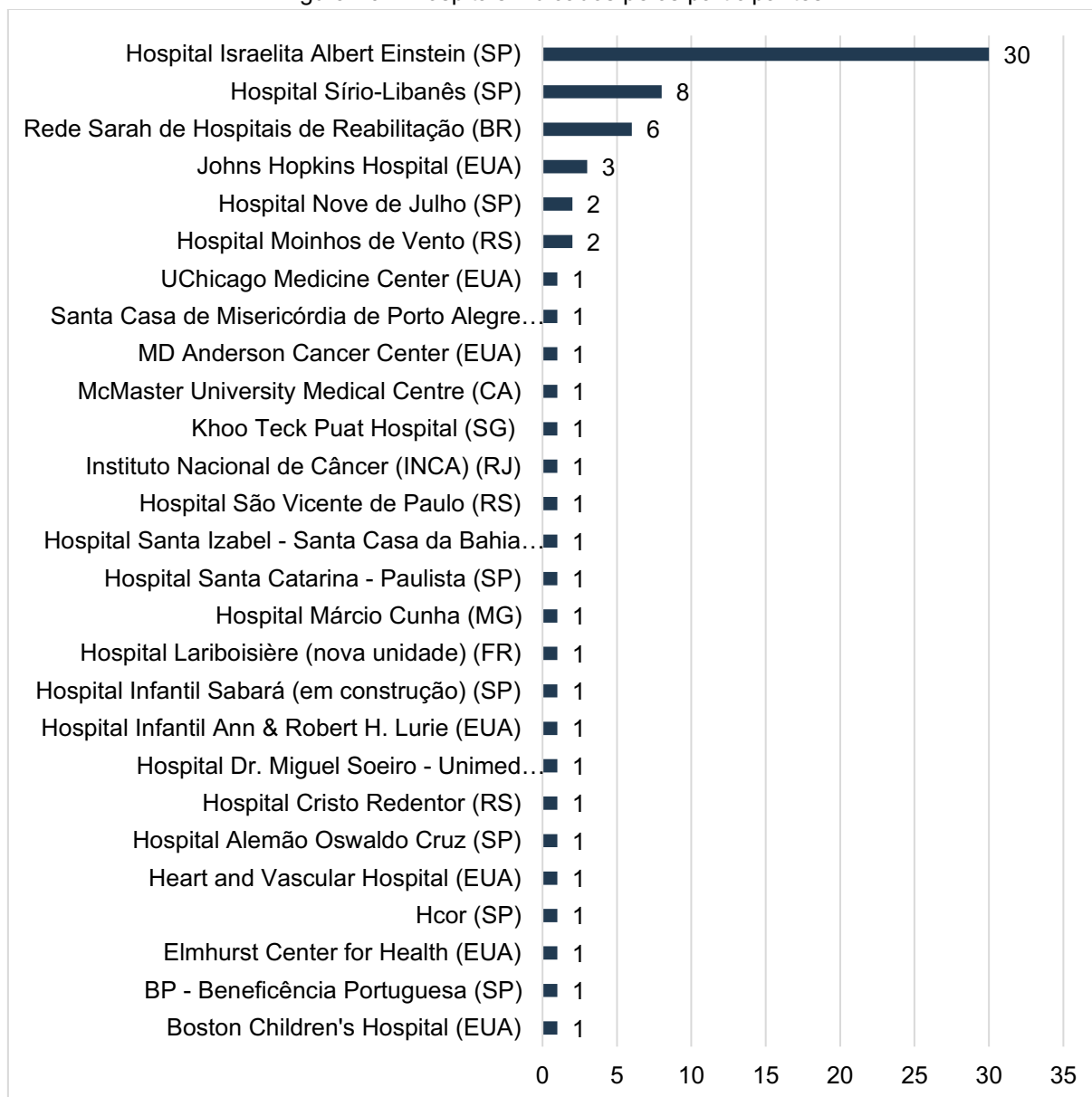
As respostas obtidas acerca das perspectivas para os hospitais do futuro são bastante realistas, sem criar utopias de um futuro incerto. O que são tratadas como tecnologias emergentes e de ponta hoje, talvez daqui a 10 ou 20 anos não sejam mais, ou possam ter sido apenas um meio de se chegar a outras tecnologias ainda mais avançadas. A certeza é a necessidade de fusão entre tecnologias e humanização, provendo um ambiente hospitalar mais humano.

Os arquitetos, engenheiros e outros profissionais envolvidos no projeto, construção e operação dos hospitais deverão estar atentos às tendências para que os hospitais do futuro sejam capazes de atender às necessidades da população, garantindo a saúde integral a todos.

Por fim, os participantes também foram questionados sobre exemplos de hospitais, no Brasil ou exterior, que sejam uma referência muito importante na incorporação de novas tecnologias na área da saúde ou que materialize o que seriam tendências para o planejamento arquitetônico do hospital do futuro. Entre os brasileiros indicados, destacam-se, com mais de uma menção, o Hospital Israelita Albert Einstein (SP), o Hospital Sírio-Libanês (SP), a Rede Sarah de Hospitais de

Reabilitação (BR), o Hospital Nove de Julho (SP) e o Hospital Moinhos de Vento (RS). Já do exterior, com 3 menções, está o Johns Hopkins Hospital (EUA). A lista completa dos hospitais é apresentada na Figura 20.

Figura 20 – Hospitais indicados pelos participantes.



Fonte: O autor (2023).

Evidencia-se que a opinião dos participantes converge com hospitais bastante renomados e presentes em alguns rankings nacionais e internacionais de melhores hospitais, como apresentado anteriormente.

4.2.2 Entrevistas

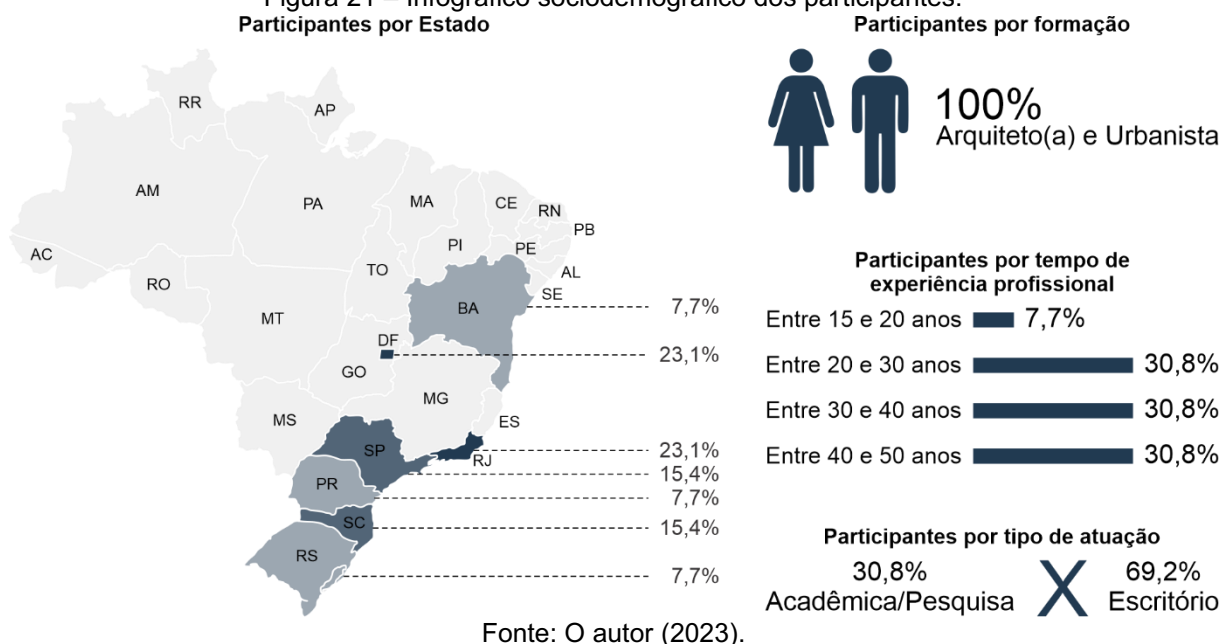
As entrevistas semiestruturadas foram realizadas com 13 profissionais respeitando os critérios de inclusão definidos: (I) ter relevante atuação nacional na área da saúde; (II) ter pelo menos 5 anos de experiência profissional. Todos os entrevistados possuíam formação em arquitetura e urbanismo e tempo de experiência profissional diversificado, sendo: 7,7% entre 15 e 20 anos, 30,8% entre 20 e 30 anos, 30,8% entre 30 e 40 anos e 30,8% entre 40 e 50 anos.

Com relação ao tipo de atuação, buscou-se por profissionais da área acadêmica/pesquisa e escritórios, possibilitando uma visão mais abrangente acerca da percepção dos participantes em suas diferentes formas de atuação. Assim, 30,8% dos profissionais atuam na área acadêmica/pesquisa e 69,2% atuam em escritórios.

Todos os entrevistados foram cuidadosamente selecionados por sua significativa atuação na área de arquitetura para saúde, representando alguns dos maiores pesquisadores e escritórios do país. Muitos deles também possuem significativa atuação na Associação Brasileira para o Desenvolvimento do Edifício Hospitalar (ABDEH), integrando as diretorias nacionais ou regionais. A experiência profissional dos participantes resulta em milhares de metros quadrados e significativas contribuições na arquitetura para saúde.

Com relação aos Estados, os participantes representaram diferentes regiões do país, sendo: Bahia, Distrito Federal, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. A Figura 21 apresenta um infográfico sociodemográfico com a síntese das características dos participantes entrevistados.

Figura 21 – Infográfico sociodemográfico dos participantes.



Inicialmente, os entrevistados foram questionados sobre o processo de implementação da Saúde 4.0 no Brasil e os principais desafios. Para 5 participantes, a pandemia de COVID-19 foi um marco determinante para o desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias nos sistemas de saúde. Os desafios impostos com o surgimento e expansão da emergência sanitária exigiram adaptações nas estruturas hospitalares e também mudanças na atuação dos profissionais de saúde perante a nova realidade, impulsionando o processo de digitalização. Um exemplo das transformações impulsionadas foi a telessaúde, que já existia antes da pandemia, mas entrou efetivamente em operação devido às medidas de distanciamento e isolamento social adotadas, que obrigaram os sistemas de saúde a oferecerem atendimentos remotamente à população.

Um dos entrevistados reflete que:

“[...] a gente está falando da Saúde 4.0 há quase 10 anos, então assim, já teve um avanço significativo.” (E4)

Outro também explana que:

“Nós estamos bastante avançados tecnologicamente, talvez não tanto na Saúde 4.0, mas já demos alguns passos essenciais.” (E7)

É possível perceber que apesar dos significativos avanços tecnológicos das últimas décadas, o Brasil ainda vive, na opinião dos profissionais, um atraso tecnológico quando comparado a países mais ricos. O Brasil é um país subdesenvolvido onde a tecnologia está chegando aos poucos. Apesar disso, já é possível encontrar hospitais operando dentro dos princípios da Saúde 4.0. Entretanto, estes centros de excelência são relativamente pouco numerosos, em geral, são hospitais privados e localizados nos grandes centros urbanos do país, principalmente nas regiões sudeste e sul (São Paulo, Rio de Janeiro, Porto Alegre, por exemplo). Para um dos entrevistados, existe um cenário dicotômico, conforme explica:

“Eu vejo o cenário do Albert Einstein lá em São Paulo e eu vejo o cenário do hospital de Ponte Serrada¹⁰ e é uma realidade abissal as diferenças. Lá em São Paulo o cara tá fazendo procedimento com o Da Vinci, ou qualquer robô desses. Lá em Ponte Serrada o cara não tem o mínimo recurso para fazer uma cirurgia. Então, primeiro que a realidade ela é dicotômica, né?” (E8)

O Brasil é um país de proporções continentais com diferenças regionais significativas de norte a sul, de leste a oeste. São contextos econômicos, sociais, culturais, políticos, entre outros, muito diversificados e isso precisa ser considerado no modo como os serviços de saúde serão prestados para a população, conforme sugere um dos entrevistados:

“Não dá para a gente chegar em um hospital da região norte e não considerar a cultura ribeirinha, não considerar a relação com a água, não considerar os povos originários, então é por isso que lá se tem o barco hospital. Então você tem que atender as necessidades das pessoas. As pessoas têm costumes diferentes, culturas diferentes, portanto e conseqüentemente, necessidades diferentes, né?” (E4)

Outro entrevistado reflete acerca do papel da tecnologia no acesso aos serviços de saúde, conforme exemplifica:

¹⁰ Município localizado no Oeste do Estado de Santa Catarina.

“[...] o positivo eu acho que é você conseguir acessar pessoas onde antes a gente não acessava, né? Você poder fazer uma mesa redonda com um grupo de médicos do outro lado do mundo para uma cidadezinha do interior do Amazonas, por exemplo. Levar para que todos tenham acesso a essa tecnologia que hoje existe e que não é acessível para todo mundo, né? Ela é muito acessível para uma camada da população ainda.” (E6)

Com isso, cabe lembrar da relevância social da arquitetura enquanto instrumento promotor de qualidade de vida. A arquitetura pretende sempre ser um agente de transformação e promoção de bem-estar social, físico e espiritual do ser humano. Nessa perspectiva, um dos entrevistados aponta:

“Quem trabalha com arquitetura para saúde, tem que pensar nesse impacto que a gente tem na sociedade, né? Qual a melhor forma da gente trazer espaços de qualidade mais efetivos, mas que sejam sustentáveis não só ambientalmente, né? Porque a sustentabilidade é isso, tem a sustentabilidade econômica e social também. Eu acho que essa é a nossa principal missão. É o legado que a gente pode deixar.” (E1)

É possível evidenciar que a Saúde 4.0 está “caminhando a passos lentos” e muitas das tecnologias emergentes ainda estão para serem incorporadas nos hospitais, conforme aponta um dos entrevistados:

“[...] a gente vive uma dicotomia muito grande, né? Quando você analisa a saúde SUS, o Sistema Único de Saúde, e a saúde iniciativa privada, são dois universos, né? [...] Existem algumas ilhas de excelência dentro do Sistema Único de Saúde, mas isso acaba não sendo um padrão porque depende muito da gestão ou do gestor. [...] Na iniciativa privada a gente também tem dois universos: os hospitais menores, que são a grande maioria, aqueles hospitais de cidades com até 50 mil habitantes ou 100 mil habitantes, hospitais de no máximo 50 leitos, de baixa e média complexidade, esses ainda não descobriram esse universo. [...] O nosso parque de saúde, não é nada homogêneo, né? Ele é heterogêneo. Tanto no SUS quanto na iniciativa privada.” (E1)

A partir disso é importante entender a necessidade de definição do perfil assistencial das unidades hospitalares para com isso determinar o nível tecnológico necessário, considerando que nem todos os hospitais estarão no mesmo patamar.

Conforme dados do IBGE (2023), mais de 88% dos municípios brasileiros estão na faixa de até 50 mil habitantes, enquanto a quantidade de municípios com mais de 100 mil habitantes representa apenas 5,72%. Além disso, é compreensível que os hospitais possuem diferentes portes, diferentes tipos de abrangência geográfica e diferentes sistemas jurídicos, o que se reflete em um conceito já apresentado anteriormente nesta pesquisa, que são os diferentes níveis de maturidade em hospitais.

Nesse cenário também é essencial destacar a importância da atenção primária e a necessidade de políticas públicas mais decisivas. Fortalecer a atenção primária é uma forma de mudar o paradigma hospitalar já discutido anteriormente, onde os hospitais se tornam cada vez mais especializados, com foco na alta complexidade. Isso foi apontado nas seguintes respostas:

“Se tiver uma atenção primária melhor, a gente vai ter muito menos gente internada no hospital.” (E6)

“[...] se por um lado você consegue desospitalizar, vamos dizer assim, fazendo procedimentos ambulatoriais, tirando do hospital, e conseqüentemente o hospital perdendo a importância, fazendo isso através de clínicas, UBS e tudo mais. Mas, por outro lado, tem uma população cada vez ficando mais idosa e o idoso querendo ou não, por mais avançado que seja a técnica médica, vamos dizer assim, acaba precisando de hospitalização em muitas situações, né? Então a gente talvez tenha aí um edifício onde UTIs passam a ter importância cada vez maior, né?” (E9)

Nesse processo de implementação da Saúde 4.0 no Brasil foi possível identificar junto aos participantes os principais desafios associados. Foi apontada a infraestrutura carente, tanto física, quanto tecnológica e de rede, em muitas regiões, que precisa ser preparada para atender às novas necessidades. As questões relacionadas à segurança da informação e a interoperabilidade também são essenciais tratando-se da proteção de dados sensíveis dos pacientes.

Mudanças são um fator de resistência para muitos profissionais de saúde. Nesse sentido, investimentos em educação e treinamentos são fundamentais para prepará-los para o uso e convivência com o novo. Muitos hospitais de excelência no

país estão criando e desenvolvendo seus próprios centros de ensino, preparando os profissionais para atuarem em conformidade com as novas necessidades do setor.

Outro aspecto apontado de forma recorrente são os desafios financeiros relacionados à aquisição das tecnologias e treinamento dos profissionais. Isso se reflete não apenas na saúde, como em muitos outros setores, prejudicando o desenvolvimento do país. No setor público, em específico, há inúmeros desafios orçamentários, como a dificuldade até mesmo em proporcionar a manutenção mínima indispensável ao funcionamento dos EAS. Além disso, há questões relacionadas aos processos licitatórios que implicam em tomada de preços que também acabam influenciando diretamente na qualidade da estrutura físico-espacial dos hospitais.

Por fim, um dos entrevistados também apontou desafios associados às gestões federais, estaduais e municipais e a falta de entendimento desses no gerenciamento da saúde e no desenvolvimento e promoção de políticas públicas. Visivelmente existe uma descontinuidade nos processos iniciados por uma gestão executiva anterior, quando da mudança de gestores, o que impacta negativamente em diversos setores da saúde e na continuidade das ações e políticas implementadas.

Nos últimos anos, no entanto, diversas iniciativas para implementação da Saúde 4.0 foram desenvolvidas pelo Governo Federal, conforme apresentado na seção 3.2.1, demonstrando o interesse em apoiar e expandir as ações de digitalização do SUS.

Outro aspecto importante, é que o país possui um ecossistema de inovação que vem crescendo gradualmente e se destacando internacionalmente no desenvolvimento de novas tecnologias. Empresas, *startups* e instituições de pesquisa têm trabalhado conjuntamente no desenvolvimento de soluções inovadoras, contribuindo para a implementação da Saúde 4.0. Já em uma perspectiva de médio e longo prazo, um dos participantes sugere que o ecossistema de saúde será alterado. O futuro da saúde não será das empresas de saúde, mas sim, das empresas de tecnologia como, por exemplo, Apple, Amazon, Microsoft, Tesla e outros *players* para além da cadeia convencional.

Na sequência, os entrevistados foram questionados sobre as atuais estruturas físicas dos hospitais brasileiros e sua adequabilidade para incorporar tecnologias emergentes. Evidencia-se que houve um consenso entre os profissionais acerca da infraestrutura carente em que se encontra boa parte dos hospitais. Com exceção dos

poucos hospitais considerados de referência, como já mencionado anteriormente, na percepção dos respondentes, os demais não possuem condições adequadas e favoráveis para a incorporação tecnológica. Os entrevistados apontam que:

“[...] as atuais estruturas não são adequadas nem para o básico, né?” (E1)

“[...] às vezes a gente tenta avançar, mas o básico ainda não tá resolvido, né? (E6)

A realidade é que em boa parte dos hospitais faltam recursos para acompanhar o desenvolvimento tecnológico. Ao longo desta pesquisa foi apresentado um panorama da situação dos hospitais brasileiros e discutidas as condições em que se encontram. Como apontado pelos entrevistados, em muitos hospitais ainda falta o básico, impactando diretamente em todos os aspectos discutidos. Infraestrutura deficiente, com instalações inadequadas e falta de manutenção; falta de equipamentos básicos, como respiradores e monitores cardíacos; falta de suprimentos médicos (luvas, máscaras, entre outros) e medicamentos; falta de capacitação e treinamento dos profissionais de saúde; dificuldades de acesso à internet e conectividade; são apenas alguns exemplos que refletem os desafios que precisam ser superados.

Outro entrevistado reflete que:

“A gente tem muito o que evoluir ainda. A gente precisa do básico da qualificação, sabe! A gente precisa ainda de obras e projetos qualificados, minimamente qualificados, seguindo a norma, né? Pensando no básico, para daí a gente conseguir evoluir.” (E1)

Tais questões são um problema amplo que não será discutido em profundidade nesta pesquisa. No entanto, é importante ter ciência dessa realidade e dos desafios a serem superados, para a partir disso incorporar efetivamente as tecnologias emergentes, levando seus benefícios para a sociedade.

É necessário também entender dois contextos que emergiram nas entrevistas: hospitais existentes e hospitais a serem construídos. Cabe refletir sobre o que é digitalizar um hospital existente e o que é nascer digital. Os novos hospitais são

desenvolvidos com características que possibilitam a incorporação de tecnologias emergentes. Um dos entrevistados comenta que:

“[...] não significa que eles nascem digitalizados, tá! Significa que eles têm mais facilidade de seguir a jornada da digitalização.” (E8)

Já com relação aos hospitais existentes, a maioria enfrenta desafios no processo de incorporação tecnológica, conforme observado nas seguintes respostas:

“[...] não tem capacidade, especialmente os antigos.” (E11)

“[...] tem hospital antigo com mais de 50 anos aqui no Brasil que, com certeza, tem muita dificuldade em se adaptar para tecnologias atuais, né?” (E12)

Isso ocorre devido à própria estrutura dos hospitais, desenvolvida de maneira convencional e sem prezar pelos princípios de flexibilidade necessários para a adaptação frente às novas demandas. Um dos entrevistados explica:

“Então, eu acho que a gente tem prédios hoje que com certeza conseguem incorporar tecnologias novas, sejam elas quais forem, independente da gente discutir aqui quais sejam. Agora, tem muitos ainda, principalmente porque são edifícios antigos, que não conseguem. Mas ainda hoje eu vejo edifícios novos sendo feitos sem que tenha um mínimo de flexibilidade para você incorporar novas tecnologias, né? [...] E na medida em que você consegue fazer um prédio flexível, você consegue incorporar de uma forma mais tranquila as tecnologias que forem, né? Agora, ainda hoje tem projeto sendo feito com estrutura, por exemplo, de pilar e viga, que engessa qualquer projeto.” (E9)

O processo de reforma é necessário diante de qualquer necessidade de adaptação do espaço para atender novas demandas. Quando as adaptações não são possíveis, novos blocos são construídos para acomodar as novas tecnologias e assim, conforme aponta um dos entrevistados:

“[...] o hospital é o canteiro de obras eterno.” (E3)

Conforme um dos entrevistados, as edificações hospitalares seguem um ciclo constante composto por: projeto, construção, operação, avaliação pós-ocupação, manutenção e reforma. No momento em que as edificações não possuem mais a capacidade de adaptação, acabam se tornando apenas memórias da saúde. A Figura 22, representa esquematicamente o ciclo de vida da edificação hospitalar.

Figura 22 – Ciclo de vida das edificações hospitalares.



Fonte: O autor (2023).

Oportunamente, questionou-se acerca dos motivos para adaptação das edificações, buscando compreender se as reformas, ampliações e adequações realizadas nos hospitais são originadas devido à incorporação tecnológica ou condicionadas por outros fatores delimitadores de projeto. De modo geral, essas acontecem por variadas questões relacionadas à operação do empreendimento: iniciar a prestação de um novo serviço; ampliar a capacidade de atendimento de determinada unidade (número de leitos, por exemplo); parque tecnológico obsoleto que precisa ser substituído pela incorporação de novas tecnologias; melhorias no funcionamento da unidade.

Além disso, os profissionais entrevistados apontaram algumas das principais dificuldades encontradas nos hospitais brasileiros diante da realização de reformas, ampliações e adequações. As dificuldades se apresentam na própria estrutura físico-

espacial dos hospitais, principalmente mais antigos, desenvolvidos de maneira convencional e sem a flexibilidade necessária para adaptação.

Os profissionais apontaram que geralmente os espaços são pequenos para acomodar tudo o que é necessário de acordo com as novas necessidades requisitadas pela gestão hospitalar e pelos profissionais de saúde. A rigidez da estrutura não comporta grandes equipamentos como, por exemplo, os de apoio diagnóstico, devido ao dimensionamento dos espaços, alturas de pé-direito e a própria infraestrutura de instalações complementares. Além disso, a inexistência ou dificuldade em conseguir os projetos de *As Built* dificulta a identificação das instalações situadas sobre os forros e no interior das paredes.

Posteriormente, os profissionais foram questionados com a seguinte pergunta: “Como você vê o papel da RDC n.º 50 nesse contexto de avanços tecnológicos e transformações arquitetônicas constantes? O que você acha que será necessário em termos de normas para atender as tendências futuras?”.

Inicialmente é importante contextualizar que a Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) “considerando a necessidade de dotar o País de instrumento norteador das novas construções, reformas e ampliações, instalações e funcionamento de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde” publicou em 21 de fevereiro de 2002 a RDC n.º 50 que “dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde” (Brasil, 2002).

Com isso, segundo Carvalho (2017), o Brasil é um dos países do mundo que possui as normas mais avançadas com relação à arquitetura para saúde. Trata-se de algo de extrema relevância, contribuindo para a qualificação dos espaços que atendem à demanda da população com relação aos serviços de saúde. Isso se reflete em uma das respostas obtidas:

“A RDC é uma das normas internacionais, uma das normas de saúde de parâmetro para construção de edifícios de saúde, melhor no mundo.” (E2)

A partir das entrevistas com os profissionais evidencia-se que a RDC n.º 50 é muito valorizada e importante dentro do contexto de desenvolvimento dos EAS. A forma como a norma foi redigida e estruturada possibilitou fácil entendimento e

aplicação, garantido um padrão de qualidade para os projetos. No entanto, a saúde, de modo geral, evolui em ritmo acelerado e os EAS precisam acompanhar essa evolução, assim como as normas.

A necessidade de atualização constante da norma foi apontada majoritariamente pelos entrevistados como principal aspecto para atender as tendências futuras. Na percepção dos entrevistados, tendo em vista que a RDC é de 2002, faz-se necessária sua atualização para contemplar uma série de novos EAS, novos ambientes e novas formas de atendimento, além de todos os aspectos tecnológicos que constantemente são modificados. Isso pode ser evidenciado na resposta:

“A gente precisa muito que essas normas sejam revistas de acordo com a nossa atualidade, das coisas que estão acontecendo agora, né?” (E12)

Apesar de existirem diversas outras resoluções e portarias complementares à RDC, nota-se que sua atualização é urgente para se alinhar às demandas atuais. Cabe salientar que entre 2018 e 2019 houve uma tentativa de atualização da norma que resultou em uma minuta, submetida à consulta pública, no entanto, por motivos desconhecidos a proposta não teve continuidade.

Por fim, os entrevistados também foram instigados a refletir sobre os hospitais do futuro através da seguinte pergunta: “Como você imagina que serão os hospitais do futuro?”. A nuvem de palavras (Figura 23) reflete os principais termos utilizados para definir os hospitais do futuro extraídos a partir da análise de conteúdo, destacando-se as palavras: tecnológicos, humanizados, *home care*, telessaúde, alta complexidade, hospitais especializados, mais humanos e personalização do cuidado.

Figura 23 – Termos utilizados para definir os hospitais do futuro.



Responder esse questionamento não foi uma tarefa simples para os entrevistados, resultando em respostas por vezes não tão aprofundadas, mas, em contrapartida, bastante sólidas e com indicações de um futuro provável e plausível. Conforme opinam os seguintes entrevistados:

“Essa coisa da gente falar do hospital do futuro é importante, mas, ao mesmo tempo, é um enigma, né? A gente não tem como definir o que vai ser daqui a seis meses.” (E6)

“O futuro, eu acho que está no ar. Não está concreto, tá!” (E7)

Os hospitais do futuro serão moldados pelas próprias transformações que estão ocorrendo na prestação dos serviços de saúde, nos cuidados centrados no paciente e no desenvolvimento e incorporação de tecnologias emergentes.

A opinião dos profissionais entrevistados converge com o que já foi apresentado anteriormente nos resultados do questionário. Acredita-se no reposicionamento do hospital como um centro de referência em alta complexidade, equipado tecnologicamente e com equipes altamente qualificadas para prover atendimentos e tratamentos personalizados em ambientes mais agradáveis e

saudáveis, pautados ainda mais na humanização, tanto assistencial, quanto espacial. Acerca disso, um dos entrevistados opina:

“[...] eu acho que nós temos essa obrigação de fazer uma coisa mais humana, mais integrada, mais ambientalmente agradável, né? [...] Hospitais do futuro são hospitais que respeitam mais a necessidade da relação do homem com a natureza.” (E8)

A autonomia do paciente no ambiente hospitalar do futuro também será maior, por meio de sua participação ativa no processo de cuidado e na tomada de decisões, através do autoatendimento e de informações acessíveis e precisas sobre a situação clínica, baseada em dados em tempo real.

Por outro lado, se amplia o processo de desospitalização através dos centros médicos especializados, da telessaúde e do *home care*, permitindo que os tratamentos cheguem até o paciente, independentemente do local onde ele esteja. Isso contribuirá para reduzir a necessidade de presença física no hospital e conseqüentemente a necessidade de alguns espaços de atendimento primário, dando ênfase para o ambiente domiciliar.

Os hospitais do futuro não refletem apenas avanços tecnológicos, mas também uma evolução em todos os aspectos da prestação dos serviços de saúde. Consiste em um ecossistema para além do hospital enquanto espaço físico delimitado, envolvendo outros EAS e ambientes virtuais de saúde, para prover um atendimento mais acessível e equitativo à população. Nesse sentido, conforme apresentou Bitencourt Filho (2023) em palestra,

O hospital do futuro estará em constante mudança, como um teatro, transformando o seu espaço a cada evento e, por vezes, com as mudanças globais. A ideia de um hospital para o futuro explora a crença de que o hospital poderia flutuar para se adaptar a uma variedade de necessidades futuras e, ao mesmo tempo, tornar-se uma tipologia autossuficiente. Poderia ser onipresente e de alta tecnologia, funcionar como um centro de distribuição, reconstruir-se a partir dos seus próprios resíduos, cultivar os seus próprios medicamentos e tornar-se completamente automático. [...] Definitivamente não existe um modelo único, não existe uma direção única, uma estratégia arquitetônica. Existem muitos caminhos da arquitetura para a saúde e as demandas são diversas que devem ser aliadas ao conhecimento e às necessidades sociais.

Há em curso uma mudança de paradigma na saúde, de modo geral. Será imprescindível que os EAS se transformem para acompanhar às crescentes demandas geradas por fatores já comentados: aumento populacional, maior expectativa de vida e incidência das doenças crônicas. Espera-se que o hospital do futuro assuma um papel de coadjuvante no processo de promoção da saúde, prestando atendimentos para casos onde o hospital seja indispensável, destinando primordialmente para a alta complexidade.

Além disso, espera-se que as novas edificações sejam projetadas com atributos ambientais essencialmente necessários em espaços com propriedades curativas como, abundância de iluminação natural, relação entre interno e externo, jardins, layout com fluxos eficientes, conforto ambiental, humanização, biossegurança. Isso tudo apoiado em princípios de Design Baseado em Evidências (DBE), neuroarquitetura¹¹, biofilia e design salutogênico.

¹¹ Termo popular para se referir a neurociência aplicada à arquitetura.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção os resultados da revisão da literatura e dos levantamentos de campo serão discutidos, apresentando os impactos das tecnologias emergentes e as tendências para a arquitetura hospitalar.

A revisão da literatura permitiu contextualizar o cenário atual da Saúde 4.0, mapear tecnologias emergentes, seus principais desafios e benefícios, bem como suas relações e potenciais impactos no ambiente construído hospitalar. A evolução tecnológica na saúde é um processo que vem ocorrendo gradativamente desde o surgimento dos primeiros atendimentos à saúde propriamente ditos. No entanto, nas últimas décadas, com o advento das TICs, esse avanço foi impulsionado de uma maneira jamais prevista pela humanidade (Macedo; Martins; Tourinho, 2022).

Os levantamentos de campo apontaram que as tecnologias emergentes de fato provocam impactos nas edificações hospitalares. Isso pode ocorrer tanto de forma direta, quanto indireta, de maneiras menos visíveis, mas igualmente importantes. Apesar da maior parte das tecnologias estarem relacionadas a categoria de megatendências digitais proposta por Schwab (2016), e não refletirem diretamente no ambiente, quando se analisa mais detalhadamente seus benefícios, chega-se à conclusão que indiretamente elas contribuem em diversos aspectos. Por exemplo, a telessaúde pode não representar impactos significativos no ambiente diretamente, mas reduz indiretamente a necessidade de presença física do paciente no hospital, o que por consequência resulta na otimização espacial para atendimentos ambulatoriais ou de urgência e na criação de salas específicas para a conexão remota dos profissionais. A análise de dados pode indiretamente prever padrões de demanda e permitir o ajuste na capacidade e distribuição das áreas hospitalares. Já a realidade aumentada, virtual e mista, pode contribuir tanto com o tratamento dos pacientes, quanto com o treinamento e simulação de procedimentos cirúrgicos, podendo influenciar no design das salas cirúrgicas para atender necessidades específicas. Com isso, é possível compreender que as tecnologias emergentes podem não impactar diretamente, mas indiretamente moldam a forma como os espaços são projetados e utilizados.

Além disso, muitas das tecnologias mencionadas ao longo desta pesquisa estão incorporadas nos próprios equipamentos hospitalares como, por exemplo,

tomografia computadorizada, ressonância magnética, ultrassom e raio-x, que devido ao seu porte geram impactos significativos nas edificações hospitalares.

Como já mencionado anteriormente, percebe-se que as tecnologias geram impactos em todo o empreendimento de saúde, transpondo os aspectos relacionados à estrutura físico-espacial dos hospitais, abrangendo também aspectos como a assistência à saúde, eficiência e produtividade, estrutura organizacional e operacional, entre outros. Assim, os diferentes impactos identificados serão discutidos na sequência.

Posteriormente, a partir desses impactos foi possível identificar tendências para a arquitetura hospitalar como forma de atender as necessidades requisitadas pelas tecnologias, preparando as edificações hospitalares para as demandas futuras através de projetos inteligentes e com soluções amparadas em estratégias adequadas à incorporação tecnológica.

As edificações hospitalares estão em constante mutabilidade e evolução, o que reflete na busca por conceitos e ferramentas para o planejamento e execução dessas edificações, bem como suas reformas, ampliações e adequações. A incorporação das novas tecnologias não se esgota e diante disso, o desafio é alinhar a vida útil da estrutura hospitalar às variadas mudanças tecnológicas (Reis, 2021). As tendências evidenciadas por meio dos levantamentos de campo contribuem para o planejamento de hospitais com foco na tecnologia e inovação.

5.1 IMPACTOS DAS TECNOLOGIAS EMERGENTES

5.1.1 Impactos no ambiente construído

As tecnologias estão provocando mudanças na forma como as edificações hospitalares são projetadas, construídas e operadas, refletindo em significativas alterações na forma, tamanho e função. Conforme Gregory (2022), as tecnologias emergentes estão associadas a impactos no projeto, na construção e no ciclo de vida contínuo das instalações.

Os impactos identificados nas respostas foram subcategorizados em três dimensões: espaço físico; desospitalização; e sustentabilidade e eficiência energética, sendo que a primeira dimensão apresenta os elementos temáticos mais significativos,

abrangendo: automação ambiental, dimensionamentos dos espaços, flexibilidade hospitalar, fluxo de pacientes, infraestrutura, materiais de acabamento, modernização dos espaços, novos processos e materiais construtivos, programa de necessidades e sensores ambientais.

A automação associada a sensores ambientais está sendo fundamental para a melhoria da qualidade de internação e experiência do paciente e para a própria eficiência energética da edificação. Sistemas inteligentes controlam e monitoram temperatura, iluminação, ventilação, umidade e qualidade do ar, resultando em um ambiente mais confortável e saudável. A adoção dessas soluções está se tornando cada vez mais frequente com softwares que integram automação ambiental com parâmetros fisiológicos de saúde, em dispositivos móveis acoplados na beira dos leitos.

As tecnologias emergentes estão impactando também, e mais efetivamente, no dimensionamento dos espaços e no programa de necessidades. A literatura indicou a diminuição do número de leitos hospitalares e dos próprios hospitais (Macedo; Martins; Tourinho, 2022). Carvalho (2014) aponta que essa é uma tendência observada em todo o mundo e influenciada, entre outros fatores, pelo crescimento do número de cirurgias não invasivas, que por consequência diminuem a necessidade de recuperação em leitos hospitalares.

No entanto, as respostas obtidas indicam a redução do tamanho de determinados ambientes/áreas (ambulatório, apoio logístico, apoio técnico, internação) enquanto outros aumentam devido às novas configurações e demandas (apoio diagnóstico, apoio terapêutico, centro cirúrgico e obstétrico, UTI e CTI). Conforme observado:

“Alguns espaços deverão aumentar devido à participação de equipamentos (robótica em centro cirúrgico e outros ambientes complexos), mas outros poderão se extinguir ou diminuir devido aos ambientes virtuais e consultas à distância, por exemplo.”

“Novas configurações espaciais (mais reduzidas e otimizadas).”

“Vários novos ambientes. Estacionamento de drones, recarga de robôs, etc.”

“Otimização de atividades e como consequência otimização das áreas físicas.”

Observa-se uma mudança constante nas dimensões dos equipamentos, na quantidade de usuários e na própria configuração arquitetônica da edificação. Nesse sentido, o desenvolvimento de *layouts* inteligentes são fundamentais para acomodar equipamentos, pacientes e profissionais de saúde, maximizando o uso do espaço. O setor de apoio diagnóstico, por exemplo, requer atenção considerando a necessidade de previsão de portas, corredores e acessos amplos para a entrada de equipamentos, conforme indicado:

“Grandes equipamentos, como ressonância magnética, requerem uma rota de entrada significativa com impacto no arquitetônico. Equipamentos ancorados na parede e no teto, tais como painéis, régua e estativas... São exemplos que melhor representam o tipo de tecnologia que acarreta em grandes mudanças nos projetos.”

Com relação à UTI, em três estudos de caso realizados, Cavalcanti *et al.* (2021) identificou o subdimensionamento de ambientes, que apesar de atenderem à área mínima recomendada pela RDC n.º 50, foram considerados insuficientes pelos profissionais de saúde para acomodar todos os equipamentos hospitalares e a realização das atividades necessárias. Isso se deve, possivelmente, a uma incorporação crescente de tecnologias e ao aumento das dimensões de alguns móveis e equipamentos utilizados em UTIs ao longo dos últimos anos, bem como a novas necessidades da equipe de saúde, sem que a área mínima exigida pela norma por leito tenha sido revista.

Refletindo sobre as transformações dos centros cirúrgicos, percebe-se atualmente que os procedimentos vêm requerendo alto suporte tecnológico para fornecer aos cirurgiões um ambiente mais seguro, preciso e resolutivo aos problemas de saúde dos pacientes (Zalocco; Rojas; Verdeyen, 2022). O aumento das ferramentas e equipamentos em salas cirúrgicas desafia arquitetos e engenheiros a projetarem espaços que possibilitem um fluxo de trabalho harmonioso e adequado às novas necessidades provenientes da incorporação de tecnologias emergentes (Belluzo; Mancera, 2022).

Um exemplo aplicado das transformações que vêm ocorrendo no centro cirúrgico está relacionado ao tamanho das salas. A recomendação das normas para uma sala de cirurgia geral é de 35m² a 40m². Entretanto, considerando salas mais avançadas, novas diretrizes sugerem 60m² a 80m² para assim fornecer espaço adequado para múltiplos braços de teto, instalações de gases, equipamentos de fluoroscopia, laser, bombas de irrigação, sistemas integrados de vídeo, equipamentos de imagem e cirurgias assistidas por robôs (Belluzo; Mancera, 2022). As respostas também indicam que:

“A robótica seguirá mudando as áreas de exames e cirurgias, reduzindo a necessidade de espaços para pessoas e ampliando para máquinas (cada uma com necessidades espaciais específicas).”

Nesse sentido, é possível refletir sobre a união da robótica e da conectividade. A possibilidade de realização de cirurgias robóticas à distância já é uma realidade e arquitetonicamente espaços precisam ser planejados para atender essa demanda de conexão. Os centros cirúrgicos modernos devem permitir a conexão do cirurgião a qualquer lugar do mundo em tempo real, tanto para ensino, quanto para colaboração cirúrgica (Medeiros; Araújo-Filho, 2017). Além disso, os hospitais também precisam estar preparados para se conectar aos grandes centros de excelência em tratamento e pesquisa do mundo, conforme relatado por Costeira (2022). Tais questões implicam na necessidade de espaços e infraestrutura adequados, como apontado:

“Construção de ambientes de maior conectividade e ampliação da infraestrutura tecnológica dos serviços.”

“O edifício hospitalar terá que estar preparado para conexões entre os diversos sistemas e para o mundo. Redes, aterramento, bloqueios para sigilo, preparo da estrutura para novas cargas de maquinário, elétrica readequada e redimensionada e rede lógica flexível e expansível.”

A telessaúde já é uma realidade tanto no sistema privado, como no público, e exigirá menor necessidade de espaço físico nos hospitais, já que permite a prestação de serviços de saúde, como consultas, diagnósticos e tratamentos, sejam realizados de forma remota, personalizada e eficiente. Em contrapartida, irá requerer o

planejamento de salas específicas para o atendimento de telessaúde, refletindo em novos espaços hospitalares, até então inexistentes, conforme evidenciado nas seguintes respostas:

“A telessaúde tende a reduzir o volume de pacientes e acompanhantes para consultas de algumas especialidades, mas necessitando de salas/espacos mais compactos para os médicos atenderem à distância.”

“Criação de áreas de monitoramento à distância e redução de áreas de laudos e consultas dentro do hospital.”

A adoção do *home care* é outra forte tendência a médio prazo e impactará na diminuição das áreas de internação comum e aumento das áreas de internação crítica, relatado também por Costeira (2018) e Machry (2010).

As tecnologias requerem mudanças na infraestrutura física e tecnológica das edificações. Os avanços nos equipamentos médicos necessitam avançados e robustos sistemas de cabeamento, com redes de fibra óptica e de comunicação 5G, seguras e interoperáveis, para suportar os dispositivos e informações, aumentando também a carga elétrica. Uma das respostas reflete sobre as áreas técnicas:

“Noto que cada vez mais é preciso prever espaços maiores e com características ambientais específicas para as áreas técnicas que servem de suporte para toda a tecnologia hospitalar rodar.”

Os novos sistemas de *cloud computing* e *fog computing* requerem espaços maiores e bem ventilados para receber os servidores. Enquanto em hospitais antigos existiam pequenas salas de TI, nos novos são reservadas grandes áreas técnicas para suporte à informação que ocupam, em determinados casos, andares inteiros da edificação.

A flexibilidade dos ambientes é um fator muito importante diante da necessidade constante de adaptabilidade dos espaços para atender demandas específicas associadas a novas tecnologias e novos procedimentos. Os espaços se tornarão cada vez mais tecnológicos e as edificações precisam flexibilizar a incorporação. Além disso, em cenários de emergências sanitárias, como evidenciado

nos últimos anos com a pandemia de COVID-19, ficou comprovada a importância desse conceito para o adequado funcionamento dos hospitais diante de crises.

Os materiais de acabamento também estão evoluindo conforme as soluções da indústria evoluem, tornando-se mais duráveis, resistentes, seguros e higiênicos. Revestimentos especiais para o contexto hospitalar, bem como superfícies antimicrobianas estão sendo adotados em projetos. Além disso, evidencia-se o surgimento e desenvolvimento de novos processos e materiais construtivos, como a impressão 3D e a construção modular, que tornam a execução de obras mais rápidas, limpas e adaptáveis, reduzindo os custos associados, conforme indica as respostas:

“[...] materiais de acabamento mais eficientes e com maior vida útil.”

“[...] materiais, tintas e novas superfícies que eliminam vírus e bactérias vão ser o mais importante no projeto a fim de não permitir a contaminação de superbactérias.”

“Além da implantação de novas tecnologias é preciso complementar com utilização de novos processos e materiais construtivos.”

Por fim, as respostas também indicam impactos na sustentabilidade e eficiência energética, sendo esta uma pauta fundamental para todos os envolvidos em todas as etapas de projeto, construção e operação dos hospitais. Adotar práticas sustentáveis na contemporaneidade é fundamental para reduzir a pegada de carbono e garantir um planeta saudável para as gerações futuras.

5.1.2 Impactos na assistência à saúde

As perspectivas para a assistência à saúde são bastante promissoras diante da incorporação de tecnologias emergentes. Evidenciou-se no decorrer desta pesquisa, que os impactos mais diretos das tecnologias emergentes se voltam para a prestação dos cuidados de saúde, pautando-se sempre na qualidade do atendimento, observável na seguinte resposta:

“Teremos como premissa a melhoria do atendimento aos pacientes e maior qualidade no serviço prestado.”

A Saúde 4.0 facilita a transição de organizações centradas no hospital para organizações centradas no paciente, como apresentado na RSL. Além disso, sua finalidade é melhorar e promover a personalização dos cuidados, o que fica muito evidente nas respostas obtidas que apontam impactos favoráveis que contribuem para a autonomia do paciente, personalização do atendimento, humanização, conforto e bem-estar, melhorias no diagnóstico e tratamento, precisão médica e tempo de permanência do paciente no EAS.

Nessa perspectiva, as tecnologias possibilitam que o paciente assuma um papel mais ativo na gestão de sua própria saúde, permitindo a tomada de decisões baseadas na maior disponibilidade de dados em tempo real, por exemplo, aumentando assim, sua autonomia no processo de tratamento. O acesso remoto à assistência é outro fator que contribui significativamente e associado a isso, tem-se cada vez mais, a personalização do atendimento e a adaptação dos tratamentos de acordo com as especificidades de cada paciente. Desta forma, promovem-se melhorias na experiência do paciente, reforçando o conceito de Saúde 4.0.

A humanização também foi mencionada como um elemento importante na assistência à saúde. Essa temática não é atual, mas sempre entra em pauta quando se trata de ambientes hospitalares. Cabe aqui lembrar que o Brasil lançou em 2003 a Política Nacional de Humanização (PNH), ou HumanizaSUS como também é conhecida, com a finalidade de efetivar “os princípios do SUS no cotidiano dos serviços de saúde, produzindo mudanças nos modos de gerir e cuidar” (Brasil, 2013, p. 3). As diretrizes da PNH se traduzem em conceitos que envolvem acolhimento, gestão participativa e cogestão, ambiência, clínica ampliada e compartilhada, valorização do trabalhador, e defesa dos direitos dos usuários.

Para Toledo (2008, p. 114), “para que a humanização dos serviços de saúde possa ser efetivamente alcançada, estes devem basear-se num atendimento personalizado, no qual o paciente é tratado como o protagonista do processo de produção da saúde”. Corroborando, Sampaio (2005) explica que humanizar é um processo que envolve tanto o atendimento por parte da equipe multiprofissional, como o espaço físico, que deve ser confortável, transmitir bem-estar e propiciar um padrão satisfatório de qualidade para todos os seus usuários. Nesse sentido, as respostas do questionário indicam que as tecnologias resultam em:

“Mais controle do bem-estar de pacientes/médicos.”

Enquanto,

“Os ambientes deverão unir a tecnologia ao bem-estar do paciente e usuários.”

A automação dos ambientes por meio do controle de temperatura, umidade, qualidade do ar, iluminação, som e vídeo, cortinas, leito, entre outros, melhora o conforto e bem-estar dos pacientes e torna acessível para pacientes acamados e/ou com mobilidade reduzida o controle das condições ambientais de acordo com as suas necessidades.

Cabe aqui mencionar o livro *“Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again”* de Topol (2019), onde o autor explica como a IA pode tornar a medicina mais humana e restabelecer os laços entre médico-paciente, reforçando os impactos positivos do uso da tecnologia na assistência à saúde através da realização de tarefas repetitivas e complexas.

As tecnologias associadas aos ambientes de saúde estão evoluindo para promover o bem-estar dos pacientes e a satisfação de todos os envolvidos (Macedo; Martins; Tourinho, 2022). Espera-se que as tecnologias possam complementar os cuidados por meio de um sistema inteligente de processamento de dados, liberando o tempo dos profissionais de saúde, para que eles sejam mais humanos. O desenvolvimento da Saúde 4.0 poderá criar condições favoráveis para tornar os profissionais mais empáticos para prover um ambiente acolhedor (Sony; Antony; Mcdermott, 2022).

Impactos mais perceptíveis na assistência estão propriamente nas melhorias no diagnóstico e tratamento. Como evidenciado no questionário, o setor de apoio diagnóstico será um dos mais impactados pelas tecnologias emergentes e os motivos disso já foram discutidos anteriormente. O fato perceptível é que vêm ocorrendo avanços muito significativos nos equipamentos médicos nos últimos anos, o que contribui para o diagnóstico e tratamento das doenças.

5.1.3 Impactos na eficiência e produtividade

Ao possibilitar diagnósticos mais ágeis e precisos e um menor tempo de permanência do paciente no ambiente hospitalar, impactos são gerados sobre a eficiência e produtividade, os quais também influenciam a gestão financeira do empreendimento, como será discutido posteriormente. Esses fatores são bastante desafiadores e complexos na operação do empreendimento de saúde, considerando a própria complexidade de um hospital.

Os impactos identificados nessa categoria se refletem na agilidade no atendimento, no diagnóstico, na operação e na manutenção, através da automação e otimização dos processos, conforme destacado nas seguintes respostas:

“Maior agilidade operacional e eficiência no diagnóstico.”

“Prestação de serviços mais rápidos aos clientes (pacientes) e gestão de processos em tempo real.”

Várias tecnologias estão revolucionando a forma como as informações são coletadas, processadas e armazenadas. *Big data*, *data analytics* e *data science*, *cloud computing* e *fog computing*, IA, *machine learning* e *deep learning*, são alguns exemplos de tecnologias que podem analisar grandes volumes de dados e imagens médicas, identificar padrões e sugerir tratamentos personalizados, aumentando assim a eficácia e reduzindo os erros médicos. Cabe lembrar que dados apontam que em hospitais, a cada três minutos, cerca de dois brasileiros morrem em decorrência de um erro ou “evento adverso”, devido a problemas com dosagem ou aplicação de medicamentos, uso incorreto de equipamentos, infecção hospitalar, entre outros (Couto; Pedrosa; Rosa, 2016). Assim, as respostas obtidas indicam:

“Diminuição dos erros médicos.”

“Diagnóstico rápido e pouca permanência em ambiente hospitalar.”

“Essa redução de tempo impacta diretamente no tempo de internação do paciente, com tratamentos mais eficientes, maior rotação nos leitos, que proporcionalmente aumenta a produção do hospital.”

O tempo de permanência e a maior rotatividade dos leitos mencionada é outro fator impactado pelas tecnologias. O diagnóstico mais ágil e preciso otimiza o tempo do paciente, já a robótica, por exemplo, permite a realização de cirurgias minimamente invasivas e com um tempo de recuperação muito mais rápido, conforme corroborado por Monza (2023) quando relaciona tais aspectos com a recuperação e permanência do paciente.

De acordo com Bross (2020), um edifício de saúde deve atender requisitos técnicos e funcionais envolvidos no cuidado de saúde, influenciando no desempenho e na produtividade. As tecnologias contribuem com os processos de gestão (de pessoas, de recursos, de custos, de qualidade, entre outros), otimizando e melhorando o desempenho operacional e resultando em tomadas de decisões mais informadas e baseadas em dados coletados em tempo real, o que pode ser confirmado na resposta:

“Possibilidade de gestão baseada em dados reais e fidedignos [...]”

Conforme dados do Banco Mundial, as ineficiências do sistema de saúde brasileiro custam R\$ 22 bilhões por ano aos cofres públicos e seu controle pode resultar em ganhos nominais de até R\$ 115 bilhões em 2030 (ANAHP, 2022). Dessa forma, a Saúde 4.0 pode trazer ganhos significativos para os sistemas de saúde ao permitir maior eficiência e produtividade.

5.1.4 Impactos na estrutura organizacional e operacional

As tecnologias estão impactando e transformando a estrutura organizacional e operacional. Evidencia-se a partir do questionário que os hospitais estão se tornando cada vez mais especializados, com foco na alta complexidade, o que foi verificado também na literatura quando Costeira (2018) e Machry (2010) mencionam sobre a consolidação do hospital como uma unidade de alta complexidade e altamente tecnológico. Além disso, observa-se o surgimento de hospitais especializados em determinadas áreas como, por exemplo, oncologia, cardiologia e neurologia, o que

permite a incorporação de equipamentos de ponta para diagnóstico e tratamentos conforme as especialidades atendidas.

Como já mencionado anteriormente, há um processo de transição em andamento de organizações centradas no hospital para organizações centradas no paciente, o que retrata uma mudança na cultura organizacional, que basicamente refere-se a um conjunto de premissas básicas que orientam e influenciam o comportamento dos colaboradores no ambiente de trabalho (Schein, 2009).

Outro aspecto que apareceu nas respostas trata das cadeias de suprimentos e a possibilidade de rastreabilidade e automação da gestão, que promove a redução de custos e desperdícios, aumento do lucro, otimização do inventário, melhoria do gerenciamento de fluxos e processo, padronização e garantia do fornecimento e disponibilidade dos materiais necessários para o adequado e pleno funcionamento do hospital com medidas de prevenção a fraudes (Silva, 2018). Conforme indicado, por exemplo,

“Os drones têm um potencial imenso, principalmente no apoio à cadeia de suprimentos em saúde, onde o transporte de materiais/medicamentos pode ser muito beneficiado e auxiliar na condição financeira dos estabelecimentos de saúde, permitindo-os realocar recursos em novas tecnologias.”

Assim, se tem a

“[...] possibilidade de monitoramento e controle de materiais e medicamentos com base em rastreadores e manipulação de insumos, que implica na consciência financeira hospitalar.”

A utilização de códigos de barras, RFID, *Data Matrix*, *QR Code* são soluções já adotadas em muitos hospitais para a rastreabilidade da cadeia de suprimentos (Silva, 2018), que permite acompanhar o fluxo de materiais e informações dentro da cadeia de valor desde a matéria-prima até o paciente (Theyel, 2017).

Nessa perspectiva, é importante mencionar sobre o crescente aumento da terceirização de serviços mencionada no questionário pelos participantes. A própria literatura já havia apontado tal fator ao indicar os serviços de lavanderia e nutrição, que chegam prontos ao hospital (Machry, 2010). Trata-se de uma tendência com

reflexos em diversos segmentos do hospital, envolvendo impactos na estrutura organizacional e operacional, financeira e ambiente construído, por exemplo.

A incorporação de tecnologias emergentes impacta também no treinamento dos profissionais em dois aspectos, uso dos equipamentos e realização de procedimentos cirúrgicos complexos, conforme indicado:

“Necessidade de atualização constante das equipes para a utilização de novas tecnologias.”

As novas tecnologias requerem profissionais capacitados e preparados para operar os equipamentos, exigindo das organizações uma política contínua de atualização profissional. Além disso, as tecnologias impactam positivamente na formação, preparação e prática dos médicos para a realização de procedimentos cirúrgicos complexos, através da adoção de simulação, realidade aumentada, realidade virtual e realidade mista. Diversos estudos estão sendo realizados nessa temática, ampliando os conhecimentos acerca da adoção dessas práticas, considerando que as tecnologias têm revolucionado a prática operatória (Skinovsky; Chibata; Siqueira, 2008).

Por fim, mas não menos importante, os hospitais precisam ter sua estrutura organizacional e operacional preparada para atender demandas emergentes como desastres naturais e doenças. É necessário,

“[...] planejar para que tais edifícios sejam mais seguros em relação aos desastres naturais e preparados para doenças emergentes e reemergentes.”

A pandemia de COVID-19 é um dos exemplos mais recentes, tendo desafiado os sistemas de saúde globais e tornado evidente as principais fragilidades diante do surgimento de novas doenças. Assim, é importante fortalecer a preparação para respostas futuras diante de pandemias potencialmente contagiosas e mortais.

5.1.5 Impactos financeiros

Os impactos financeiros são influenciados por outros aspectos do empreendimento de saúde. Quando há qualidade do atendimento, eficiência e produtividade e uma estrutura organizacional e operacional, há também otimização financeira.

Os sistemas de gestão financeira estão possibilitando o monitoramento de receitas e despesas e uma melhor consciência financeira da operação. A análise de dados em tempo real permite a tomada de decisões de forma informada, alinhadas ao planejamento estratégico da instituição, possibilitando a redução dos custos operacionais e sustentabilidade financeira, conforme identificado na resposta:

“Aumento da eficiência com conseqüentemente diminuição de custos.”

As respostas indicam que a modernização da infraestrutura hospitalar resulta em um aumento nos custos associados à aquisição de equipamentos. Gregory (2022, p. 45) relata que “do ponto de vista da construção e da concepção de infraestruturas, a tecnologia passou a ocupar uma área menor no espaço físico, mas aumentou no orçamento do ponto de vista fiscal”. Entretanto, a longo prazo podem resultar em economias significativas e maiores retornos financeiros, especialmente para as instituições privadas, conforme indicado na resposta:

“Para a demanda privada significa maiores retornos financeiros, que abrem portas para investimentos em novas tecnologias.”

É importante ressaltar que as instituições públicas terão grandes desafios para a aquisição das novas tecnologias que ainda precisam ser superadas para implementar a Saúde 4.0 e poder usufruir de seus benefícios. Em contrapartida, acredita-se em um acesso mais facilitado, conforme observado:

“Acredito que com o avanço da tecnologia e a produção em série de equipamentos, os custos cairão e será acessível inclusive na área hospitalar pública.”

De modo geral, espera-se que as instituições direcionem seus investimentos para a adequação da infraestrutura e novas tecnologias, desenvolvendo os setores

hospitalares e promovendo uma melhoria global da organização, considerando os benefícios associados. Além disso, também será necessário um planejamento estratégico e financeiro alinhado às questões de segurança dos dados, considerando a necessidade crescente de proteção de dados sensíveis, contratação e treinamento de profissionais para operar as novas tecnologias e desenvolvimento de pesquisas médicas e programas de melhoria contínua.

5.1.6 Impactos na segurança

A segurança em ambientes hospitalares é uma preocupação constante e que envolve fatores variados. Os impactos identificados permeiam três dimensões: segurança do paciente, segurança da edificação e segurança da informação, estando voltado para um processo constante de melhoramento. Essas questões estão evoluindo para acompanhar os desafios contemporâneos e proporcionar ambientes mais seguros para todas as partes interessadas.

A segurança do paciente é evidenciada desde o surgimento do hospital terapêutico no século XVIII com necessidade de combater o contágio e a transmissão de doenças. Daquela época até a atualidade, o conhecimento acerca da biossegurança evoluiu muito, resultando em hospitais assépticos e com elevados protocolos de segurança. Nas últimas décadas muito se discutiu sobre a segurança do paciente, passando a ser “reconhecida como uma dimensão fundamental da qualidade em saúde” (Reis; Martins; Laguardia, 2013, p. 2030).

Percebe-se nas respostas que as tecnologias impactam positivamente na prevenção de eventos adversos. Elas possibilitam o desenvolvimento de protocolos elevando os padrões de biossegurança, procedimentos cirúrgicos seguros e minimamente invasivos, monitoramento constante de pacientes e equipamentos, rastreabilidade dos medicamentos e prevenção de erros médicos e de riscos associados a complicações e infecções hospitalares.

Em se tratando da segurança da edificação, foram identificados na literatura impactos relacionados à manutenção, ressaltando principalmente a aplicabilidade das tecnologias no monitoramento da integridade e desempenho das infraestruturas e equipamentos (Al-Jaroodi; Mohamed; Abukhousa, 2020). Na mesma perspectiva, o

questionário indicou impactos na manutenção preditiva, preventiva e corretiva, conforme identificado na resposta:

“Aumento das alternativas no projeto arquitetônico com foco na manutenção preditiva; melhoria da qualidade das manutenções preventivas e corretivas; operação funcional hospitalar mais eficiente e econômica.”

A chamada por Karman (2011, p. 41), arquitetura de manutenção e segurança, origina-se nas fases iniciais de desenvolvimento de projetos “e destinam-se a incorporar à futura instituição os requisitos arquitetônicos, construtivos, de instalações e de funcionamento, capazes de viabilizar e tornar a futura manutenção do hospital econômica, racional e segura”. Tecnologias como gêmeos digitais, sensores ambientais e sistemas ciber-físicos (CPS) auxiliam nas boas práticas de manutenção, aumentam a confiabilidade da edificação e a preparam para responder prontamente a eventos críticos.

Com relação à segurança da informação, evidenciou-se na literatura que os aspectos relacionados a essa dimensão são grandes desafios, considerando a necessidade de garantia da segurança e privacidade dos dados e a crescente possibilidade de ataques cibernéticos. Uma das respostas do questionário destaca:

“[...] a importância e a necessidade de que esse desenvolvimento tecnológico seja desenvolvido em conjunto com parâmetros de cibersegurança, uma vez que os dados dos pacientes devem ser restritos ao âmbito clínico e serem devidamente anonimizados para estudos e pesquisas, de modo a resguardar a privacidade, intimidade e segurança dos pacientes.”

A expansão da Saúde 4.0 requisita ambientes hospitalares mais digitalizados e seguros para prover um funcionamento eficiente. A incorporação de tecnologias emergentes cria ambientes favoráveis para a adoção de padrões que garantem a proteção dos dados dos pacientes, proporcionando um atendimento de qualidade. *Blockchain* e cibersegurança são tecnologias que contribuem para a proteção de dados sensíveis e denotam os impactos positivos nos aspectos de segurança.

5.1.7 Impactos na rede e na conectividade

A modernização dos sistemas de saúde, como um todo, está diretamente relacionada às redes avançadas e à conectividade, provendo um ambiente com infraestrutura tecnológica adequada para a prestação de serviços e avanço da saúde digital. Os impactos nesta categoria envolvem dois elementos principais: a própria conectividade e a interoperabilidade. Esses elementos também foram identificados na literatura como desafios que desaceleram a adoção das tecnologias (Al-Jaroodi *et al.*, 2022).

A conectividade é a capacidade dos dispositivos, sistemas e ambientes de estabelecerem uma conexão entre si, permitindo o compartilhamento de dados de forma rápida, fácil, segura e eficiente. Caracteriza-se como um serviço que oferece a garantia de entrega dos dados, reduzindo a duplicidade de informações (Paes, 2008). A tomada de decisões clínicas, por exemplo, será baseada em um fluxo de informações atualizadas em tempo real. O acesso à conectividade provê melhorias significativas no monitoramento de pacientes, refletindo na qualidade do atendimento, na eficiência e produtividade, e na segurança, sendo também um aspecto importante para a expansão da telessaúde. De acordo, com as repostas do questionário, as tecnologias emergentes impactam na

“Construção de ambientes de maior conectividade e ampliação da infraestrutura tecnológica dos serviços.”

Já interoperabilidade, por sua vez, é a capacidade que diferentes dispositivos ou sistemas possuem de se comunicarem, compartilhando e trocando informações de forma integrada com outros sistemas (Paes, 2008). Tem um papel importante no gerenciamento de dados em sistemas complexos, como os da área da saúde. Um fator importante para a interoperabilidade das informações são redes sem fio bem estabelecidas, influenciando no seu desenvolvimento e adoção.

Através da interoperabilidade será possível centralizar os dados dos pacientes e acessá-los em diferentes sistemas de saúde, conforme a necessidade de atendimento. Isso foi ressaltado na seguinte resposta:

“[...] é de extrema importância a rastreabilidade e mapeamento dos perfis comportamentais e histórico de saúde dos pacientes, de modo que os profissionais assistenciais tenham maiores subsídios para a avaliação do paciente.”

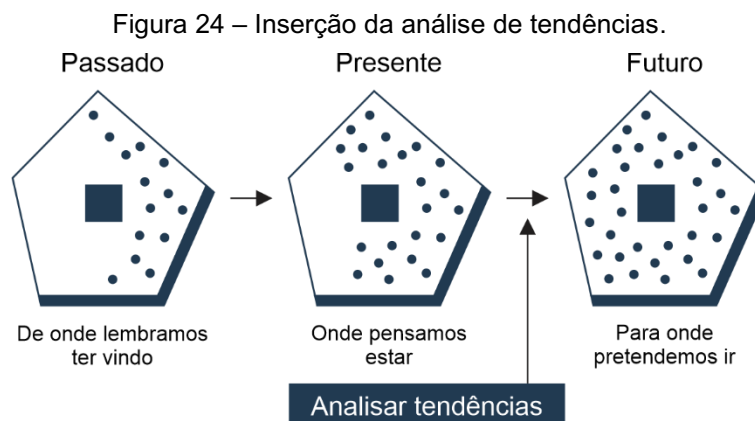
A tecnologia 5G tem um papel importante na rede e na conectividade. Esses dois elementos também são essenciais para fundamentar os seis princípios da Indústria 4.0, aplicáveis à Saúde 4.0, como já mencionado anteriormente: interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade em tempo real, orientado a serviços e modularidade.

5.2 TENDÊNCIAS PARA A ARQUITETURA HOSPITALAR

As tendências para a arquitetura hospitalar evidenciadas por meio dos levantamentos de campo tratam de conceitos e ferramentas fundamentais na contemporaneidade para o planejamento arquitetônico das novas edificações hospitalares, bem como a adaptação das já existentes, como forma de corroborar para a preparação das edificações frente às constantes mudanças tecnológicas provenientes da Saúde 4.0.

Conforme Bross (2020, p. 132) “o edifício de saúde é um organismo vivo em constante interação com o ambiente em que se insere”. As transformações arquitetônicas por meio de reformas, ampliações e adequações nos hospitais são constantes e necessárias e nesse sentido, compreender as funções do espaço físico é fundamental para subsidiar decisões estratégicas.

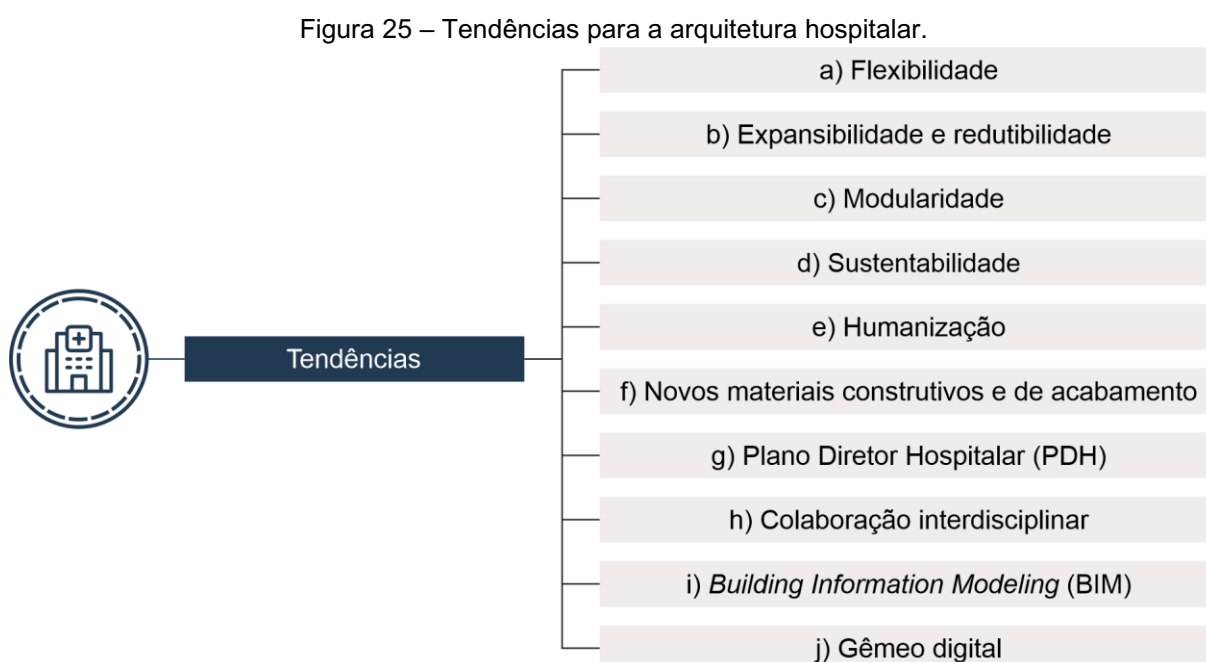
“Uma das principais atividade de um planejador é fazer prospecção para o futuro, seja de curto, médio e longo prazo” (Góes, 2011, p. 66). Analisar tendências é uma forma de “ampliar a visão de futuro antes que ele chegue, dissipar incertezas e aumentar a confiança” (Bross, 2020, p. 32). Não se trata de prever o futuro, mas sim identificar elementos que possam nortear as novas práticas projetuais. A Figura 24 representa a inserção da análise de tendências em uma perspectiva de passado, presente e futuro.



Fonte: Adaptado de Bross (2020).

Por diversas vezes ao longo do desenvolvimento desta pesquisa e dos levantamentos de campo alguns conceitos já consagrados da arquitetura hospitalar emergiram fortemente como tendências. Esses, por sua vez, refletem os ideais de uma arquitetura duradoura e são fundamentais para o planejamento de hospitais com foco na tecnologia e inovação. Associado aos já conhecidos, têm-se novos conceitos e ferramentas que surgem em meio ao desenvolvimento tecnológico e são impulsionadas pelos avanços do conhecimento técnico e científico.

A Figura 25 apresenta um diagrama com as tendências identificadas como forma de nortear novas práticas projetuais, que serão apresentadas a seguir.



Fonte: O autor (2023).

a) Flexibilidade

As edificações hospitalares precisam se manter eficientes e atualizadas através dos anos (Karman, 2011) e para isso a flexibilidade é fundamental. Esse conceito foi apontado majoritariamente pelos profissionais entrevistados como essencial para garantir a não obsolescência da edificação e a adequabilidade dos espaços frente às transformações. Segundo Karman e Fiorentini (2002, p. 87), “quanto mais “atualizável” for o empreendimento de saúde, mais apto e suscetível se encontrará para comportar e atender reformulações e modernizações”.

A flexibilidade trata-se de um “conceito de projeto no qual é considerada a dinâmica dos espaços hospitalares, suas constantes ampliações, modificações e adaptações, exigindo soluções compatíveis com tal dinâmica, sem alterar a fundo o funcionamento do hospital” (Góes, 2011, p. 49). Para isso, as decisões tomadas nas fases de desenvolvimentos de projetos são um garantidor da vida útil da edificação, facilitando assim que a estrutura do edifício, seus fechamentos e dutos para instalações permitam novos e rápidos rearranjos internos (Bross, 2020).

Esse talvez seja um dos conceitos mais conhecidos e difundidos na arquitetura hospitalar, estando associado aos tipos de sistemas construtivos, materiais e tecnologias aplicadas (Reis, 2021). Sua adoção permite rearranjos que somente são possíveis diante de edificações flexíveis. Se as soluções não forem corretamente previstas e consideradas, podem inclusive inviabilizar o uso e adaptação dos espaços (Carvalho, 2014).

b) Expansibilidade e redutibilidade

A expansibilidade está inserida em um processo de contínua adaptação dos espaços onde ampliações se fazem necessárias para atender novas demandas. Trata-se de um “conceito de projeto no qual, a partir da morfologia arquitetônica adotada (tipologia) no seu sentido macro, já sejam previstas as linhas de crescimento e ampliações” (Góes, 2011, p. 49). Isso permite o aumento de áreas edificadas tanto horizontalmente, projetada no terreno, quanto verticalmente através do acréscimo de pavimentos, viáveis quando previstas no dimensionamento original da estrutura (Bross, 2013).

No Brasil se tem evidenciado ao longo do tempo o crescimento e ampliação das estruturas hospitalares, com edificações cada vez maiores para comportar as

crecentes demandas. A infraestrutura precisa ter a capacidade de expansão rápida, como, por exemplo, durante a pandemia de COVID-19 que impactou significativamente na necessidade de espaço físico de alta complexidade para atender as internações provenientes da situação pandêmica. Os hospitais, de modo geral, superlotaram e atingiram a capacidade máxima de hospitalizações, resultando em estruturas secundárias construídas ou adaptadas emergencialmente para atender com prontidão os pacientes. Obviamente, se trata de um evento adverso que impactou todo o sistema global de saúde, mas que reflete a necessidade de adaptabilidade e expansibilidade dos espaços.

Em contrapartida, conforme evidenciado nesta pesquisa, há uma tendência de diminuição dos hospitais impulsionada pelo processo de desospitalização. Com isso, será essencial que as edificações também tenham a capacidade de reduzir seu espaço de acordo com as necessidades. As perspectivas de médio e longo prazo indicam a redutibilidade como um conceito que deve começar a ser discutido e planejado de forma mais efetiva.

c) Modularidade

Na perspectiva de expansão ou diminuição dos espaços, tem-se a modularidade como estratégia importante. Se trata do estabelecimento de medidas ou padrões de componentes que podem se repetir ou admitir variantes modulações integrando uma estrutura global. Entretanto, por vezes sua utilização não é tão frequente já que requer a adoção de sistemas pré-fabricados, rápidos e racionalizados (Carvalho, 2014).

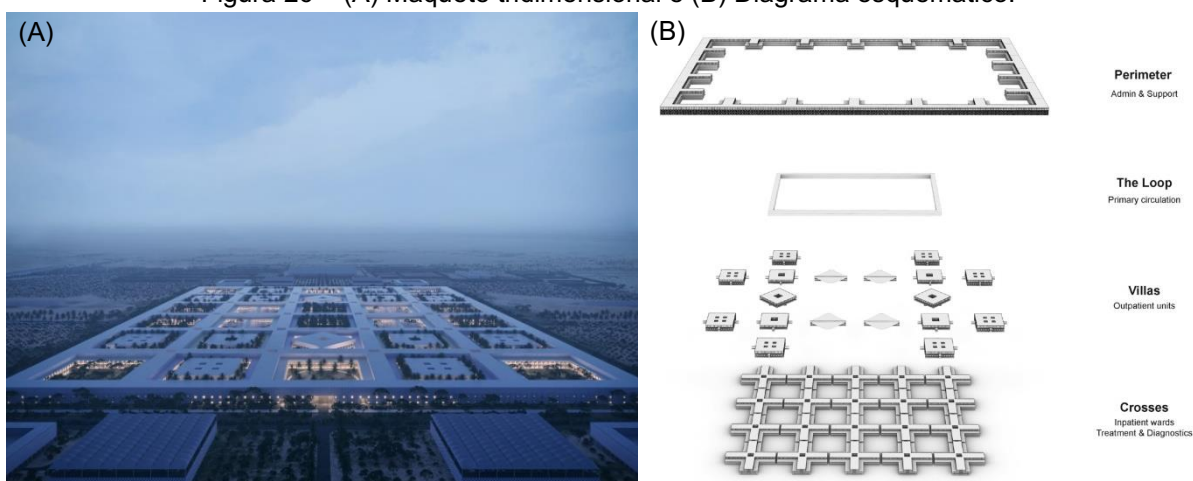
Em 2022 o escritório *Office for Metropolitan Architecture* (OMA) em conjunto com a Buro Happold, desenvolveu o projeto para o hospital do futuro localizado em Doha (Catar), onde explora o potencial da modularidade, pré-fabricação e automação em relação às rápidas mudanças que ocorrem na ciência médica, conforme apresentado na proposta:

A inovação médica está avançando exponencialmente, deixando os hospitais para se atualizarem constantemente. Instalações de última geração estão sendo reconstruídas assim que abrem. A vida útil dos hospitais está se tornando cada vez mais curta. Quanto mais recente for sua conclusão, mais cedo eles ficarão desatualizados. Imaginamos uma nova maneira diferente de construir hospitais. Em vez de construir alto, e se o hospital fosse uma

estrutura baixa concebida não como um edifício, mas como um sistema composto por módulos que incorporam jardins onde a natureza pode ser desfrutada por pacientes e funcionários. Um número limitado de elementos acomoda uma série de funções. Uma estrutura que pode ser ampliada ou reduzida, mas que permanece operacional o tempo todo, adaptável às mudanças nas demandas organizadas em torno de uma rede de fluxos. Este é o hospital do futuro. O hospital do futuro se constrói, maximiza o potencial da automação e da impressão 3D e usa seus resíduos como recurso. O hospital do futuro produz o que consome, sua energia, seus alimentos, seus remédios. O hospital do futuro está em toda parte. O hospital do futuro é agora (OMA, 2022).

A Figura 26 ilustra a maquete tridimensional e o diagrama esquemático desenvolvidos para o projeto, representando os conceitos adotados.

Figura 26 – (A) Maquete tridimensional e (B) Diagrama esquemático.



Fonte: OMA (2022).

Conforme Lima (2012, p. 318):

Cabe ao arquiteto a coordenação das ações que se iniciam na própria definição do programa e que continuam na elaboração do projeto, na execução da obra e, por fim, na implantação de cada setor hospitalar. Durante todo esse processo serão feitos ajustes para atender a evolução de equipamentos e técnicas médicas. E para que tudo isto ocorra de uma forma organizada, é necessário que os espaços propostos também sejam flexíveis, extensíveis e remanejáveis.

Na mesma perspectiva, para Carvalho (2014) os projetos de arquitetura devem atender três fatores principais: funcionalidade, flexibilidade e expansibilidade. Bross (2020) também argumenta que desde a concepção dos projetos devem ser atendidos os fatores de flexibilidade, expansibilidade, conformidade e sustentabilidade.

d) Sustentabilidade

A sustentabilidade deve pautar o desenvolvimento de projetos arquitetônicos visando questões atuais e futuras, buscando minimizar os impactos humanos sobre o planeta e seus recursos. Por meio dela, define-se que uma construção sustentável “teve na sua concepção, construção e operação os conceitos e procedimentos reconhecidos como sustentabilidade ambiental, proporcionando benefícios à saúde e bem-estar das pessoas, gerando economias nos processos” (Bross, 2013, p. 172).

Incorporar práticas sustentáveis voltadas ao consumo inteligente de água e energia, além da redução de resíduos, é essencial considerando que os hospitais são grandes consumidores e geradores. Os ambientes de saúde precisam ser eficientes e sustentáveis, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), preparando-se, assim, para os cenários do amanhã (Zioni, 2019).

Nos últimos anos também ganhou muita relevância o ESG nas organizações. A sigla em inglês significa *Environmental, Social and Governance* (Ambiental, Social e Governança) e surge como resposta das empresas frente aos desafios da sociedade contemporânea. “Diz respeito à integração da geração de valor econômico aliado à preocupação com as questões ambientais, sociais e de governança corporativa, por parte das empresas” (Venanzi *et al.*, 2023, p. 1057), sendo uma das abordagens para a gestão de desenvolvimento sustentável.

e) Humanização

A incorporação de tecnologias emergentes deve estar acompanhada da humanização, outro conceito essencial nos hospitais do futuro. Trata-se de um assunto de conhecimento dos arquitetos que atuam na área da saúde e bastante discutido e difundido nos últimos anos, sendo que não há mais a possibilidade de se projetar um EAS sem prezar pelos princípios de humanização.

A imagem do hospital sempre foi de um edifício frio e impessoal, fruto da própria ambiência. No entanto, através da humanização é possível qualificar os espaços tornando-os mais amigáveis para todos os usuários (Bross, 2020). Nas fases de projeto, a atenção deve estar focada nas necessidades físicas, psicológicas e sociais dos usuários, pautando-se em aspectos como acessibilidade, orientação e conforto (Capolongo *et al.*, 2020).

Conforme Zioni (2018), “atualmente, um ambiente humanizado deve se preocupar também com a integração dos sentidos humanos, valorizando o conforto térmico, ergonômico, lumínico, visual, tátil, acústico e olfativo”. Felizmente, através do Design Baseado em Evidências (DBE) e da neuroarquitetura, avanços significativos no conhecimento acerca dos impactos do ambiente sobre o comportamento humano foram possibilitados e atualmente já se tem ciência de que o espaço não é um elemento neutro. Nesse sentido, ressalta-se ainda mais a necessidade de adotar práticas de humanização para a qualificação ambiental e conseqüente bem-estar dos usuários.

f) Novos materiais construtivos e de acabamento

A evolução tecnológica tem possibilitado o aparecimento e o desenvolvimento de novos materiais que surgem com novas aplicabilidades e/ou funções (Carvalho, 2015). Esses materiais são um facilitador, contribuindo com o processo de construção e de acabamento das edificações hospitalares. A nanotecnologia e a impressão 3D desencadearam o desenvolvimento de materiais inteligentes e capazes de atender os requisitos técnicos específicos para os EAS. É fundamental que os arquitetos estejam atentos às novidades para assim projetar espaços visando premissas associadas à Saúde 4.0.

A utilização de materiais de alto desempenho, durabilidade e facilidade de limpeza podem garantir a adaptabilidade e resiliência dos espaços. Materiais inovadores capazes de reduzir a carga bacteriana nas superfícies, caracterizados pelo desempenho e flexibilidade de uso, estão ampliando as possibilidades, inclusive associadas às práticas de humanização (Capolongo *et al.*, 2020).

g) Plano Diretor Hospitalar (PDH)

Como já mencionado, os hospitais são espaços constantemente mutáveis, e com isso é necessário planejamento físico-funcional, “um processo de tomada de decisões que visa a viabilização de um futuro desejado, dispondo de recursos eficazes para alcançá-lo, a partir do estabelecimento de objetivos e metas” (Bross, 2013, p. 149).

A contínua necessidade de reorganização física requer um Plano Diretor Hospitalar (PDH) que forneça diretrizes para implantação espacial de melhorias

operacionais (Bross, 2013). Esta ferramenta corrobora com o planejamento das edificações a longo prazo, devendo estar alinhado às demandas assistenciais e comprometido com o futuro da edificação. O objetivo do planejamento é determinar onde se quer chegar e como. A ausência de um PDH bem elaborado resulta em improvisações progressivas e até mesmo na garantia da viabilidade e vitalidade do empreendimento com o passar dos anos (Mendes, 2018).

h) Colaboração interdisciplinar

A colaboração interdisciplinar é fundamental no processo de concepção de projetos arquitetônicos para edificações complexas, como os hospitais. O arquiteto não deve desenvolver projetos de tamanha complexidade sozinho, devendo contar com a parceria dos profissionais de saúde, equipes de engenharia e tecnologia, facilitando a tomada de decisões pautadas em aspectos organizacionais, operacionais e técnicos.

A equipe interdisciplinar pode ser composta por gerenciadores de instalações, engenheiros clínicos, TI, engenheiros de software, especialistas em experiência do usuário e profissionais da saúde. A composição de uma equipe diversificada nestes tempos de mudança permite a organização de um pensamento sistêmico, necessário para a organização físico-espacial diante dos avanços tecnológicos (Gregory, 2022).

i) *Building Information Modeling* (BIM)

Seguindo a lógica do processo colaborativo, tem-se a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) como uma estratégia no setor de arquitetura, engenharia e construção (AEC), capaz de aliar os diferentes envolvidos na concepção do projeto. A ferramenta pode ser utilizada em todas as fases da edificação (projeto, execução, uso e demolição) (Campestrini, 2015) envolvendo “tecnologias e processos que devem ser usados na produção, comunicação e análise dos modelos de construção” (Andrade; Ruschel, 2009, p. 603).

O BIM é “baseado em modelos tridimensionais inteligentes que abrangem a criação, o gerenciamento e o compartilhamento de informações sobre um projeto de construção” (Brasil, 2023d). Esse modelo contém informações detalhadas sobre os elementos do projeto envolvendo o ciclo de vida do empreendimento. Sua adoção reduz significativamente os erros de compatibilização, otimiza prazos, aumenta a

confiabilidade, torna os processos de planejamento mais precisos e possibilita o controle das obras. Além disso, impulsiona o aumento da produtividade, diminui os custos e riscos envolvidos e conseqüentemente resulta na economia dos recursos (Brasil, 2023d).

Além de seu uso em novos projetos, pode ser utilizado em edificações existentes e que não possuem registros originais de seus projetos físicos. Como apontado nas entrevistas, uma das dificuldades encontradas pelos profissionais nos hospitais brasileiros é a inexistência dos projetos. Entretanto, com o BIM “é possível realizar escaneamento da edificação, identificando os dados paramétricos com a geração de um arquivo chamado nuvem de pontos, que se torna um projeto de *As Built*” (Reis, 2021, p. 68).

j) Gêmeo digital

O gêmeo digital é uma das tecnologias emergentes mapeadas nesta pesquisa que é responsável por impulsionar a Saúde 4.0. Trata-se de uma ferramenta de virtualização que consiste na criação de uma réplica virtual (digital) de um ambiente ou sistema físico (Lhotska, 2020), ajudando na rastreabilidade, diagnóstico e operação de maneira inteligente (Gregory, 2022).

Sua adoção pode ser um facilitador ao monitorar objetos e processos em tempo real, criando cópias virtuais de equipamentos e linhas de produção que podem ser utilizadas, por exemplo, para manutenção preditiva. Os modelos de simulação contribuem para a aceleração e facilitação dos processos de tomada de decisões, identificando possíveis conseqüências das mudanças consideradas (Lhotska, 2020).

Os componentes inteligentes coletam dados em tempo real para informar o sistema baseado em nuvem, que posteriormente analisa e gera relatórios sobre melhorias na operação, aumentando a eficiência e detectando e corrigindo problemas previsíveis. Sua utilização, associada a IA e *machine learning* possibilita a monitorização dos edifícios refletindo em características de hospitais do futuro: vivos, inteligentes e comunicáveis (Gregory, 2022).

6 CONCLUSÕES

O novo paradigma tecnológico, fruto da Quarta Revolução Industrial, gera mudanças sociais, tecnológicas e econômicas, formatando uma nova sociedade baseada em avanços que se fazem presentes em praticamente todas as áreas do conhecimento.

As tecnologias emergentes têm um potencial extraordinário e por vezes inimaginável. Recentemente presenciamos um notável avanço exponencial da IA em todo o mundo, marcado pelo lançamento de diversas plataformas capazes de gerar textos, imagens e muitas outras informações. Contudo, com esse progresso, observou-se também o aumento significativo das informações e notícias falsas (*fake news*), resultando em debates sobre os limites éticos e práticos do uso da IA. O fato é que as novas tecnologias disponíveis no mercado devem apenas avançar, não retroceder, cabendo à sociedade ampliar os debates sobre seu uso, suas implicações, explorar seus benefícios e criar mecanismos para regular ou reduzir potenciais malefícios associados. Este é apenas um exemplo das rápidas mudanças que estão ocorrendo na sociedade, oferecendo um vislumbre do que ainda está por vir.

Definitivamente, é impossível prever o futuro ou afirmar com 100% de certeza que determinado evento irá acontecer, visto que a cada dia novas invenções e descobertas são realizadas, criando novos cenários não previstos para a sociedade. Contudo, é possível realizar previsões baseadas em padrões globais de desenvolvimento. A saúde, em específico, está sendo impactada significativamente pelos avanços tecnológicos provenientes da Quarta Revolução Industrial e também pelo avanço do próprio conhecimento médico. O advento das tecnologias emergentes molda um novo panorama para a prestação de serviços de saúde, resultando em oportunidades e desafios para o setor.

Nessa perspectiva de transformação emerge o conceito da Saúde 4.0 que envolve alta tecnologia, inovação e padrões elevados de prestação de serviços de saúde. Diante disso, nesta pesquisa propôs-se como objetivo geral, analisar os impactos das tecnologias emergentes nas edificações hospitalares do Brasil e as tendências para a Arquitetura Hospitalar no contexto da Saúde 4.0, o que foi concretizado por meio dos procedimentos metodológicos adotados (RSL, questionário e entrevistas). Até onde se tem conhecimento, este estudo é o primeiro a analisar a

relação entre Saúde 4.0 e ambiente construído, abordando os impactos das tecnologias emergentes nas edificações hospitalares, refletindo, assim, sua importância para o conhecimento técnico e científico nacional.

A revisão da literatura permitiu concluir que a Saúde 4.0 surge para quebrar paradigmas, tornando os sistemas de saúde mais eficazes e eficientes diante de uma sociedade cada vez mais exigente por serviços de alta qualidade. No entanto, sua efetiva implementação requer esforços coletivos para construir um projeto em constante evolução que possa levar as organizações a prestarem um atendimento centrado efetivamente no paciente. Os principais desafios encontrados na literatura referem-se à privacidade, segurança, interoperabilidade, custos, normalização e crescente demanda por serviços de alta qualidade. Em contrapartida, a Saúde 4.0 promete beneficiar o setor através da precisão, personalização e agilidade do atendimento, aumento da qualidade dos serviços, redução de custos da saúde e maior confiabilidade.

Os levantamentos de campo apontaram que as tecnologias emergentes provocam impactos nas edificações hospitalares transpondo os limites físico-espaciais. Foram identificados impactos no ambiente construído; na assistência à saúde; na eficiência e produtividade; na estrutura organizacional e operacional; financeiros; na segurança; e na rede e na conectividade.

Evidenciou-se a importância de se analisar os empreendimentos hospitalares não apenas sob o viés do ambiente construído. Os impactos das tecnologias emergentes transcendem o espaço físico e refletem em mudanças em toda a estrutura da organização, conforme apresentado nesta pesquisa. O arquiteto que se dedica ao desenvolvimento de projetos para a saúde possui visão abrangente, o que ficou evidenciado durante as entrevistas realizadas com os profissionais, ou seja, existe atenção para outros fatores como, por exemplo, financeiros e operacionais, vindo ao encontro dos resultados obtidos, que também transpassam os limites da arquitetura e se entrelaçam com outras áreas do conhecimento.

O foco desta pesquisa centrou-se em analisar os impactos das tecnologias emergentes nas edificações hospitalares com especial ênfase ao impacto no planejamento arquitetônico. De fato, os resultados são positivos ao refletirem implicações tanto direta, quanto indiretamente sobre a forma, tamanho e função das edificações. O espaço físico será transformado primordialmente pela automação

ambiental, pelos novos dimensionamentos e programa de necessidades, pela infraestrutura e pelos novos materiais de acabamento, processos e materiais construtivos. Por outro lado, constata-se um processo de desospitalização em andamento, impulsionado pela telessaúde, *home care*, centros médicos especializados e hospitais-dia, o que tende a transformar o hospital em um local direcionado sobretudo a atendimentos de alta complexidade.

Essa visão acerca dos impactos influencia e desencadeia tendências para a arquitetura hospitalar, evidenciadas através da aplicação do questionário e realização das entrevistas. Havia inicialmente uma preocupação de chegar às conclusões desta pesquisa apenas reafirmando teorias e conceitos já consagrados da arquitetura hospitalar. De fato, algumas das tendências foram apresentadas, utilizadas e defendidas pelos grandes nomes da arquitetura brasileira. Karman, Lelé, Breitman, Góes, Bross e vários outros aplicaram em seus projetos soluções pautadas na flexibilidade, expansibilidade, modularidade e sustentabilidade, conceitos que refletem os ideais de uma arquitetura duradoura e que se mostram muito eficientes diante de cenários futuros incertos, considerando que é impossível prever como os hospitais serão daqui a 10, 30 ou 50 anos. As mudanças acontecem em velocidade acelerada, todo dia surgem novidades e como já mencionado, o que são tratadas como tecnologias emergentes hoje, talvez amanhã não sejam mais. IA, IoT, impressão 3D e tantas outras começam a ser incorporadas efetivamente nos hospitais, mas talvez estas possam daqui a alguns anos ter sido apenas um meio de se chegar a outras tecnologias ainda mais avançadas.

Os levantamentos de campo também ressaltaram a importância do SUS e seu papel social. Apesar dos constantes e diários desafios, o sistema é extremamente necessário para a saúde nacional, oportunizando o acesso à população e sendo reconhecido internacionalmente. Ao longo desta pesquisa também foi mencionado por diversas vezes sobre a discrepância existente entre o sistema público e privado. Entretanto, é necessário não generalizar essa questão e reconhecer a existência de importantes e consolidados hospitais públicos que são referências inclusive na incorporação tecnológica.

Além disso, o Brasil tem diversos desafios a serem superados para prover uma saúde de ponta para toda a população. Enquanto os grandes centros urbanos concentram os principais hospitais, mais ricos em infraestrutura e consagrados

internacionalmente, o interior do país enfrenta problemas reais associados à falta de profissionais, materiais, infraestrutura, entre outros, se desafiando diariamente para prestar atendimento dentro das condições existentes. Nesse sentido, é uma tarefa complexa pensar em alta tecnologia, inovação e tendências futuras quando ainda existem diversos hospitais sem o básico para o funcionamento. Quando efetivamente a atenção primária e secundária for fortalecida, haverá mudanças em toda a conjuntura de saúde, resultando em atendimento com mais qualidade e efetivamente centrado no paciente. Mas apesar das dificuldades encontradas, o Brasil possui diversos hospitais iguais, ou até mesmo melhores, quando comparados internacionalmente, o que denota o potencial existente.

Como já mencionado, nem todos os sistemas de saúde estão no estágio 4.0. Muitos ainda se encontram nos estágios de Saúde 2.0 e 3.0 ou em processo de transição de um para o outro, mas nem todos vão de fato se consolidar como um modelo de Saúde 4.0. As tecnologias emergentes podem ser incorporadas desde a atenção primária até a atenção terciária, entretanto, em diferentes escalas. A IA, por exemplo, pode ser utilizada para gerenciamento de dados no posto de saúde ou mesmo nos grandes hospitais. Entretanto, outras tecnologias, como a robótica e a impressão 3D, destinam-se mais a atenção terciária e nessa perspectiva os hospitais regionais terão grande importância, se consolidando como centros de alta complexidade, visando o atendimento de macrorregiões.

Em um país com proporções continentais, o desafio é como garantir que os avanços tecnológicos cheguem para todos e que haja realmente condições de assegurar boa qualidade de atendimento domiciliar nas moradias dos usuários do SUS. A tecnologia traz consigo muitos benefícios, porém historicamente elas não chegam para todos de forma igualitária e democrática.

Ao concluir esta pesquisa, muitas perguntas permanecem para serem respondidas em pesquisas futuras. Trata-se de questionamentos que emergiram da literatura e dos levantamentos de campo, evidenciando muitos outros cenários que potencialmente podem ser explorados. A pesquisa teve caráter exploratório por abordar uma temática recente e, até então, pouco explorada no campo da arquitetura. Por este motivo, naturalmente tem-se como resultados um olhar bastante amplo e abrangente acerca dos impactos das tecnologias emergentes nas edificações

hospitalares, sem optar por um aprofundamento específico em determinada tecnologia ou setor hospitalar.

6.1 LIMITAÇÕES

Nesta dissertação propôs-se, em um dos objetivos específicos, identificar tecnologias emergentes responsáveis por impulsionar a Saúde 4.0, o que foi alcançado por meio da RSL. Entretanto, apesar desse mapeamento, não foram explorados por completo os conceitos, históricos, funcionalidades e aplicabilidades de tais tecnologias, podendo caracterizar um campo de estudo específico acerca das particularidades tecnológicas na saúde e na arquitetura.

Além disso, não foram identificadas tecnologias emergentes com maior probabilidade de serem amplamente adotadas em diferentes contextos, considerando, países, regiões, tipologias hospitalares, setores ou unidades, entre outros. Como mencionado ao longo da dissertação, a incorporação tecnológica também está associada aos níveis de maturidade em hospitais, fator este que influencia nas tecnologias adotadas por cada organização de saúde.

O processo de implementação da Saúde 4.0 no Brasil e os principais desafios verificados junto aos profissionais entrevistados seria ampliado através de entrevistas com gestores hospitalares, tendo em vista que estes estão diretamente envolvidos nas ações de adoção da Saúde 4.0 nos hospitais. Entretanto, houve dificuldades no contato e agendamento com estes profissionais, impossibilitando a realização, o que pode ser explorado em novos estudos.

Além disso, inicialmente se pretendia realizar visitas observacionais com a finalidade de validar as informações obtidas na revisão da literatura e levantamentos de campo, verificando seu reatamento em hospitais que são referências importantes na incorporação de novas tecnologias na área da saúde no Brasil. Entretanto, essa etapa não se concretizou devido às dificuldades de acesso, considerando o prazo necessário para aprovação junto aos Comitês de Ética de cada um dos hospitais contatados e o prazo de conclusão da pesquisa.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

O conceito da Saúde 4.0 é relativamente recente, como mencionado ao longo desta dissertação, o que possibilita um amplo campo para a realização de pesquisas envolvendo a temática e sua relação com o ambiente construído hospitalar. Com isso, recomenda-se a realização de novas pesquisas envolvendo a análise dos impactos da incorporação de tecnologias emergentes em setores hospitalares específicos como, por exemplo, centro cirúrgico e/ou obstétrico, apoio diagnóstico e UTI ou CTI. Além disso, sugere-se explorar recomendações para desenvolvimento de projetos arquitetônicos pautados na Saúde 4.0 e alinhadas às tendências tecnológicas, identificando necessidades físico-espaciais para cada setor em específico.

Recomenda-se também, como pesquisas futuras, aprofundar aspectos específicos da interação das tecnologias emergentes com questões arquitetônicas como sustentabilidade, eficiência energética, humanização, experiência do paciente, etc. Cabe refletir sobre as implicações na eficiência operacional e nos fluxos de trabalho (pessoas e materiais) dentro do hospital. Pode-se questionar ainda acerca do modo como a configuração dos espaços e a infraestrutura contribuem para a eficácia do uso das tecnologias emergentes na prestação de cuidados de saúde.

A RSL permitiu identificar os principais desafios e benefícios da Saúde 4.0. No entanto, aconselha-se o desenvolvimento de novos estudos mais aprofundados acerca de tais aspectos, com ênfase para a incorporação das tecnologias emergentes em edificações existentes em operação. Associado a isso, cabe a realização de estudos comparativos acerca da incorporação em diferentes regiões do país e suas implicações no ambiente construído hospitalar, considerando diferentes aspectos associados (econômicos, socioculturais, políticos, etc.).

Em novas pesquisas, sugere-se a realização de visitas observacionais em hospitais de excelência, que apresentem o processo de incorporação tecnológica em estágio avançado, refletindo os preceitos da Saúde 4.0. Desse modo, será possível conhecer as melhores práticas no Brasil e exterior em incorporação tecnológica, as transformações arquitetônicas para incorporação das tecnologias emergentes e as tendências para planejamento arquitetônico do hospital do futuro. Também se poderia estudar comparativamente a realidade da incorporação tecnológica em hospitais públicos e privados do país, analisando as semelhanças e disparidades entre os diferentes sistemas de saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIIS. **Aliança Brasileira da Indústria Inovadora em Saúde**. 2023. Disponível em: <https://abiis.org.br/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

ABTMS. **Associação Brasileira de Telemedicina e Telessaúde**. 2023. Disponível em: <https://abtms.org.br/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

AFFERNI, P.; MERONE, M.; SODA, P. Hospital 4.0 and Its Innovation in Methodologies and Technologies. *In: 31ST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTER-BASED MEDICAL SYSTEMS (CBMS)*, 2018, Karlstad, Sweden. **Anais...** Karlstad: IEEE, 2018, p. 333-338. DOI: <https://dx.doi.org/10.1109/CBMS.2018.00065>. Acesso em: 16 jul. 2023.

AHMAD, K. A. B. *et al.* Emerging trends and evolutions for smart city healthcare systems. **Sustainable Cities and Society**, v. 80, maio 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103695>. Acesso em: 28 abr. 2023.

AL-JAROODI, J. *et al.* Healthcare 4.0 - Managing a Holistic Transformation. *In: IEEE INTERNATIONAL SYSTEMS CONFERENCE (SYSCON)*, 2022, Montreal. **Anais...** Montreal: IEEE, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/SysCon53536.2022.9773863>. Acesso em: 2 abr. 2023.

AL-JAROODI, J.; MOHAMED, N.; ABUKHOUSA, E. Health 4.0: On the Way to Realizing the Healthcare of the Future. **IEEE Access**, v. 8, p. 211189–211210, nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3038858>. Acesso em: 2 abr. 2023.

ALMEIDA, P. S. **Indústria 4.0**: princípios básicos, aplicabilidade e implantação na área industrial. São Paulo: Érica, 2019.

AMÉRICAECONOMÍA. **Ranking Mejores Hospitales de América Latina 2023**: El futuro de la gestión hospitalaria. Peru: 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3VFK3EJWYOY>. Acesso em: 15 nov. 2023.

ANAHP. Associação Nacional de Hospitais Privados. **Desafios de qualidade em saúde no Brasil**. São Paulo: ANAHP, 2022a. Disponível em: <https://www.anahp.com.br/publicacoes/desafios-de-qualidade-em-saude-no-brasil/>. Acesso em: 1 jul 2023.

ANAHP. Associação Nacional de Hospitais Privados. **Observatório 2023**: publicação anual. 15. ed. São Paulo: ANAHP, 2023a. Disponível em: <https://www.anahp.com.br/publicacoes/observatorio-2023/>. Acesso em: 1 jul 2023.

ANAHP. Associação Nacional de Hospitais Privados. **Propostas para o futuro da saúde no Brasil**: como criar caminhos de acessibilidade, igualdade e modernidade. São Paulo: ANAHP, jul. 2022b. Disponível em: <https://www.anahp.com.br/publicacoes/propostas-para-o-futuro-da-saude-no-brasil-2/>. Acesso em: 17 fev. 2023.

ANDRADE, M. L. V. X; RUSCHEL, R. C. BIM: conceitos, cenários das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: RiMa, 2009, p. 602-613.

ANTUNES, J. L. F. Por Uma Geografia Hospitalar. **Tempo Social**, v. 1, n. 1, p. 227-234, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1590/ts.v1i1.83349>. Acesso em: 21 maio 2023.

ARAUJO, E. P.; DANTAS, M. G. Arquitetura hospitalar: a adequação do projeto na fase do estudo preliminar. **Universitas: Arquitetura e Comunicação Social**, v. 10, n. 1, p. 1-21, jun. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5102/uc.v10i1.1992>. Acesso em: 17 jul. 2023.

BADALOTTI, C. M.; BARBISAN, A. O. Uma breve história do edifício hospitalar – da antiguidade ao hospital tecnológico. **Tecnológica**, v. 3, n. 2, p. 346-358, set. 2015. Disponível em: <https://uceff.edu.br/revista/index.php/revista/article/view/100>. Acesso em: 21 maio 2023.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução: Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.

BAUSE, M. *et al.* Design for Health 4.0: Exploration of a new area. *In: PROCEEDINGS OF THE 22ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN (ICED19)*, 2019, Delft. **Anais...** Delft: Cambridge University Press, 2019. p. 887-896. DOI: <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.93>. Acesso em: 2 abr. 2023.

BELLUZO, S.; MANCERA, J. M. **Cirurgía asistida por robots**: Nuevos desafíos para el diseño de quirófanos. *In: ANUARIO DIGITAL DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA HOSPITALARIA*. Buenos Aires: AADAIH, 2022. Disponível em: <https://aadaih.org.ar/anuario2022/2022/06/29/nuevos-desafios-para-el-diseno-de-quiroyfanos/>. Acesso em: 25 set. 2023.

BITENCOURT FILHO, F. O. **Arquitectura para el cuidado de la salud**: cambios globales e impactos en los espacios. Palestra. *In: Grupo de Infraestructura Hospitalaria G7-IFH*, Colômbia, mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Projeto Inova HFA incentiva tecnologia na saúde**. Brasília: Ministério da Defesa, 22 jun. 2020c. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/projeto-inova-hfa-incentiva-tecnologia-na-saude>. Acesso em: 10 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **BIM - Modelagem de informação na construção**. Brasília: Ministério da Educação, 2023d. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/par/bim-modelagem-de-informacao-na-construcao>. Acesso em: 20 jan. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC n.º 50, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 20 mar. 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Câmara da Saúde 4.0**. Brasília: Ministério da Saúde, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/camara-saude>. Acesso em: 10 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **O Conecte SUS**. Brasília: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/seidigi/saude-digital/o-programa-conecte-sus/o-programa-conecte-sus>. Acesso em: 10 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 2.510, de 19 de dezembro de 2005. Institui Comissão para Elaboração da Política de Gestão Tecnológica no âmbito do Sistema Único de Saúde - CPGT. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 19 dez. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Política Nacional de Humanização (PNH)**. 1. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nacional_humanizacao_pnh_fol_heto.pdf. Acesso em: 7 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Diretrizes metodológicas: elaboração de revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Informação e Saúde Digital. **Apresentação – Programa SUS Digital Brasil e Telessaúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2023c. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/acesso-a-informacao/gestao-do-sus/articulacao-interfederativa/cit/pautas-de-reunioes-e-resumos/2023/outubro/apresentacao-2013-programa-sus-digital-brasil-e-telessaude/view>. Acesso em: 29 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Informação e Saúde Digital. **Sobre a SEIDIGI**. Brasília: Ministério da Saúde, 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/seidigi>. Acesso em: 17 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria-Executiva. Departamento de Informática do SUS. **Estratégia de Saúde Digital para o Brasil 2020-2028**. Brasília: Ministério da Saúde, 2020a. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/estrategia_saude_digital_Brasil.pdf. Acesso em: 10 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistema Único de Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/sus>. Acesso em: 17 fev. 2023.

BROSS, J. C. **Compreendendo o edifício de saúde**. Série gestão em saúde, vol. 2. São Paulo: Atheneu, 2013.

BROSS, J. C. **Os espaços de saúde no amanhã**. Coleção pensando para saúde, vol. 1. Rio de Janeiro: Rio Books, 2020.

CAMPESTRINI, T. F. *et al.* **Entendendo BIM**. Curitiba: UFPR, 2015.

CAPOLONGO, S. *et al.* COVID-19 and Healthcare Facilities: a decalogue of design strategies for resilient hospitals. **Acta Biomed**, v. 91, n. 9-S, p. 50-60, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.23750/abm.v91i9-S.10117>. Acesso em: 29 out. 2023.

CARVALHO, A. P. A. **Introdução à arquitetura hospitalar**. Salvador: UFBA, 2014.

CARVALHO, A. P. A. Normas de Arquitetura de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde no Brasil. **Revista IPH**, n. 14, set. 2017. Disponível em <https://iph.org.br/revista-iph/materia/normas-de-arquitetura-de-estabelecimentos-assistenciais-de-saude-no-brasil>. Acesso em: 4 jan. 2024.

CARVALHO, R. A. F. **Materiais emergentes na arquitetura**. 2015. Dissertação (Mestrado Integrado em Arquitetura) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2015.

CAVALCANTI, P. B. *et al.* Reflexões sobre o planejamento de unidades de tratamento intensivo - UTIS - na perspectiva dos usuários. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 16, n. 4, p. 135-153, 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i4.178547>. Acesso em: 28 nov. 2023.

CELUPPI, I. C. *et al.* Uma análise sobre o desenvolvimento de tecnologias digitais em saúde para o enfrentamento da COVID-19 no Brasil e no mundo. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, n. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00243220>. Acesso em: 31 jul. 2022.

CGI. Comitê Gestor da Internet no Brasil. **TIC Saúde**: pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos estabelecimentos de saúde brasileiros. 1. ed. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2022. Disponível em: <https://cetic.br/pt/tics/saude/2022/estabelecimentos/>. Acesso em: 2 jul. 2023.

CHANCHAICHUJIT, J. *et al.* **Healthcare 4.0**: next generation processes with the latest technologies. Singapore: Palgrave Pivot, 2019.

CNSaúde. Confederação Nacional de Saúde; FBH. Federação Brasileira de Hospitais. **Cenário dos Hospitais no Brasil 2021-2022**. Brasília: maio 2022. Disponível em: <http://cnsaude.org.br/wp-content/uploads/2022/07/CNSAUDE-FBH-CENARIOS-2022.pdf>. Acesso em: 1 jul 2023.

COSTEIRA, E. M. A. Arquitetura hospitalar: história, evolução e novas visões. **SUSTINERE**, v. 2, n. 2, p. 57-64, 2014. DOI: <https://doi.org/10.12957/sustinere.2014.14127>. Acesso em: 21 maio 2023.

COSTEIRA, E. M. A. O futuro dos hospitais: o que aprendemos com a pandemia. **Revista Ambiente Hospitalar**, v. 16, p. 5-7, 2022. Disponível em: <http://abdeh.org.br/Portal/Categorias/39>. Acesso em: 15 jul. 2023.

COSTEIRA, E. M. A. **Olhar o passado para construir o futuro**: desafios da preservação da moderna arquitetura hospitalar. 2018. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

COUTO, R. C.; PEDROSA, T. G. M.; ROSA, M. B. **Erros acontecem**: a força da transparência para o enfrentamento de eventos adversos assistenciais em pacientes hospitalizados. Belo Horizonte: IEES, 2016. Disponível em: <https://www.iess.org.br/biblioteca/anuario-e-pareceres/anuario-da-seguranca-hospitalar/erros-acontecem-forca-da>. Acesso em: 01 jul. 2023.

CZYMMECK, A. Apresentação. *In*: CADERNOS ADENAUER XXI. **A quarta revolução industrial**: inovações, desafios e oportunidades. n. 1. Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, abr. 2020, p. 7-8.

ENISA. European Union Agency for Cybersecurity. **Smart Hospitals**: Security and Resilience for Smart Health Service and Infrastructures. Attiki: ENISA, nov. 2016. Disponível em: <https://data.europa.eu/doi/10.2824/28801>. Acesso em: 15 jul. 2023.

ESCOBAR, P. P.; DIAZ, E.; FORMICA, M. **La gestión de tecnología médica en contexto de pandemia**. *In*: ANUARIO DIGITAL DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA HOSPITALARIA. Buenos Aires: AADAIH, 2021. Disponível em: <https://aadaih.org.ar/anuario2021/2021/06/19/la-gestion-de-tecnologia-medica-en-contexto-de-pandemia/>. Acesso em: 15 jul. 2023.

FABIANI, J. N. **A fabulosa história do hospital**: da idade média aos dias de hoje. Tradução: Lavínia Fávero. 1. ed. Porto Alegre: L&PM, 2019.

FOUCAULT, M. **Microfísica do poder**. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1979.

FURUYA, L. T. M.; ALVES, S. A.; COSTEIRA, E. M. A. Projeções pós covid-19: o papel do arquiteto para a saúde. **Revista Ambiente Hospitalar**, v. 14, p. 17-25, 2020. Disponível em: <http://abdeh.org.br/Portal/Categorias/39>. Acesso em: 15 jul. 2023.

FUTURO DA SAÚDE. **Como serão os hospitais do futuro - Futuro Explica**. YouTube, 11 dez. 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9YEC47VyKil>. Acesso em: 18 jan. 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GÓES, R. **Manual prático de arquitetura hospitalar**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

GÓES, R. **Manual prático de arquitetura para clínicas e laboratórios**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

GREGORY, D. Healthcare Goes Digital: Designing for the Convergence of the Digital and Physical Environment - Implications for Design Professionals. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 15, n. 2, p. 43-48, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1177/19375867221082780>. Acesso em: 28 out. 2023.

GUPTA, A.; SINGH, A. Healthcare 4.0: recent advancements and futuristic research directions. **Wireless Personal Communications**, v. 129, p. 933-952, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11277-022-10164-8>. Acesso em: 2 abr. 2023.

HANLON, P. *et al.* Making the case for a “fifth wave” in public Health. **Public Health**, v. 125, n. 1, p. 30-36, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2010.09.004>. Acesso em: 10 mar. 2023.

HEWITT, D. Digital transformation of health and social care. **IFHE Digest**, 2021. Disponível em: <https://content.yudu.com/web/1u0jl/0A1umgt/IFHE-Digest-2021/html/index.html?origin=reader>. Acesso em: 24 ago. 2023.

HIMSS. Healthcare Information and Management Systems Society. **Digital Health Transformation**. Chicago: 2023. Disponível em: <https://www.himss.org/what-we-do-solutions/digital-health-transformation>. Acesso em: 2 jul. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama do Censo 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 30 jun. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeções da população**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html>. Acesso em: 12 fev. 2023.

KARMAN, J. **Manutenção e segurança hospitalar preditivas**. São Paulo: Estação Liberdade: IPH, 2011.

KARMAN, J.; FIORENTINI, D. Atualização hospitalar planejada. *In*: CARVALHO, A. P. A. (org.). **Temas de arquitetura de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Arquitetura, 2002.

KENNGOTT, H. G. *et al.* Paradigm shift: cognitive surgery. **Innovative Surgical Sciences**, v. 2, n. 3, p. 139-143, jun. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/iss-2017-0012>. Acesso em: 17 jul. 2023.

KITCHENHAM, B. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering** (EBSE Technical Report/EBSE 2007-01). UK: Keele University, 2007. Disponível em: https://www.elsevier.com/___data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf. Acesso em: 5 mar. 2023.

KUMARI, A. *et al.* Fog computing for Healthcare 4.0 environment: Opportunities and challenges. **Computers & Electrical Engineering**, v. 72, p. 1-13, nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2018.08.015>. Acesso em: 28 abr. 2023.

LHOTSKA, L. Application of Industry 4.0 Concept to Health Care. **Studies in Health Technology and Informatics**, v. 273, p. 23-37, set. 2020. DOI: <http://doi.org/10.3233/SHTI200613>. Acesso em: 2 abr. 2023.

LI, J.; CARAYON, P. Health Care 4.0: A vision for smart and connected health care. **IIEE Transactions on Healthcare Systems Engineering**, v. 11, n. 3, p. 171-180, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/24725579.2021.1884627>. Acesso em: 28 abr. 2023.

LIMA, J. F. **Arquitetura: uma experiência na área da saúde**. São Paulo: Romano Guerra, 2012.

LISBOA, T. C. **História dos hospitais**. São Paulo: IPH, 2021.

LOPES J. M. *et al.* Health 4.0: Challenges for an Orderly and Inclusive Innovation [Commentary]. **IEEE Technology and Society Magazine**, v. 38, n. 3, p. 17-19, set. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/MTS.2019.2930265>. Acesso em: 2 abr. 2023.

MACEDO, D. D. J.; MARTINS, P. R.; TOURINHO, F. S. V. A evolução no desenvolvimento de Tecnologias e a Saúde 4.0: disrupção do novo. *In*: TOURINHO, F. S. V. (org.). **Desenvolvimento de tecnologias em pesquisa e saúde: da teoria à prática**. [S.l.]: Editora Científica Digital, 2022, cap. 1. DOI: <https://dx.doi.org/10.37885/220408586>. Acesso em: 2 abr. 2023.

MACHRY, H. S. **O impacto dos avanços da tecnologia nas transformações arquitetônicas dos edifícios hospitalares**. 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MEDEIROS, A. C.; ARAÚJO-FILHO, I. Centro cirúrgico e cirurgia segura. **Journal of Surgical and Clinical Research**, v. 8, n. 1, p. 77–105, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20398/jscr.v8i1.13037>. Acesso em: 27 set. 2023.

MENDES, A. C. P. **Plano diretor físico hospitalar: uma abordagem metodológica frente a problemas complexos**. Londrina: Kan, 2018.

MERCY. **Mercy Virtual Care Program**. 2023. Disponível em: <https://www.mercy.net/about/virtual-care-program/>. Acesso em: 14 out. 2023.

MERHY, E. E. *et al.* **Trabalho em saúde: olhando e experienciando o SUS no cotidiano**. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 2006.

MIQUELIN, L. C. **Anatomia dos edifícios hospitalares**. São Paulo: CEDAS, 1992.

MOHAMED, N.; AL-JAROODI, J. The impact of industry 4.0 on healthcare system engineering. *In: IEEE INTERNATIONAL SYSTEMS CONFERENCE (SYSCON)*, 2019, Orlando. **Anais...** Orlando: IEEE, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/SYSCON.2019.8836715>. Acesso em: 2 abr. 2023.

MOKHTAR, A. M. The Future Hospital: A Business Architecture View. **The Malaysian Journal of Medical Sciences**, v. 24, n. 5, p. 1-6, out. 2017. DOI: <https://doi.org/10.21315/mjms2017.24.5.1>. Acesso em: 18 ago. 2022.

MONZA, L. **De la Arquitectura Hospitalaria a la Arquitectura para la Salud**. *In: ANUARIO DIGITAL DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA HOSPITALARIA*. Buenos Aires: AADAIH, 2023. Disponível em: <https://aadaih.org.ar/anuario/2023/08/22/de-la-arquitectura-hospitalaria-a-la-arquitectura-para-la-salud/>. Acesso em: 07 out. 2023.

MOREIRA, A.; SANTOS, M. F. Multichannel Interaction for Healthcare Intelligent Decision Support. **Procedia Computer Science**, v. 170, p. 1053-1058, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.074>. Acesso em: 16 jul. 2023.

MOTTA, K.; PONCETTI, A.; ESTEVES, R. O impacto da tecnologia da informação na gestão hospitalar. **Revista de Saúde Pública do Paraná**, v. 2, p. 93-102, 18 jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.32811/25954482-2019v2supl1p93>. Acesso em: 1 jul. 2023.

NARDINO, J. C. S. Planejando o Hospital do Futuro: a importância do Plano Diretor Hospitalar. *In: XII SEMANA DE EXTENSÃO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – SEPESQ*, 2016, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UniRitter, 2016. Disponível em: <https://silo.tips/download/planejando-o-hospital-do-futuro-a-importancia-do-plano-diretor-hospitalar>. Acesso em: 15 jul. 2023.

NEWSWEEK. **World's Best Hospitals 2023**. New York: 2023. Disponível em: <https://www.newsweek.com/rankings/worlds-best-hospitals-2023>. Acesso em: 2 jul. 2023.

OLIVEIRA, E. F. S. **Inovação tecnológica em saúde uma visão nas últimas duas décadas**. 2014. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, F. B. *et al.* Tecnologias da Informação e Comunicação para a melhoria de processos hospitalares. *In*: FERNANDES, J. M.; REIS, L. P. (org.). **Lean healthcare: estratégias, métodos e técnicas de auxílio à melhoria de processos na gestão hospitalar**. Ponta Grossa: Atena, 2023, cap. 7. DOI: <https://dx.doi.org/10.22533/at.ed.833232703>. Acesso em: 15 jul. 2023.

OMA. **The Hospital of the Future**. YouTube, 11 abr. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YIpYdLh0N58>. Acesso em: 18 jan. 2024.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: set, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 1 jul. 2023.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Day of Eight Billion, 15 November 2022**. Nova York: ONU, 01 nov. 2022a. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/pd/events/day-eight-billion>. Acesso em: 11 fev. 2023.

ONU. Organização das Nações Unidas. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais. Divisão da População. **World Population Prospects 2022: Summary of Results**. Nova York: ONU, 2022b. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/pd/content/World-Population-Prospects-2022>. Acesso em: 11 fev. 2023.

OPENAI. **GPT-3.5-turbo**. San Francisco, CA: OpenAI, 2023. Disponível em: <https://chat.openai.com/>. Acesso em: 5 jun. 2023.

PAES, W. M. **Interoperabilidade dos dispositivos móveis**. 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital) - Programa Pós-graduação em Tecnologias da Inteligência e Design Digital, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2008.

PAUL, S. *et al.* Industry 4.0 Applications for Medical/Healthcare Services. **Journal of Sensor and Actuator Networks**, v. 10, n. 43, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/jsan10030043>. Acesso em: 8 ago. 2022.

POMPERMAIER, J. P. L.; VERGARA, L. G. L. Mapeamento de tecnologias da Indústria 4.0 para incorporação tecnológica em saúde. *In*: VI CONGRESSO CATARINENSE DE SAÚDE E VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BIOCÊNCIAS, SAÚDE, EDUCAÇÃO E SOCIEDADE, 2022, Joaçaba. **Anais...** Joaçaba: Evidência, v. 22, n. 2, 2022, p. 197-198. DOI: <https://doi.org/10.18593/evid.32500>. Acesso em: 9 jul. 2023.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REINGHANTZ, P. A. *et al.* **Observando a qualidade do lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Pós-Graduação em Arquitetura, 2009.

REIS, C. T.; MARTINS, M.; LAGUARDIA, J. A segurança do paciente como dimensão da qualidade do cuidado de saúde: um olhar sobre a literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, n. 7, p. 2029-2036, jul. 2013. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-81232013000700018>. Acesso em: 5 nov. 2023.

REIS, T. P. **Diagnóstico e estudo de caso de hospitais instalados em edificações longevas quanto à necessidade de atualização da infraestrutura predial.** 2021. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Brasília, 2021.

ROSA, V. *et al.* Digital technologies: An exploratory study of their role in the resilience of healthcare services. **Applied Ergonomics**, v. 97, nov. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103517>. Acesso em: 2 abr. 2023.

SADIKU, M. N. O. *et al.* **Emerging Technologies in Healthcare.** Bloomington: AuthorHouse, 2021.

SAMPAIO, A. V. C. F. **Arquitetura hospitalar: projetos ambientalmente sustentáveis, conforto e qualidade.** 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SAMPAIO, R. C.; LYCARIÃO, D. **Análise de conteúdo categorial: manual de aplicação.** Brasília: Enap, 2021.

SANTOS, M.; BURSZTYN, I. (Org.) **Saúde e arquitetura: caminhos para a humanização dos ambientes hospitalares.** Rio de Janeiro: Senac Rio, 2004.

SARITAS, O.; SMITH, J. E. The Big Picture – trends, drivers, wild cards, discontinuities and weak signals. **Futures**, v. 43, n. 3, p. 292-312, abr. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2010.11.007>. Acesso em: 12 jul. 2023.

SBIS. **Sociedade Brasileira de Informática em Saúde.** 2023. Disponível em: <http://sbis.org.br/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

SCHEIN, E. **Cultura organizacional e liderança.** São Paulo: Atlas, 2009.

SCHUMACHER, A.; EROL, S.; SIHN, W. A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. **Procedia CIRP**, v. 52, p. 161-166, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>. Acesso em: 22 abr. 2023.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial.** Tradução: Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SCHWAB, K; DAVIS, N. **Aplicando a quarta revolução industrial**. Tradução: Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2018.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, R. B. **Identificando e priorizando os fatores críticos de sucesso na rastreabilidade da cadeia de suprimentos de medicamentos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2018.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. *In*: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. p. 31-42.

SKINOVSKY, J.; CHIBATA, M.; SIQUEIRA, D. E. D. Realidade virtual e robótica em cirurgia: aonde chegamos e para onde vamos?. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, v. 35, n. 5, p. 334-337, out. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69912008000500011>. Acesso em 8 nov. 2023.

SONY, M.; ANTONY, J.; MCDERMOTT, O. The impact of healthcare 4.0 on the healthcare service quality: a systematic literature review. **Hospital Topics**, p. 1-17, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/00185868.2022.2048220>. Acesso em: 2 abr. 2023.

SOUZA FILHO, E. M.; MITTELSTAEDT, S. What is the Future of the Hospital of the Future? The Seven Pillars. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, v. 35, n. 5, p. 643-645, 2022. DOI: <https://doi.org/10.36660/ijcs.20220124>. Acesso em: 15 jul. 2023.

STEVAN JR, S. L.; LEME, M. O.; SANTOS, M. M. D. **Indústria 4.0: fundamentos, perspectivas e aplicações**. São Paulo: Érica, 2018.

THEYEL, G. Biomedical value chain traceability for innovation. *In*: IEEE TECHNOLOGY & ENGINEERING MANAGEMENT CONFERENCE (TEMSCON), 2017, Santa Clara, USA. **Anais...** Santa Clara, USA: IEEE, 2017, p. 295-300. DOI: <https://doi.org/10.1109/TEMSCON.2017.7998392>. Acesso em: 8 nov. 2023.

TOLEDO, L. C. M. **Feitos para cuidar: a arquitetura como um gesto médico e a humanização do edifício hospitalar**. 2008. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

TOPOL, E. **Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again**. New York: Basic Books, 2019.

TORTORELLA G. L. *et al.* Healthcare 4.0: trends, challenges and research directions. **Production Planning and Control**, v. 31, n. 15, p. 1245-1260, nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1702226>. Acesso em: 7 ago. 2022.

TORTORELLA, G. L. *et al.* Effects of contingencies on healthcare 4.0 technologies adoption and barriers in emerging economies. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 156, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120048>. Acesso em: 2 abr. 2023.

TORTORELLA, G. L. *et al.* Healthcare costs' reduction through the integration of Healthcare 4.0 technologies in developing economies. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 33, n. 3-4, p. 467-487, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/14783363.2020.1861934>. Acesso em: 2 abr. 2023.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>. Acesso em: 5 mar. 2023.

VALENTIM, R. A. M. *et al.* Conectividade e Digitalização no Contexto da Saúde Global: um Olhar para o Futuro Inspirado na Saúde 4.0. *In*: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento do Complexo Industrial e Inovação em Saúde. **Avanços, desafios e oportunidades no complexo industrial da saúde em serviços tecnológicos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2018, p. 254-273.

VENANZI, D. *et al.* A implementação do ESG (Environmental, Social and Governance) no setor de serviços - estudo de caso: Hospital ABC. **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**, v. 12, n. 3, p. 1053-1067, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/rcssv12n3-005>. Acesso em: 20 jan. 2024.

WEHDE, M. Healthcare 4.0. **IEEE Engineering Management Review**, v. 47, n. 3, p. 24-28, set. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/emr.2019.2930702>. Acesso em: 2 abr. 2023.

WHO. World Health Organization. **Health technology assessment**. Genebra: WHO, 2023b. Disponível em: <https://www.who.int/teams/health-product-policy-and-standards/assistive-and-medical-technology/medical-devices/assessment>. Acesso em: 10 jul. 2023.

WHO. World Health Organization. **Hospitals of the future: A technical brief on re-thinking the architecture of hospitals**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2023a. Disponível em: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2023-7525-47292-69380>. Acesso em: 24 ago. 2023.

ZALLOCCO, G.; ROJAS, A.; VERDEYEN, C. **Apoyo tecnológico superior: Consideraciones especiales para las salas híbridas de cirugía**. *In*: ANUARIO DIGITAL DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA HOSPITALARIA. Buenos Aires: AADAIH, 2022. Disponível em: <https://aadaih.org.ar/anuario2022/2022/06/29/consideraciones-especiales-para-las-salas-hibridas-de-cirurgia/>. Acesso em: 25 set. 2023.

ZIONI, E. C. Eficiência e sustentabilidade nos ambientes de saúde. In: MARTINS, B. C. (org.). **Arquitetura e Urbanismo: planejando e edificando espaços**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.528191007>. Acesso em: 20 jan. 2024.

ZIONI, E. **Planejamento físico-funcional e hotelaria em saúde**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2018.

APÊNDICE A – Roteiro do questionário



Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
 Centro Tecnológico (CTC)
 Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ)
 Laboratório de Ergonomia (LABERGO)
 Grupo Multidisciplinar de Ergonomia do Trabalho e Tecnologias Aplicadas (GMETTA)



Parte I: Dados sociodemográficos	
01	Estado em que reside (<i>Acre, Alagoas, Amapá, Amazonas, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe, Tocantins</i>)
02	Gênero (<i>masculino, feminino, outro</i>)
03	Idade (<i>20 anos ou menos, 21 a 30 anos, 31 a 40 anos, 41 a 50 anos, 51 anos ou mais</i>)
04	Formação (<i>Administrador(a), Arquiteto(a) e Urbanista, Engenheiro(a) Biomédico(a), Engenheiro(a) Civil, Enfermeiro(a), Médico(a), outra</i>)
05	Tempo de experiência profissional (<i>até 5 anos, entre 5 e 10 anos, entre 10 e 20 anos, entre 20 e 30 anos, mais de 30 anos</i>)
06	Atua direta ou indiretamente em alguma atividade relacionada ao setor de saúde, seja no desenvolvimento de projetos, assistência, atendimento, gestão, entre outros? (<i>sim ou não</i>)
07	Qual o seu nível de conhecimento sobre tecnologias em saúde? (<i>nenhum, básico, moderado, avançado</i>)
Parte II: Dados específicos	
01	Considerando o seu conhecimento sobre tecnologias em saúde e sua experiência profissional, selecione 5 (cinco) tecnologias listadas abaixo que você acredita que mais impactam, direta ou indiretamente, no planejamento arquitetônico dos hospitais? Caso necessário, use o glossário como suporte. (<i>big data, data analytics e data science; biologia sintética; biossensores e rastreadores; blockchain e cibersegurança; cloud computing e fog computing; computação quântica; drones; gêmeo digital; genômica; Inteligência Artificial (IA), machine learning e deep learning; Internet das Coisas (IOT), Internet de Serviços (IoS) e Internet of Everything (IoE); manufatura aditiva (impressão 3D); nanotecnologia; realidade aumentada (RA), realidade virtual (RV) e realidade mista (RM); robótica; sensores ambientais; sistemas ciber-físicos (CPS); tecnologia 5G; tele saúde (telemedicina, teleconsultas e telediagnósticos); wearables</i>)
02	Quais as principais mudanças que você acredita que irão acontecer no edifício hospitalar a partir da incorporação das tecnologias acima descritas?
03	Considerando as tecnologias acima descritas, selecione 3 (três) setores hospitalares que você acredita que serão os mais impactados em termos de planejamento arquitetônico. (<i>ambulatório, apoio diagnóstico (patologia clínica, imagenologia, medicina nuclear), apoio logístico (rouparia, limpeza, conforto, manutenção), apoio técnico (nutrição e dietética, farmácia, CME), apoio terapêutico (reabilitação, radioterapia, quimioterapia, diálise), centro cirúrgico e obstétrico, internação, pronto-socorro (urgência e emergência), Unidade de Terapia Intensiva (UTI) ou Centro de Terapia Intensiva (CTI), outro</i>)
04	Você tem conhecimento de algum exemplo prático de setor ou edifício hospitalar específico que possa ilustrar o impacto da incorporação de novas tecnologias no planejamento arquitetônico?
05	Em poucas palavras, como você imagina que será o hospital do futuro?
06	Há algum exemplo de hospital, no Brasil ou exterior, que você acredita que seja uma referência muito importante na incorporação de novas tecnologias na área da saúde ou que materialize o que você acredita que seriam tendências para o planejamento arquitetônico do hospital do futuro?
07	Gostaria de fazer algum comentário adicional que não foi contemplado nas questões acima?
08	Tem interesse em participar de outras etapas desta pesquisa? Se sim, deixei seu e-mail para podermos entrar em contato.

APÊNDICE B – Roteiro das entrevistas



Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
 Centro Tecnológico (CTC)
 Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ)
 Laboratório de Ergonomia (LABERGO)
 Grupo Multidisciplinar de Ergonomia do Trabalho e Tecnologias Aplicadas (GMETTA)



Parte I: Dados sociodemográficos	
01	Formação
02	Tempo de experiência profissional
03	Cargo exercido atualmente
04	Tempo no cargo
Parte II: Dados específicos	
01	Como você acha que está o processo de implementação da Saúde 4.0 (ou saúde digital) no Brasil? Quais os principais desafios?
02	Na sua opinião, quais tecnologias emergentes tem maior potencial de impacto no projeto arquitetônico de edificações hospitalares?
03	Você acredita que as atuais estruturas físicas dos hospitais brasileiros são adequadas para incorporar tecnologias emergentes?
04	Em termos de planejamento arquitetônico, quais os setores hospitalares que você acredita que serão os mais impactados pelas novas tecnologias? De que modo esses setores serão impactados? Poderia mencionar um ou mais exemplos desses impactos?
05	Como você entende que as novas tecnologias vão impactar no planejamento arquitetônico da edificação hospitalar a médio e longo prazo?
06	Com base na sua experiência, quais são as principais estratégias que devem ser considerados ao projetar um hospital com foco na tecnologia e na inovação?
07	Como você imagina que serão os hospitais do futuro?
08	Há algum exemplo de hospital, no Brasil ou exterior, que você acredita que seja uma referência muito importante na incorporação de novas tecnologias na área da saúde ou que materialize o que você acredita que seriam tendências para o planejamento arquitetônico do hospital do futuro?
09	Como você vê o papel da RDC n.º 50 (ANVISA, 2002) nesse contexto de avanços tecnológicos e transformações arquitetônicas constantes? O que você acha que será necessário em termos de normas para atender as tendências futuras?
10	Gostaria de fazer algum comentário adicional que não foi contemplado nas questões?

APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
 Centro Tecnológico (CTC)
 Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ)
 Laboratório de Ergonomia (LABERGO)
 Grupo Multidisciplinar de Ergonomia do Trabalho e Tecnologias Aplicadas (GMETTA)



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(a) Sr.(a) foi selecionado(a) e está sendo convidado(a) para participar da pesquisa intitulada “**Avanços tecnológicos e planejamento arquitetônico em edifícios hospitalares**”, cujo objetivo é investigar os impactos dos avanços tecnológicos nos edifícios hospitalares e os cenários futuros para a arquitetura hospitalar brasileira frente as necessidades físico-espaciais condicionadas pela Saúde 4.0. A pesquisa de caráter exploratório é parte integrante da dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Sua participação consiste em responder a um questionário e/ou entrevista semiestruturada sobre o tema, de forma voluntária, sem nenhum custo ou quaisquer compensações financeiras. Ressalta-se que o acesso ao questionário e/ou entrevista somente será liberado após os pesquisadores receberem comunicação dos participantes concordando com os termos deste TCLE. Caso haja eventuais despesas comprovadamente vinculadas à sua participação na pesquisa, os pesquisadores garantem o seu ressarcimento. Ressalta-se que, como benefício de sua colaboração, podem ser destacadas a melhoria das estratégias projetuais para nortear o trabalho de arquitetos hospitalares brasileiros de forma condizente com a realidade do país, para poderem atuar de modo assertivo no desenvolvimento e adaptação de edifícios para comportar as necessidades requisitadas pela constante incorporação tecnológica, atentando-se também para o caráter humanista destas edificações.

Cumpramos ressaltar que a sua participação não é obrigatória e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador, como também na instituição que trabalha. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o contato/e-mail do pesquisador responsável pela pesquisa, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento. As suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial. O possível risco e desconforto que a pesquisa poderá trazer ao Sr.(a) é o constrangimento de ser entrevistado ou o receio de ser exposto de alguma forma. A fim de evitar e/ou reduzir os efeitos e, as condições adversas, os pesquisadores garantem que suas opiniões e pontos de vista não serão expostos publicamente.

É importante frisar que os dados coletados serão utilizados apenas nesta pesquisa e os resultados serão divulgados em eventos e/ou revistas científicas, garantindo anonimato. Se houver desconforto psicológico, da sua participação na pesquisa, os pesquisadores se comprometem em orientá-lo(a), acolhê-lo, e até cancelar a entrevista, caso seja necessário, sem nenhuma consequência, apenas para o pesquisador que terá que descartar os dados coletados. Assim, as informações coletadas ficarão de posse dos pesquisadores responsáveis, e os mesmos se comprometem em manter o mais rigoroso sigilo. Todavia, considerando que se trata de pesquisas com seres humanos, existe a possibilidade remota de quebra de sigilo, mesmo que involuntário e não intencional, em relação às informações prestadas. Em caso de eventuais danos decorrentes da pesquisa, os pesquisadores garantem indenização ou restituição via depósito bancário.



Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
 Centro Tecnológico (CTC)
 Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ)
 Laboratório de Ergonomia (LABERGO)
 Grupo Multidisciplinar de Ergonomia do Trabalho e Tecnologias Aplicadas (GMETTA)



Caso concorde com os esclarecimentos realizados acima, solicitamos que assine este Termo no espaço reservado apresentado a seguir, bem como rubriche cada página deste documento. Você receberá todas as vias deste Termo rubricadas em todas as suas páginas. Uma cópia do termo será arquivada pelo(a) pesquisador(a) principal por 5 (cinco) anos, conforme os preceitos legais e será incinerada posteriormente a este período. Pedimos que você também guarde uma cópia do Termo consigo.

Este documento segue as Resoluções n.º 466/2012 e n.º 510/2016 que definem as diretrizes para o desenvolvimento de pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil. Agradecemos antecipadamente a sua colaboração.

Florianópolis (SC), ____ de _____ de 2023.

Laboratório de Ergonomia (LABERGO), Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas (DEPS/CTC), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Reitor João David Ferreira Lima, Bairro Trindade, Florianópolis, Santa Catarina, CEP 88040-970.

Pesq. Principal: João Paulo L. Pompermaier
 CPF: 093.186.729-00
 Telefone: (49) 99904 6352
 E-mail: joaopaulopompermaier@gmail.com

Pesq. Responsável: Lizandra G. L. Vergara
 CPF: 934.705.419-49
 Telefone: (48) 3721 7013
 E-mail: l.vergara@ufsc.br

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH/UFSC). Endereço: Prédio Reitoria II, Rua Desembargador Vitor Lima, n.º 222, sala 701, Trindade, Florianópolis/SC, CEP 88040-400. E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br, Telefone: (48) 3721 6094, Website: <http://cep.ufsc.br>

O Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH/UFSC) é um órgão colegiado interdisciplinar, deliberativo, consultivo e educativo, vinculado à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), mas independente na tomada de decisões, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Eu _____,
 li atentamente este documento e obtive dos pesquisadores todas as informações que julguei necessárias para me sentir esclarecido e ACEITO por livre e espontânea vontade participar da pesquisa **“Avanços tecnológicos e planejamento arquitetônico em edifícios hospitalares”**.

Assinatura do participante: _____ Data: ____/____/____

APÊNDICE D – Definição das tecnologias mapeadas

Tecnologia	Definição
<i>Big data, data analytics e data science</i>	<i>Big data</i> se refere a conjuntos de dados extremamente grandes e complexos analisados para revelar padrões, tendências e <i>insights</i> significativos, geralmente com o auxílio de tecnologias e ferramentas avançadas; <i>Data analytics</i> é o processo de coletar, transformar e analisar dados identificando padrões e tendências por meio de técnicas estatísticas e computacionais; <i>Data science</i> é semelhante ao <i>data analytics</i> , mas muito mais amplo, envolvendo várias áreas por meio de uma abordagem científica para extrair informações de dados complexos.
Biologia sintética	Disciplina científica que combina princípios da biologia, engenharia e ciência da computação para projetar e construir sistemas biológicos ou modificar organismos vivos existentes, a fim de desenvolver novas funções, aplicações e produtos.
Biossensores e rastreadores	Biossensores são dispositivos que combinam componentes biológicos com eletrônicos para detectar e quantificar substâncias em amostras biológicas; Rastreadores são dispositivos ou sistemas que monitoram e registram a localização e/ou movimento de pessoas, objetos ou veículos em tempo real, ou de forma retrospectiva.
<i>Blockchain</i> e cibersegurança	<i>Blockchain</i> é uma tecnologia de registro distribuído que permite o armazenamento e verificação de transações de forma transparente e imutável. É uma cadeia de blocos de dados, onde cada bloco contém informações transacionais verificadas e ligadas criptograficamente aos blocos anteriores, garantindo segurança, descentralização e integridade dos dados; Cibersegurança é o conjunto de medidas e práticas para proteger dispositivos eletrônicos, redes e sistemas de informações contra ameaças virtuais, garantindo a segurança, privacidade, integridade e disponibilidade dos dados.
<i>Cloud computing</i> e <i>fog computing</i>	<i>Cloud computing</i> é um modelo de computação que fornece serviços de armazenamento, processamento e acesso a dados através de servidores mantidos por provedores de nuvem; <i>Fog computing</i> é um modelo distribuído que utiliza recursos locais de dispositivos próximos para melhorar o desempenho e reduzir a latência em aplicações de IoT.
Computação quântica	Utiliza as propriedades da física quântica para processar informações de forma mais rápida e eficiente do que os computadores clássicos, utilizando qubits em vez de bits.
Drones	Veículos aéreos não tripulados que podem ser controlados remotamente ou por meio de programas pré-definidos, usados para diversas aplicações.
Gêmeo digital	Representação virtual de um objeto físico, processo ou sistema, que permite simular e testar diferentes cenários e condições em um ambiente controlado, visando aprimorar o desempenho e reduzir custos e riscos.
Genômica	Estudo dos genomas, ou seja, o conjunto completo de informações genéticas de um organismo. Envolve a análise e interpretação de sequências de DNA e RNA para entender como elas se relacionam com as características e funções dos seres vivos.
Inteligência Artificial (IA), <i>machine learning</i> e <i>deep learning</i>	IA é o desenvolvimento de sistemas e algoritmos capazes de imitar a inteligência humana para realizar tarefas que exigem raciocínio, aprendizado e resolução de problemas; <i>Machine learning</i> é um subcampo da IA que usa algoritmos para permitir que as máquinas aprendam e melhorem a partir de

	dados, reconhecendo padrões e fazendo previsões com base em novos dados; <i>Deep learning</i> é uma abordagem de <i>machine learning</i> que usa redes neurais com múltiplas camadas para reconhecer padrões em grandes conjuntos de dados, sendo útil para processamento de imagem, fala e linguagem natural.
Internet das Coisas (IoT), Internet de Serviços (IoS) e Internet of Everything (IoE)	IoT é a conexão de objetos e dispositivos à internet, permitindo sua interação e compartilhamento de informações, possibilitando soluções inteligentes em diversas áreas; IoS é um modelo de negócios baseado em plataformas digitais que oferecem serviços personalizados e sob demanda, em vez de produtos físicos; IoE é a conexão não só de objetos e dispositivos à internet, mas também de pessoas, processos e dados, criando um ambiente de interconexão completo e inteligente.
Manufatura aditiva (impressão 3D)	Tecnologia que cria objetos físicos a partir de modelos digitais tridimensionais, adicionando camada por camada de material, permitindo a fabricação de peças customizadas e protótipos em diversas áreas.
Nanotecnologia	Estudo e manipulação de materiais em escala nanométrica, visando desenvolver materiais e dispositivos com propriedades únicas para diversas aplicações, como eletrônica, medicina e energia.
Realidade aumentada (RA), realidade virtual (RV) e realidade mista (RM)	RA combina o mundo físico e o digital, sobrepondo informações virtuais (como imagens, sons e vídeos) em tempo real sobre o ambiente real; RV cria uma experiência imersiva em um ambiente completamente virtual, simulando a sensação de presença física em um mundo imaginário; RM combina elementos do mundo real e do mundo virtual para criar uma experiência interativa e imersiva, permitindo que usuários interajam com objetos digitais enquanto ainda estão cientes do mundo real ao seu redor.
Robótica	Campo de estudo e desenvolvimento de robôs, que são máquinas programáveis capazes de realizar tarefas complexas e repetitivas com alta precisão e velocidade.
Sensores ambientais	Dispositivos eletrônicos que coletam informações sobre o ambiente, como temperatura, umidade, pressão, luz, som, entre outros, e enviam essas informações para um sistema de monitoramento ou controle.
Sistemas ciber-físicos (CPS)	São sistemas que integram tecnologias de computação e comunicação com componentes físicos, permitindo a interação e controle entre o mundo físico e o mundo digital.
Tecnologia 5G	É uma evolução das redes móveis que permite velocidades mais rápidas de transferência de dados, menor latência e maior capacidade de conexão simultânea de dispositivos.
Telessaúde	Modalidade de atendimento médico que utiliza tecnologias da informação e comunicação para permitir a prestação de serviços de saúde à distância.
<i>Wearables</i>	São dispositivos eletrônicos incorporados em roupas e acessórios pessoais que permitem coletar, monitorar e transmitir dados biométricos e de atividade física do usuário em tempo real.

Fonte: Adaptado de OpenAI (2023).

ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avanços tecnológicos e planejamento arquitetônico em edifícios hospitalares

Pesquisador: LIZANDRA GARCIA LUPI VERGARA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 68514423.5.0000.0121

Instituição Proponente: Programa de Pós- Graduação de Arquitetura e Urbanismo da UFSC

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.073.893

Apresentação do Projeto:

Segundo os pesquisadores:

Resumo:

A Quarta Revolução Industrial está fundamentada pela revolução digital e difere das anteriores por estar baseada na fusão das tecnologias e a interação entre os ambientes físicos, digitais e biológicos. Muitos setores estão sendo modificados e neste sentido surge o termo saúde 4.0 para designar a integração dos sistemas de saúde com as tecnologias digitais de informação e comunicação da indústria 4.0. Contudo, essa revolução também impõe demandas aos sistemas de saúde, que devem enfrentar o desafio de alinhar questões de ordem econômica, sociocultural, de infraestrutura, entre outras. Diante disso, a pesquisa tem como objetivo investigar os impactos dos avanços tecnológicos nos edifícios hospitalares e os cenários futuros para a arquitetura hospitalar brasileira frente as necessidades físico-espaciais condicionadas pela saúde 4.0.

Hipótese:

H1: A médio e longo prazo, acredita-se que ocorra um grande processo de descentralização da saúde com a desospitalização, onde o edifício hospitalar será cada vez menor, porém, extremamente tecnológico para atendimento de alta complexidade.

H2: Acredita-se que novas formas de organização físico-espacial e mudanças na infraestrutura dos edifícios sejam necessárias para suprir as necessidades condicionadas pela saúde 4.0.

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 701

Bairro: Trindade

CEP: 88.040-400

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3721-6094

E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 6.073.893

Metodologia:

A metodologia inclui revisão da literatura (narrativa e sistemática) e coletas de dados através da aplicação de questionário e realização de entrevistas semiestruturadas, analisadas e interpretadas através da análise de conteúdo. Como resultados esperados busca-se, por meio da coleta e análise dos dados, a extração de informações visando o atendimento das demandas da pesquisa, com vistas à identificação dos impactos dos avanços tecnológicos nos edifícios hospitalares e as tendências e perspectivas para os hospitais do futuro.

A pesquisa foi organizada em cinco etapas:

1º Etapa – Contextualização: envolve a revisão da literatura (narrativa e sistemática) que se dará a partir de pesquisas em artigos publicados em bases acadêmicas e científicas nacionais e internacionais, teses, dissertações e livros;

2º Etapa – Aplicação de questionário: com a finalidade de avaliar o impacto das tecnologias no planejamento arquitetônico sob a ótica dos mais variados profissionais, será aplicado o questionário (Anexo 01) elaborado no Google Forms. O questionário será enviado por e-mail ou WhatsApp com um convite para participar da pesquisa e com informações claras sobre a garantia de sua participação de forma voluntária, anônima e confidencial. O questionário será aplicado com 50 profissionais com atuação direta ou indireta em alguma atividade relacionada ao setor de saúde, com abrangência nacional. Estes profissionais poderão ser arquitetos e urbanistas, engenheiros civis, engenheiros clínicos, profissionais da saúde (médicos, enfermeiros, técnicos de enfermagem, por exemplo), gestores hospitalares, entre outros.

3º Etapa – Entrevistas semiestruturadas: para identificar o contexto atual da saúde 4.0 no Brasil, bem como as transformações arquitetônicas que ocorrem ou virão a ocorrer nos hospitais, serão entrevistados profissionais com relevante atuação nacional na área da saúde. As entrevistas serão realizadas por videoconferência, agendadas previamente com os entrevistados, seguindo o roteiro estabelecido. As entrevistas serão realizadas com 20 profissionais com relevante atuação nacional na área da saúde. Este grupo será composto por arquitetos e urbanistas, engenheiros clínicos, médicos e gestores hospitalares.

4º Etapa – Análise dos dados e interpretação de resultados: a partir do conteúdo dos questionários e das entrevistas será realizado a Análise de Conteúdo, conforme Bardin (1977), dividida em três etapas: (i) pré-análise, (ii) exploração do material e (iii) tratamento e análise dos resultados;

5º Etapa – Diagnóstico: será gerado um diagnóstico dos impactos dos avanços tecnológicos nos

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 701

Bairro: Trindade

CEP: 88.040-400

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3721-6094

E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 6.073.893

edifícios hospitalares e a definição de cenários futuros para a arquitetura hospitalar brasileira.

Critério de Inclusão:

Poderão participar da pesquisa arquitetos e urbanistas, engenheiros civis, engenheiros clínicos, profissionais da saúde, gestores hospitalares, entre outros. Dois critérios de inclusão foram definidos: (I) atuar direta ou indiretamente em alguma atividade relacionada ao setor de saúde, seja no desenvolvimento de projetos, assistência, atendimento, gestão, entre outros; (II) possuir minimamente conhecimentos básicos sobre tecnologias em saúde.

Critério de Exclusão:

Profissionais que não atuam direta ou indiretamente em alguma atividade relacionada ao setor de saúde, ou que não possuam nenhum conhecimento sobre tecnologias em saúde.

Objetivo da Pesquisa:

Segundo os pesquisadores:

Objetivo:

Investigar os impactos dos avanços tecnológicos nos edifícios hospitalares e os cenários futuros para a arquitetura hospitalar brasileira frente às necessidades físico-espaciais condicionadas pela saúde 4.0.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo os pesquisadores:

Riscos:

A participação nesta pesquisa não traz complicações legais de nenhuma ordem aos participantes. A pesquisa é conduzida de acordo com os princípios éticos estabelecidos pelas normas nacionais de pesquisa (Resoluções n.º 466/2012 e n.º 510/2016), e os participantes não serão responsabilizados por quaisquer consequências decorrentes de sua participação. Cumpre ressaltar que a participação não é obrigatória e, a qualquer momento, o participante poderá desistir e retirar o consentimento. A recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador, como também na instituição que trabalha. O participante receberá uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) onde consta o contato/e-mail do pesquisador responsável pela pesquisa, podendo tirar dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento. As respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial. O possível risco e desconforto que a pesquisa poderá trazer é o constrangimento de ser entrevistado ou o receio de ser exposto de alguma forma. A fim de evitar e/ou reduzir os efeitos e, as condições adversas, os pesquisadores garantem que as opiniões e pontos de vista não serão expostos publicamente.

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 701

Bairro: Trindade

CEP: 88.040-400

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3721-6094

E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 6.073.893

Na aplicação da técnica de entrevista identificam-se possíveis riscos que possam ocorrer, assim, estes poderão ser abordados com algumas medidas para sua minimização ou extinção. Para as entrevistas haverá contato prévio com os entrevistados a fim de verificar a sua disponibilidade, em função do local e horário para o encontro, evitando qualquer prejuízo para estes, expondo a finalidade previamente a todos os entrevistados acerca dos objetivos e dos instrumentos a serem utilizados no estudo. Ressalta-se que as entrevistas poderão ser realizadas online por videochamada, sempre respeitando os horários e a disponibilidade de cada participante. Em função de possíveis constrangimentos na exposição de opinião, tendo em vista as relações hierárquicas, será verificado local que proporcione a privacidade e a comodidade necessária para a aplicação das entrevistas, de comum acordo, com o entrevistado. As informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente o pesquisador e as supervisoras terão conhecimento dos dados. Poderá haver cansaço, aborrecimento ou desconforto durante a participação das entrevistas e a gravação das mesmas. Na ocorrência de tais desconfortos, serão feitas pausas e interrupções até que o participante se sinta novamente confortável para continuar a entrevista, podendo desistir a qualquer momento da entrevista, sem nenhum prejuízo para o entrevistado. Os pesquisadores procurarão manter o sigilo em relação à identificação das pessoas entrevistadas, contudo, considerando que se trata de pesquisas com seres humanos, existe a possibilidade remota de quebra de sigilo, mesmo que involuntário e não intencional, em relação às informações prestadas. Na ocorrência de quaisquer situações que possam acarretar prejuízos aos participantes, em qualquer etapa da condução desta pesquisa, as indenizações decorrentes da mesma serão de responsabilidade do pesquisador. Sendo assim, em caso de eventuais danos decorrentes da pesquisa será garantido seu direito de indenização ou restituição via depósito bancário. Da mesma forma, todas as despesas decorrentes da participação desta pesquisa serão arcadas pelo pesquisador. Os pesquisadores responsáveis se comprometem a cumprir todas as exigências contidas nas Resoluções n.º 466/2012 e n.º 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) do Ministério da Saúde. Os participantes poderão acompanhar o desenvolvimento e os resultados da pesquisa sempre que acharem necessário, solicitando esclarecimento aos pesquisadores por meio dos contatos fornecidos no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Benefícios:

Os resultados desta pesquisa trarão benefícios na melhoria das estratégias projetuais para nortear o trabalho de arquitetos hospitalares brasileiros de forma condizente com a realidade do país, para poderem atuar de modo assertivo no desenvolvimento e adaptação de edifícios para

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 701
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 6.073.893

comportar as necessidades requisitadas pela constante incorporação tecnológica, atentando-se também para o caráter humanista destas edificações.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto de pesquisa "Avanços tecnológicos e planejamento arquitetônico em edifícios hospitalares" vincula-se a dissertação de mestrado de JOAO PAULO LUCCHETTA POMPERMAIER, no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), orientado por LIZANDRA GARCIA LUPI VERGARA e coorientado por Patrícia Biasi Cavalcanti.

Trata-se de pesquisa exploratória para investigar os impactos dos avanços tecnológicos nos edifícios hospitalares. Fará um levantamento em campo de aspectos como: contexto atual da saúde 4.0 no Brasil; tecnologias emergentes e disruptivas; setores hospitalares mais impactados/beneficiados pela incorporação tecnológica; hospitais no Brasil ou exterior referências na incorporação de novas tecnologias; tendências e perspectivas para os hospitais do futuro. Participarão arquitetos e urbanistas, engenheiros civis, engenheiros clínicos, profissionais da saúde, gestores hospitalares, entre outros. O estudo é nacional, com previsão de realização entre 15/05/2023 e 29/02/2024, desenvolvido com financiamento próprio. O número de participantes será de 70 pessoas, sendo que 50 responderão ao questionário e 20 serão entrevistados. Após a revisão da literatura serão coletados os dados junto aos recrutados. O questionário, elaborado no Google Forms e enviado por e-mail ou WhatsApp, tem finalidade de avaliar o impacto das tecnologias no planejamento arquitetônico, sob a ótica dos profissionais. As entrevistas semiestruturadas serão realizadas por videoconferência, agendadas previamente com os entrevistados, e aplicadas para identificar o contexto atual da saúde 4.0 no Brasil, bem como as transformações arquitetônicas que ocorrem ou virão a ocorrer nos hospitais.

A análise dos dados e interpretação de resultados serão realizados através de Análise de Conteúdo. Ao final será gerado um diagnóstico dos impactos dos avanços tecnológicos nos edifícios hospitalares e a definição de cenários futuros para a arquitetura hospitalar brasileira.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações."

Recomendações:

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações."

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Considerando que as inadequações apontadas foram resolvidas nesta última versão do projeto,

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 701

Bairro: Trindade

CEP: 88.040-400

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3721-6094

E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 6.073.893

este Comitê aprova o Projeto de Pesquisa.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2110425.pdf	06/05/2023 16:06:35		Aceito
Outros	Carta_Resposta.pdf	06/05/2023 16:03:35	JOAO PAULO LUCCHETTA POMPERMAIER	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa_V2.pdf	06/05/2023 16:02:58	JOAO PAULO LUCCHETTA POMPERMAIER	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_V2.pdf	06/05/2023 16:02:37	JOAO PAULO LUCCHETTA POMPERMAIER	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	31/03/2023 13:48:21	JOAO PAULO LUCCHETTA POMPERMAIER	Aceito
Outros	Roteiro_Entrevistas_Semiestruturadas.pdf	30/03/2023 17:33:11	JOAO PAULO LUCCHETTA POMPERMAIER	Aceito
Outros	Roteiro_Questionario.pdf	30/03/2023 17:32:42	JOAO PAULO LUCCHETTA POMPERMAIER	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FLORIANOPOLIS, 23 de Maio de 2023

Assinado por:
Luciana C Antunes
(Coordenador(a))

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vítor Lima, nº 222, sala 701
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br