

Saúde 4.0, tecnologias emergentes e cenários disruptivos em ambientes hospitalares: uma revisão de escopo

João Paulo Lucchetta Pompermaier

Doutorando no Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

✉ joapaulopompermaier@gmail.com

Lizandra Garcia Lupi Vergara

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Docente no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Patrícia Biasi Cavalcanti

Doutora em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Professora Associada da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Recebido em 2 de maio de 2024

Aceito em 27 de agosto de 2024

Resumo:

Considerada um novo estágio do desenvolvimento humano, impulsionada por um conjunto de tecnologias desenvolvidas a partir das três revoluções anteriores, a Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, está baseada na fusão das tecnologias e a interação entre os ambientes físicos, digitais e biológicos. Muitos setores estão sendo modificados e, no caso específico de tudo que se refere ao atendimento à saúde, surge o termo Saúde 4.0. Quando tecnologias são criadas, evoluídas e incorporadas aos sistemas de saúde, elas impactam em diversos âmbitos, incluindo o planejamento arquitetônico do ambiente. Dessa maneira, esse estudo tem o objetivo de contextualizar o cenário atual da Saúde 4.0, mapeando tecnologias emergentes como oportunidades para otimização de sistemas complexos, como os da área da saúde, identificando suas relações e possíveis impactos no ambiente construído hospitalar. Para isso, foi realizada uma revisão de escopo nas bases de dados *Google Scholar*, *IEEE Xplore*, *PubMed*, *SciELO*, *Scopus* e *Web of Science*, visando traçar um panorama acerca das pesquisas sobre a temática, onde foram identificados: principais conceitos e definições, princípios da Saúde 4.0, desafios, soluções e oportunidades, benefícios, tecnologias e características do ambiente físico. Percebeu-se que a literatura sobre a temática é escassa, evidenciando a carência de estudos e a existência de um campo ainda em construção.

Palavras-chave: Saúde 4.0, quarta revolução industrial, tecnologias em saúde, tecnologias emergentes, ambientes hospitalares.

Healthcare 4.0, emerging technologies and disruptive scenarios in hospital environments: a scoping review

Abstract:

Considered a new stage of human development, driven by a set of technologies developed from the three previous revolutions, the Fourth Industrial Revolution, or Industry 4.0, is based on the fusion of

technologies and the interaction between physical, digital, and biological environments. Many sectors are being modified, and in the specific case of everything related to health care, the term Healthcare 4.0 appears. When technologies are created, evolved, and incorporated into healthcare systems, they impact several areas, including the architectural planning of the environment. In this way, this study aims to contextualize the current scenario of Healthcare 4.0, mapping emerging technologies as opportunities for optimizing complex systems, such as those in the health sector, and identifying their relationships and possible impacts on the hospital built environment. To this end, a scoping review was carried out in the Google Scholar, IEEE Xplore, PubMed, SciELO, Scopus, and Web of Science databases, aiming to provide an overview of research on the subject, where the following were identified: Healthcare 4.0, challenges, solutions and opportunities, benefits, technologies and characteristics of the physical environment. It was noticed that literature on the subject is scarce, highlighting the lack of studies and the existence of a field still under construction.

Keywords: Healthcare 4.0, fourth industrial revolution, health technologies, emerging technologies, hospital environments.

Salud 4.0, tecnologías emergentes y escenarios disruptivos en entornos hospitalarios: una revisión del alcance

Resumen:

Considerada una nueva etapa del desarrollo humano, impulsada por un conjunto de tecnologías desarrolladas a partir de las tres revoluciones anteriores, la Cuarta Revolución Industrial, o Industria 4.0, se basa en la fusión de tecnologías y la interacción entre entornos físicos, digitales y biológicos. Muchos sectores se están modificando, y en el caso concreto de todo lo relacionado con la salud aparece el término Salud 4.0. Cuando las tecnologías se crean, evolucionan e incorporan a los sistemas de salud, impactan en varias áreas, incluida la planificación arquitectónica del medio ambiente. De esta manera, este estudio pretende contextualizar el escenario actual de Salud 4.0, mapeando las tecnologías emergentes como oportunidades para optimizar sistemas complejos, como los del sector salud, identificando sus relaciones y posibles impactos en el entorno construido hospitalario. Para ello, se realizó una revisión de alcance en las bases de datos Google Scholar, IEEE Xplore, PubMed, SciELO, Scopus y Web of Science, con el objetivo de brindar un panorama de las investigaciones sobre el tema, donde se identificaron: de Salud 4.0, desafíos, soluciones y oportunidades, beneficios, tecnologías y características del entorno físico. Se constató que la literatura sobre el tema es escasa, destacándose la falta de estudios y la existencia de un campo aún en construcción.

Palabras clave: Salud 4.0, cuarta revolución industrial, tecnologías sanitarias, tecnologías emergentes, entornos hospitalarios.

INTRODUÇÃO

A Quarta Revolução Industrial, ou simplesmente Indústria 4.0, é um termo cunhado 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).

Essa revolução pode ser considerada um novo estágio do desenvolvimento humano, impulsionada por um conjunto de tecnologias desenvolvidas a partir das três revoluções anteriores (Schwab; Davis, 2018), se diferenciando por estar baseada na fusão das tecnologias e a interação entre os ambientes físicos, digitais e biológicos. 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).

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), representando a transição para ambientes digitais totalmente automatizados (Paul *et al.*, 2021).

Também está em andamento a reformulação de governos e instituições. Os sistemas de educação, saúde, transporte, por exemplo, estão se transformando (Schwab, 2016). Na saúde, especificamente, essa revolução promete transformar o setor ao oferecer um atendimento mais preciso e personalizado (Lopes *et al.*, 2019, p. 19) e neste sentido surge o termo Saúde 4.0, que remonta a 2015, com a intenção de aplicar os princípios da Indústria 4.0 nos sistemas de saúde. 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 está se transformando em um ritmo acelerado, decorrente de um mundo mais interconectado e orientado por dados (Wehde, 2019). O uso da tecnologia ganhou um impulso muito grande durante a pandemia de COVID-19, 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 nas organizações (Tortorella *et al.*, 2020).

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). O avanço do conhecimento médico e da tecnologia desenvolveu toda a cadeia. No entanto, 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. 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 desafiando o modelo tradicional de saúde, o que é muito perceptível no contexto brasileiro.

Entende-se que quando tecnologias são criadas, evoluídas e incorporadas aos sistemas de saúde, impactos são gerados nos mais diversos aspectos, entre os quais está o ambiente construído. Nessa perspectiva, questiona-se: como a Saúde 4.0 e as tecnologias emergentes associadas à Quarta Revolução Industrial relacionam-se e impactam no ambiente construído hospitalar?

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). Assim, compreender o contexto da Saúde 4.0 e suas implicações permitirá que as organizações tracem estratégias para atender as demandas que irão surgir em decorrência deste processo de transformação. Dessa maneira, esse estudo tem o objetivo de contextualizar o cenário atual da Saúde 4.0, mapeando tecnologias emergentes como oportunidades para otimização de sistemas complexos, como os da área da saúde, identificando suas relações e possíveis impactos no ambiente construído hospitalar.

A partir de uma pesquisa exploratória inicial nas principais bases de dados identificou uma lacuna na literatura, especificamente no que concerne à Saúde 4.0 e o ambiente construído, fazendo relação com a arquitetura hospitalar. Não foram identificadas revisões de escopo abordando a temática, com isso propõe-se essa revisão buscando organizar os resultados encontrados em estudos já publicados, visando traçar um panorama acerca das pesquisas e assim contribuir para o avanço dos estudos científicos nessa área.

METODOLOGIA

A revisão de escopo foi desenvolvida com base nas diretrizes propostas por Tranfield, Denyer e Smart (2003) e Kitchenham (2007). 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 revisão.

(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 revisão de forma ordenada, elaborou-se o protocolo de revisão registrado na plataforma *Open Science Framework* (OSF) com DOI 10.17605/OSF.IO/7GNEA. 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 desta revisão; (c) trabalhos que não aborda 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.

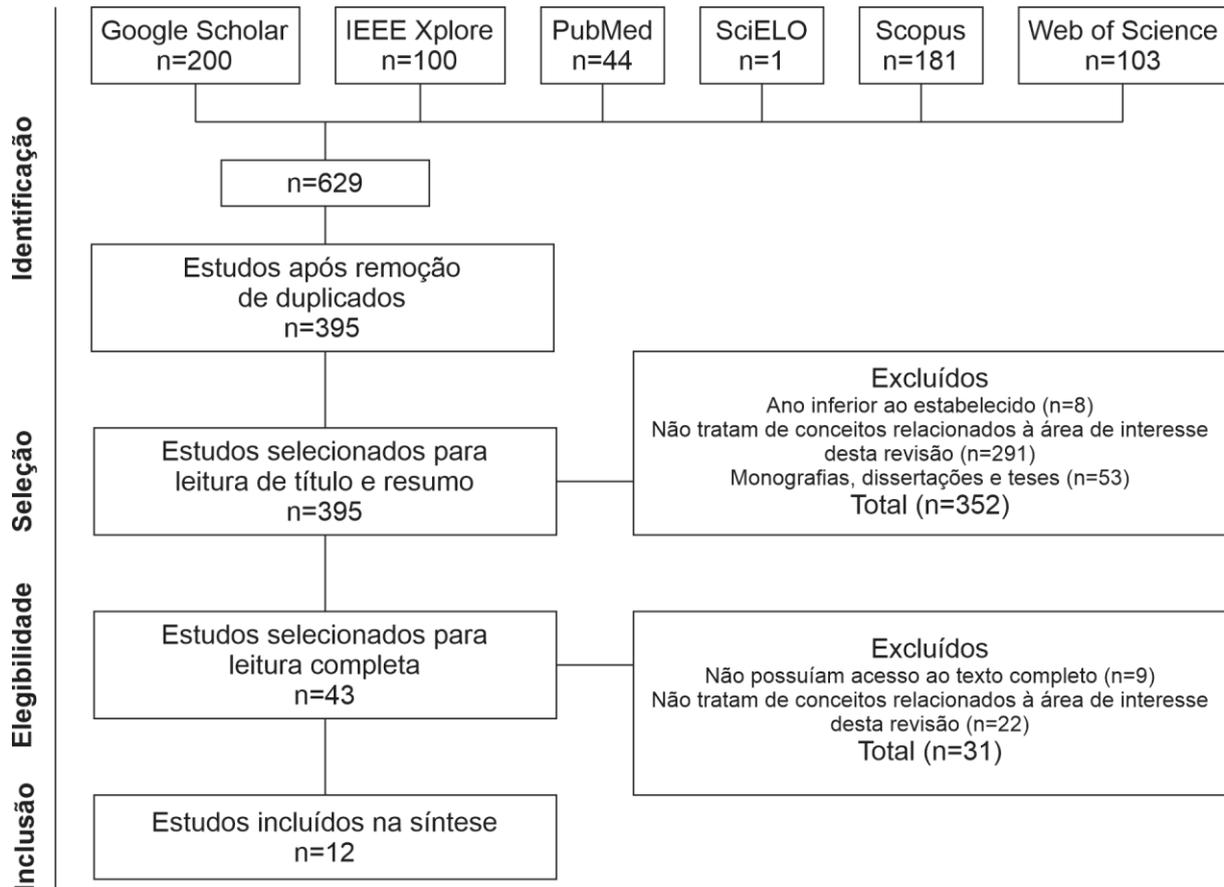
A seleção dos estudos foi realizada em março de 2023 nas seguintes bases de dados: *Google Scholar*, *IEEE Xplore*, *PubMed*, *SciELO*, *Scopus* e *Web of Science*. Estas bases foram escolhidas por melhor se alinharem à área de conhecimento e à temática abordada na pesquisa, além de serem confiáveis e amplamente conceituadas.

Para a construção da *string* de busca foram utilizados os operadores booleanos OR e AND. Assim, definiu-se a estratégia de busca: (“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 edifício OR arquitectura OR ingeniería OR diseño OR “entorno construído” OR “entorno edificado” OR infraestructura OR hospitales)).

A revisão foi conduzida com o apoio da ferramenta online *Parsifal* a partir dos critérios de seleção dos estudos definidos: (I) exclusão dos artigos duplicados; (II) leitura do título e resumo, descartando aqueles que claramente não estejam relacionados com a temática abordada na pesquisa; (III) leitura do artigo completo: os textos selecionados serão lidos integralmente e avaliados para a análise de elegibilidade, sendo considerados válidos ou inválidos para o objetivo desta revisão.

Na Figura 1 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 muito grande de estudos que não atendem especificamente à questão de pesquisa.

Figura 1. Processo de busca e seleção dos estudos.



Fonte: Autores (2023).

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 revisão. 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, 12 artigos foram incluídos na pesquisa, 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

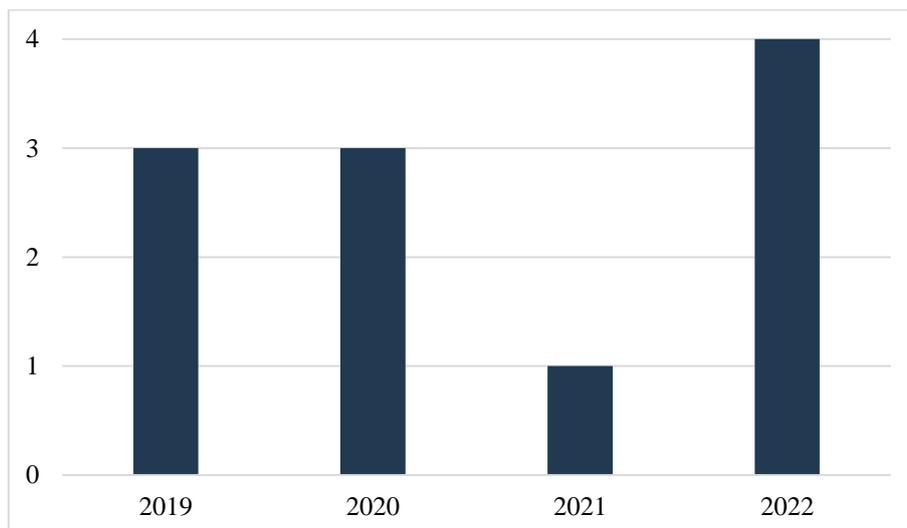
foco específico na contextualização da temática e mapeamento de tecnologias. Além disso, a pesquisa é exploratória com análise qualitativa dos estudos buscando identificar o estado da arte, tendências e lacunas de pesquisa.

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.

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A partir dos 12 artigos incluídos na pesquisa, foi realizada uma análise bibliométrica a fim de verificar a origem destes estudos. O ano de publicação é mostrado no Gráfico 1. Percebe-se que a maioria das publicações é de 2022, com 4 ocorrências, seguido por 2019 e 2020 com 3 ocorrências.

Gráfico 1 – Ano de publicação dos 12 artigos incluídos.

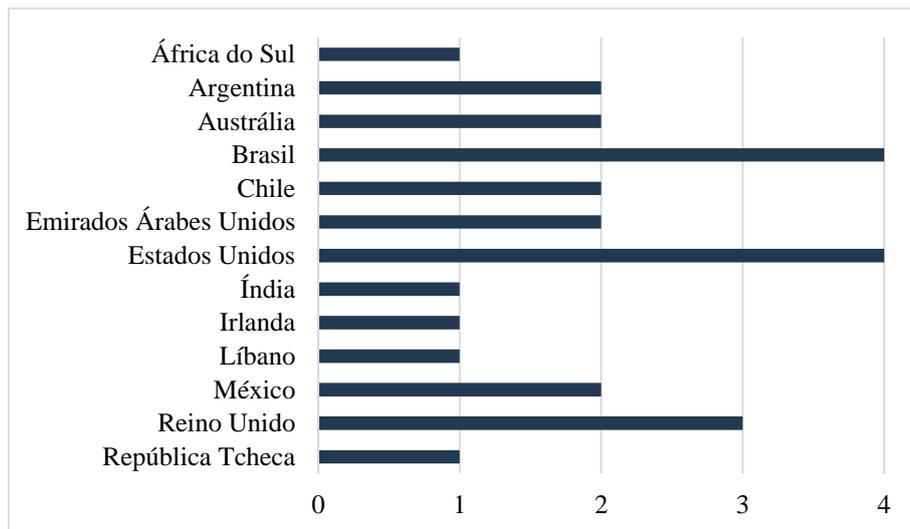


Fonte: Autores 2023.

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: *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 no Gráfico 2. Cabe salientar que os artigos foram escritos por mais de um autor, o que justifica a presença de diversos países.

Gráfico 2 – Países com maior recorrência de publicação dos 12 artigos incluídos.



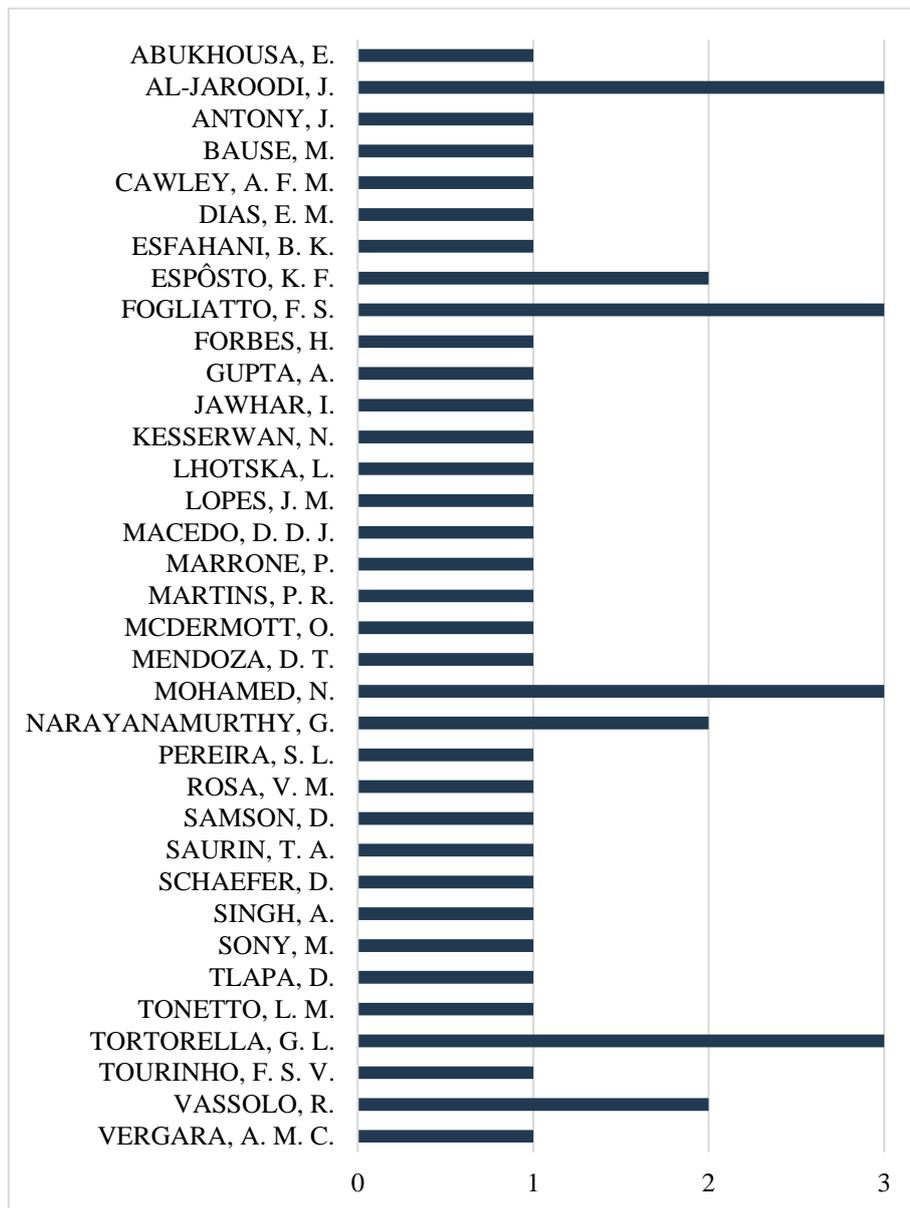
Fonte: Autores.

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 às relacionadas à Indústria 4.0 de modo geral.

Com relação aos autores de maior relevância, a partir dos 12 artigos incluídos, (Gráfico 3), destacam-se Al-Jaroodi, Fogliatto, Mohamed e Tortorella, com participação em 3 artigos.

Não há uma recorrência significativa dos demais, sendo que a maioria participou de apenas 1 artigo. Esses autores possuem formações distintas nas engenharias, saúde, tecnologia da informação e ciência da computação, o que reflete nas diversas áreas de abrangência de pesquisa acerca da Saúde 4.0.

Gráfico 3 – Autores de maior relevância dos 12 artigos incluídos.



Fonte: Autores.

O Quadro 2 apresenta uma síntese dos artigos incluídos apontando os autores, título, objetivo, método e local de publicação.

Quadro 2 – Características descritivas dos 12 artigos incluídos.

Autor(es)	Título	Objetivo	Método	Local de publicação
Al-Jaroodi <i>et al.</i> (2022)	<i>Healthcare 4.0 - Managing a Holistic Transformation</i>	Discutir por que é importante abordar os esforços de transformação para <i>Healthcare 4.0</i> como um problema holístico de engenharia de sistemas e ter uma visão estratégica 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 <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (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)	<i>A evolução no desenvolvimento de Tecnologias e a Saúde 4.0: disrupção do novo</i>	Trazer à luz a reflexão da evolução da Tecnologia relacionada à Saúde e seus impactos sociais, econômicos e científicos,	Teórico	Capítulo de livro

		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 <i>et al.</i> (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 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 Healthcare 4.0 na qualidade dos serviços de saúde.	Revisão sistemática	<i>Hospital Topics</i>
Tortorella <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> (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: Autores.

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 2), ilustrando a representatividade de cada termo.

A Saúde 4.0 é descrita na literatura como sendo a aplicação dos princípios e tecnologias da Indústria 4.0 no setor da 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).

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).

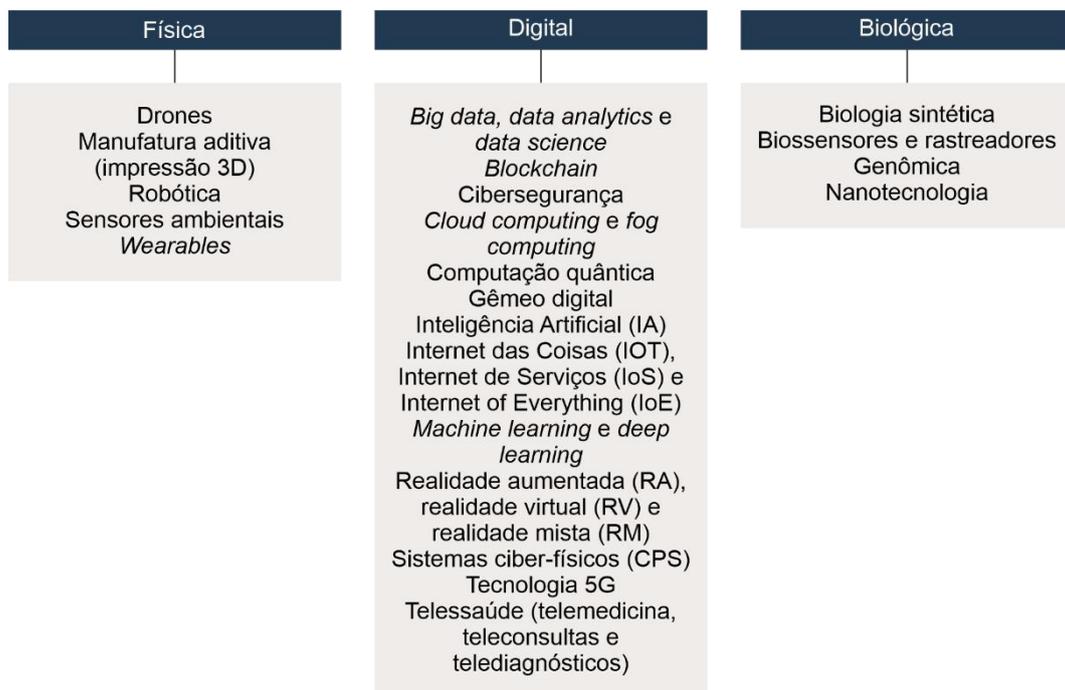
No atual cenário, as tecnologias emergentes prometem introduzir novas aplicações e aprimorar as atuais, voltadas para exames, diagnósticos, terapias e cirurgias (Bause *et al.*, 2019). Assim como na Indústria 4.0, não há um consenso claro sobre o conjunto de tecnologias que compõem a Saúde 4.0, no entanto, 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 responsáveis por impulsionar a Saúde 4.0, sendo elas: *big data*, *data analytics* e *data science*; biologia sintética; biossensores e rastreadores; *blockchain*; cibersegurança; *cloud computing* e *fog computing*; computação quântica; drones; gêmeo digital; genômica; Inteligência Artificial (IA); Internet das Coisas (IOT), Internet de Serviços (IoS) e Internet of Everything (IoE); *machine learning* e *deep learning*;

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.

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 3.

Figura 3. Categorias e megatendências tecnológicas.



Fonte: Autores.

Em suas pesquisas recentes, Tortorella *et al.* (2020) perceberam que a maioria 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. Os autores ainda sugerem que algumas tecnologias podem apresentar níveis de incorporação mais baixos do que outras e que esse fator está associado aos diferentes níveis de maturidade em hospitais.

Além das tecnologias, 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 3 são apresentados esses princípios e suas definições.

Quadro 3– 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: Autores.

Tratando-se da implementação, 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 4 expõe uma síntese dos principais desafios e benefícios da Saúde 4.0 encontrados na literatura.

Quadro 4– 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 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.	Melhorar a flexibilidade, escalabilidade, confiabilidade, agilidade, custo-efetividade e 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	Aumento da confiança; identificar áreas de melhoria e possibilitar decisões mais informadas; redução de custos

	ambientes, tecnologias e regulamentações, comprovação de conceitos e aceitação clínica; diminuição da produtividade e redução da qualidade do serviço; capacitação profissional.	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: Autores.

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 que haja uma abordagem organizada e coordenada em larga escala, o que resulta em progresso lento, tedioso e potencialmente custoso em 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 predizer 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-Jaroodiet *al.*, 2022). Além disso, a implementação 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).

CONSIDERAÇÕES SOBRE O AMBIENTE CONSTRUÍDO HOSPITALAR

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 Tecnologia da Informação (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 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-Jaroodiet *al.*, 2022).

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 associada à *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 raios-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 muito 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. Isso confirma a hipótese inicial acerca da existência de uma lacuna na literatura especificamente no que concerne à Saúde 4.0 e ambiente construído, emergindo como uma oportunidade de estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho 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 Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) esse avanço foi impulsionado de uma maneira jamais prevista pela humanidade (Macedo; Martins; Tourinho, 2022).

A Indústria 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.

Através da revisão de escopo percebeu-se que a literatura sobre a temática é escassa, evidenciando a carência de estudos, principalmente empíricos, e a existência de um campo ainda em construção. Os impactos da Saúde 4.0, especialmente sobre o ambiente construído, ainda são incertos já que esta revolução está apenas no início. No entanto, a literatura aponta como principais impactos sobre o edifício hospitalar: aumento do processo de desospitalização com consequente diminuição dos leitos hospitalares; importância de redesenhar os processos hospitalares; necessidade de planejamento de ações da Saúde 4.0 desde as fases iniciais de desenvolvimento dos projetos; contribuições para a manutenção preditiva e monitoramento ambiental por meio de sistemas inteligentes.

As tecnologias associadas aos ambientes de saúde estão evoluindo para promover o bem-estar dos pacientes e a satisfação de todos os envolvidos (*stakeholders*) (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).

Este artigo apresenta resultados parciais de uma pesquisa de mestrado que investigou os impactos das tecnologias emergentes nas edificações hospitalares. Um fator limitador desta revisão de escopo se dá pela utilização específica do termo Saúde 4.0 como estratégia de busca. Acredita-se que existam outros estudos explorando as implicações das tecnologias emergentes no ambiente construído hospitalar, sem abordar diretamente o contexto 4.0. Assim, nas etapas seguintes pretende-se realizar uma nova busca, mais abrangente, identificando a relação entre as tecnologias emergentes e o ambiente construído, para ampliar as discussões propostas nesta revisão. Além disso, com as tecnologias mapeadas nesta revisão, será elaborado um questionário para verificar quais delas possuem maiores potenciais de impacto no ambiente construído.

Como proposta para estudos futuros, sugere-se um aprofundamento nas tecnologias mapeadas, tendo em vista que suas aplicações e particularidades nos sistemas de saúde não foram exploradas por completo, caracterizando um campo de estudo específico. Além disso, sugere-se também identificar as tecnologias 4.0 com maior probabilidade de serem adotadas conforme os diferentes contextos (países, regiões, tipologias hospitalares, setores hospitalares, entre outros), visando identificar a aderência específica delas para cada circunstância.

AGRADECIMENTOS

Estudo realizado com o apoio do Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina mantido pelo Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior (UNIEDU/FUMDES Pós-graduação).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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: 02 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: 02 abr. 2023.

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

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: 02 abr. 2023.

GUPTA, A.; SINGH, A. Healthcare 4.0: recent advancements and futuristic research directions. **Wireless Personal Communications**, p. 933-952, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s11277-022-10164-8>>. Acesso em: 02 abr. 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: 05 mar. 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: 02 abr. 2023.

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: 02 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: 02 abr. 2023.

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: 02 abr. 2023.

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: 08 ago. 2022.

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: 02 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.

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: 02 abr. 2023.

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

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: 02 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: 02 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: 05 mar. 2023.

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.



Este trabalho está licenciado com uma Licença [Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).