UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
MESTRADO ACADÊMICO EM ADMINISTRAÇÃO

ROBERTA RODRIGUES COELHO

HEALTH 4.0 – UMA ANÁLISE DA APLICAÇÃO EM HOSPITAIS DO RIO GRANDE DO SUL

RIO GRANDE/RS
2024

ROBERTA RODRIGUES COELHO

HEALTH 4.0 – UMA ANÁLISE DA APLICAÇÃO EM HOSPITAIS DO RIO GRANDE DO SUL

Dissertação apresentada ao Mestrado em Administração promovido pelo Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA), do Instituto de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis (ICEAC), da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Linha 2: Tecnologias Gerenciais.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Vinícius Bonato

RIO GRANDE - RS

2024

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais e irmã, não há palavras que possam expressar adequadamente a gratidão que sinto por todo o apoio e compreensão que me ofereceram ao longo da jornada para alcançar o sonho do título de mestre.

Ao meu amado esposo, Marcelo Correa de Souza, seu apoio, incentivo, paciência e companheirismo foram fundamentais para que eu pudesse concluir este trabalho.

Ao Professor Dr. Samuel Vinícius Bonato, meu orientador, pela manifestação de incondicional apoio e disponibilidade, pela compreensão por algumas dilações, pelo aconselhamento assertivo e pelo estímulo permanente, que muito contribuíram para realização desta dissertação de mestrado.

À amiga Luísa Dias Mota agradeço pelo incentivo e ajuda incansável na confecção desta dissertação.

À amiga Roberta Acosta Funchal, expresso minha sincera gratidão pela motivação e pelos conselhos assertivos que me ofereceu sempre que o desânimo ameaçava me dominar.

Aos companheiros de mestrado e trabalho, compartilho minha gratidão por dividirem comigo as angústias desse processo de construção do conhecimento.

Por fim, expresso meu profundo agradecimento aos profissionais entrevistados nos três hospitais estudados por compartilharem suas experiências e fornecerem as informações necessárias para a realização desta pesquisa. Sem a colaboração deles, este trabalho não teria sido possível.

RESUMO

A área da saúde está constantemente em busca de aprimoramento e renovação, demandando das estruturas hospitalares um alto nível de gestão e negócios. Os sistemas de saúde existentes e os métodos tradicionais de atendimento podem não ser mais suficientes para lidar com as futuras demandas da área. Em meio ao alto risco dos serviços prestados e à imprevisibilidade, torna-se importante buscar estratégias inovadoras para implementação nos hospitais. Nesse contexto, o Health 4.0 surge como um conjunto de procedimentos tecnológicos do mundo físico, biológico e digital com o objetivo de melhorar a eficiência e eficácia dos processos e profissionais com diretrizes para a transformação de dados em informações úteis e acessíveis. Para identificar a implementação de tecnologias Health 4.0 foi realizado uma revisão sistemática da literatura sobre a temática do Health 4.0 e, posteriormente um estudo qualitativo com hospitais de diferentes portes e regiões do Rio Grande do Sul. O objetivo foi investigar a aplicação do Health 4.0 na gestão e operação de hospitais no estado. Para isso, foram realizadas entrevistas online com gestores responsáveis pela inovação. Os resultados revelaram uma baixa adoção de ferramentas tecnológicas, com ênfase no monitoramento em tempo real. Além disso, foram identificadas como principais barreiras para a implementação das tecnologias Health 4.0: questões de alta gestão, restrições financeiras, preocupações com perda de emprego e resistência por parte dos profissionais de saúde. Tais achados destacam a necessidade de maior engajamento e investimento na adoção de tecnologias Health 4.0 nos hospitais do Rio Grande do Sul, visando aprimorar a qualidade dos serviços prestados e enfrentar os desafios emergentes no campo da saúde.

Palavras-chave: Health 4.0; Hospitais; Tecnologias.

ABSTRACT

The healthcare sector is constantly seeking improvement and renewal, requiring hospitals to maintain a high level of management and business acumen. Existing health systems and traditional care methods may no longer suffice to meet the future demands of the field. Amid the high risk of the services provided and unpredictability, it becomes important to seek innovative strategies for implementation in hospitals. In this context, Health 4.0 emerges as a set of technological procedures from the physical, biological, and digital worlds aimed at enhancing the efficiency and effectiveness of processes and professionals with guidelines for transforming data into useful and accessible information. A systematic literature review on the theme of Health 4.0 was conducted to identify the implementation of Health 4.0 technologies, followed by a qualitative study with hospitals of different sizes and regions in Rio Grande do Sul. The goal was to investigate the application of Health 4.0 in the management and operation of hospitals in the state. For this purpose, online interviews were conducted with managers responsible for innovation. The results revealed a low adoption of technological tools, with an emphasis on real-time monitoring. Additionally, the main barriers to implementing Health 4.0 technologies were identified as senior management issues, financial constraints, concerns about job loss, and resistance from healthcare professionals. These findings highlight the need for greater engagement and investment in the adoption of Health 4.0 technologies in hospitals in Rio Grande do Sul, aiming to improve the quality of services provided and address emerging challenges in the field of health.

Keywords: Health 4.0; Hospitals; Technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estratégia de busca da literatura.....22
Figura 2 – Protocolo de pesquisa.....62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios de Inclusão e Exclusão 22
Quadro 2 – Artigos encontrados no âmbito da pesquisa 21
Quadro 3 – Evolução do conceito de Health 4.0 27
Quadro 4 – Autores X Variáveis 52
Quadro 5 – Direções de pesquisa propostas pela literatura 57
Quadro 6 – Tecnologias e barreiras literatura x Hospitais pesquisados..... 81
Quadro 7 – Aplicações literatura x Hospitais pesquisados..... 82

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA 11
1.2 OBJETIVOS 11
1.2.1 Objetivo Geral 11
1.2.2 Objetivos Específicos 11
1.3 JUSTIFICATIVA 12
1.4 CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO 12
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 13
2 Artigo 1 - HEALTH 4.0: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW AND FUTURE RESEARCH AGENDA 14
1 INTRODUÇÃO 14
2 HEALTH 4.0 16
3 MÉTODO 19
3.1 PROTOCOLO DE PESQUISA 19
3.2 FORMULAÇÃO DAS QUESTÕES DE PESQUISA 20
3.3 SELEÇÃO DOS ESTUDOS 20
3.4 CRITÉRIO DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO 20
3.5 EXTRAÇÃO, ANÁLISE E SÍNTESE DE INFORMAÇÃO 25
4 RESULTADOS 26
4.1 EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE HEALTH 4.0 26
4.2 IMPACTO DO HEALTH 4.0 EM HOSPITAIS 29
4.3 TECNOLOGIAS EMERGENTES DO HEALTH 4.0 32
4.3.1 Computação em nuvem 34
4.3.2 Internet das coisas (IoT) 34
4.3.3 Inteligência Artificial (IA) 36
4.3.4 Realidade Virtual e Aumentada 37
4.3.5 Robótica 38
4.3.6 Big data 39
4.4 PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO HEALTH 4.0 40
4.4.1 Medicina realística 40
4.4.2 Monitoramento em tempo real 41
4.4.3 Dispositivos médicos 43

4.5 BARREIRAS PARA IMPLANTAÇÃO DO HEALTH 4.0 45
4.5.1 Capacidades adaptativa de sistemas de saúde em direção ao Health 4.0 ..... *47*
4.6 SEGURANÇA E PRIVACIDADE NO HEALTH 4.0 48
5 SÍNTESE DA LITERATURA 51
6 DISCUSSÃO E IMPLICAÇÕES 53
6.1 IMPLICAÇÕES 55
6.2 NOVAS DIREÇÕES DE PESQUISA 56
7 CONCLUSÃO 58
3 OBJETO DE ESTUDO 59
3.1 HOSPITAIS BRASILEIROS E A INOVAÇÃO 59
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 61
4.1 DELINEAMENTO OU *DESIGN* DA PESQUISA 61
4.2 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS HOSPITAIS 62
4.3 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS 63
4.4 INSTRUMENTO DE PESQUISA 64
4.5 ANÁLISE DE DADOS 64
4.6 ÉTICA DA PESQUISA 65
5 RESULTADOS 68
5.1 CASO A 68
5.2 CASO B 68
5.3 CASO C 69
6 ANÁLISE DOS RESULTADOS 70
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 85
8 LIMITAÇÕES DA PESQUISA 88
9 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS 89
REFERÊNCIAS 90
APÊNDICES 99
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) 99
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO GESTOR DE ATENÇÃO À SAÚDE DO HOSPITAL 101

1 INTRODUÇÃO

A saúde e a medicina são áreas em constante aperfeiçoamento e renovação, exigindo das estruturas hospitalares um grau elevado de gestão e negócios. Devido ao alto risco inerente aos serviços prestados e à imprevisibilidade, é crucial buscar constantemente estratégias pioneiras para gerenciar esses estabelecimentos. (Flórez; Rosario; Hurtado, 2020).

Nas últimas décadas, a competitividade crescente no mercado globalizado e a necessidade de otimização têm imposto mudanças. Entre essas, a organização da cadeia de valor é fundamental para o serviço de saúde que tem por finalidade aumentar a eficácia e eficiência devido à crescente pressão orçamentária (Thuemmler; Bai, 2017). Ainda, os custos crescentes dos cuidados de saúde, o envelhecimento da população, a escassez de profissionais de saúde e o acesso equitativo à saúde são algumas das forças motrizes da revolução da saúde digital.

Diante disso, em virtude do avanço da medicina e das tecnologias, a longevidade em muitos países desenvolvidos torna esse nicho da população o de maior índice de crescimento, fazendo com que o aumento da população idosa pressione os limitados recursos de saúde. Com isso, os serviços de saúde existentes e as formas tradicionais da assistência provavelmente não serão mais viáveis para atender às necessidades futuras de saúde. Desse modo, a construção de capacidade por meio da virtualização dos cuidados de saúde é um caminho promissor a ser seguido para enfrentar tais desafios. Da mesma forma, o reforço da capacidade de apoio pode ajudar as pessoas a adquirirem habilidades, conhecimentos e competências para adotar e usar tecnologias e aplicativos digitais de saúde, visando gerenciar a sua saúde, bem-estar e doenças por conta própria (Lim, 2017).

Enquanto os estágios anteriores do Health eram centrados em modelos de negócios centrados no consumidor, o Health 4.0 tem como objetivo a saúde e bem-estar do paciente, fornecido por meio de sistemas online e offline. Ao considerar o que ocorreu com a internet, a qual se tornou parte essencial no cotidiano das pessoas, novas tecnologias de prestação de serviços e acesso aos cuidados de saúde provavelmente serão inseridas na rotina. Para isto, são utilizados dispositivos inteligentes e sensores remotos, ambos interligados, para criar conteúdo útil e fornecer serviços para pacientes e profissionais de saúde onde quer que estejam a fim de melhorar os resultados (Lim, 2017).

A revolução industrial iniciou no século XVIII a partir da mecanização dos processos seguida da produção em massa, automação e digitalização (Chute, 2019). Segundo Paulin (2017), a 4ª revolução tecnológica é uma grande expectativa que atravessa todos os domínios

da conduta humana. Sua implantação no campo da saúde é promissora devido às estruturas organizacionais arcaicas, dados arquivados e recursos limitados.

Não há dúvida de que uma transição total em direção ao Health 4.0 está prestes a acontecer – não é uma questão de e se, mas apenas uma questão de tempo. Como essa transformação ocorrerá é difícil de prever, mas é provável que seja por meio de cuidados de saúde centrados no hospital e nos profissionais através da assistência centrada no paciente distribuído para um sistema globalizado e autoadministrado (Paulin, 2017).

Frente a isso, Health 4.0 é definido como um conceito estratégico para o domínio da saúde derivado das características da indústria 4.0, que propõe uma interação entre tecnologia e ser humano na área da saúde (Silveira *et al.*, 2019). Ele deve permitir a virtualização gradual para oferecer suporte à personalização da saúde quase em tempo real para pacientes e profissionais. Essa personalização de assistência médica exige o uso substancial de sistemas ciberfísicos, assim como outras tecnologias emergentes, incluindo aparelhos, serviços, pessoas e redes de comunicação (Thuemmler; Bai, 2017).

A virtualização permite a inspeção de pequenas janelas espaços-temporais do mundo real em tempo real e, assim, permite o diagnóstico em medicina personalizada e precisa. Ainda, o objetivo da virtualização em saúde e personalização para pacientes, profissionais e outras partes interessadas é uma melhoria geral da indústria de saúde com a tecnologia. Em síntese, o Health 4.0 emerge como um fenômeno para melhorar os serviços de saúde e a conectividade entre as partes interessadas nos cuidados de saúde usando a tecnologia, por exemplo, o autoatendimento de um paciente em um terminal tecnológico (Bause *et al.*, 2020; Schiavoni *et al.,* 2020; Silveira *et al.*, 2019; Thuemmler; Bai, 2017; Weerasinghe; Vidanagamachchi; Nanayakkara*,* 2020).

Ressalta-se que a literatura sobre o Health 4.0 é limitada devido ao caráter inovador, sendo a maioria das contribuições derivadas da análise de mercado da literatura cinza, o que dificulta a comparação entre estudos (Chute; French, 2019; Ćwiklicki; Klich; Chen, 2020). As lacunas demonstram as limitações e barreiras para a adoção do modelo Health 4.0 no setor de saúde. Assim, realizar pesquisas em países em desenvolvimento se faz necessário para uma análise comparativa robusta (Ajmera; Jain, 2019), já que o foco dos estudos está em países desenvolvidos (Maresova *et al*., 2017).

Ao considerar o exposto, a realização de pesquisas que aprofundem o campo de conhecimento em Health 4.0 se torna relevante para a gestão de saúde. Estudos nesta temática podem ser fundamentais para identificar as tecnologias utilizadas para subsidiar a comunicação entre dispositivos e os serviços, verificar como os hospitais inteligentes

capacitam os funcionários em virtude das tecnologias, além de, analisar como os países em desenvolvimento estão aplicando a cadeia de valor 4.0 (Silveira *et al*., 2019; Ajmera; Jain, 2019). Desta forma, o presente estudo pretende realizar uma pesquisa sobre a aplicação do Health 4.0 nos hospitais do Rio Grande do Sul por meio da análise do ranking brasileiro divulgado em 2021 e participantes do grupo South Collab Health.

O cenário descrito motivou a realização deste estudo, que busca contribuir para que os profissionais de saúde compreendam melhor os conceitos relacionados ao Health 4.0, proporcionando também aos pesquisadores e *stakeholders* um estudo sobre o assunto. Visto que a bibliografia existente foca nas contribuições práticas sobre o 4.0 (Cavallone; Palumbo, 2020; Ćwiklicki; Klich; Chen, 2020).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Como o Health 4.0 está sendo aplicado no contexto da gestão e operação em hospitais do Rio Grande do Sul?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a aplicação do Health 4.0 em hospitais do estado do Rio Grande do Sul.

1.2.2 Objetivos Específicos

a) Revisar a literatura do campo de conhecimento em Health 4.0, identificando o estado da arte de suas aplicações;
b) Identificar as principais aplicações do Health 4.0 em hospitais do estado do Rio Grande do Sul;
c) Reconhecer as principais barreiras e facilidades no processo de implementação do Health 4.0 nos hospitais estudados;
d) Identificar quais ferramentas tecnológicas do Health 4.0 foram mais convenientes nos locais estudados, bem como, o impacto das mudanças nos processos.

1.3 JUSTIFICATIVA

O Health 4.0 é considerado um novo paradigma que inspira políticas e práticas de saúde. Entretanto, os pesquisadores não são consistentes na discussão de seus atributos e implicações distintivas (Thuemmler; Bai, 2017).

Cavallone e Palumbo (2020) relatam que no início do século XXI, as organizações de saúde precisavam urgentemente equilibrar a qualidade do atendimento e o controle de custos. Para isso, enfatizaram os impactos positivos da transição para um modelo 4.0 na atenção à saúde, que vão desde o aprimoramento tecnológico das atividades clínicas e não clínicas para um melhor uso dos recursos disponíveis, como dados e conhecimento (Cavallone; Palumbo, 2020).

Nesse sentido, pode-se considerar o Health 4.0 como um avanço na área, já que é possível obter o máximo de resultados com o mínimo de recursos por meio das tecnologias avançadas, com o potencial de fornecer uma nova perspectiva para o setor (Ajmera; Jain, 2019).

Portanto, acredita-se que uma transição completa para o Health 4.0 é um caminho natural e necessário. Contudo, a maneira que esta modificação ocorrerá se torna difícil de prever. É provável que seja uma transformação de cuidados de saúde centrados no hospital e nos profissionais por meio de cuidados alinhados com o paciente e distribuídos para o sistema global, seguindo os protocolos do Health 4.0.

1.4 CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO

Através desta pesquisa de campo foi possível contribuir no campo teórico as principais facilidades e barreiras existentes na implementação de um novo modelo assistencial baseado em Health 4.0, visto que os efeitos desencadeados pela virada digital ainda não foram aprofundados da forma adequada (Silveira *et al*., 2019; Weerasinghe; Vidanagamachchi; Nanayakkara, 2020).

Apesar de ser um consenso na literatura que a aplicação do Health 4.0 nos sistemas hospitalares resultará em benefícios (Ciasullo *et al*., 2022), a parte qualitativa deste estudo permitiu identificar as implicações práticas e sociais nos locais estudados. Em relação a prática, foi possível caracterizar quais ferramentas tecnológicas do Health 4.0 foram mais convenientes nos locais estudados, o impacto das mudanças nos processos, na organização das informações e nos custos em saúde, de acordo com a realidade das instituições estudadas.

Em relação as implicações sociais, foram avaliadas questões relativas a superlotação, sobrecarga de trabalho, diminuição da qualidade do atendimento e insatisfação dos pacientes e funcionários. Tudo isso pode ser feito ampliando os limites da inovação com a colaboração das tecnologias emergentes (Celdrán *et al*., 2018; Flórez; Rosario; Hurtado, 2020; Sisodia; Jindal, 2021).

Os dados obtidos também irão contribuir para uma melhor previsão e discussão dos pontos chave para estender a implementação do Health 4.0 em outros locais do estado do Rio Grande do Sul.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A pesquisa está estruturada em cinco seções, formando o corpo desta dissertação. A primeira seção representada pela introdução, composta do problema de pesquisa, objetivos e justificativa do estudo.

Na segunda seção deste trabalho, uma revisão da literatura é conduzida na forma de um artigo, que discute a evolução do conceito de Health 4.0, as principais tecnologias emergentes aplicadas, bem como as aplicações identificadas e as barreiras enfrentadas em sua implementação. Nas seções subsequentes, o objeto de estudo é explorado em conjunto com um breve embasamento teórico e os procedimentos metodológicos adotados neste estudo, além de abordar os aspectos éticos da pesquisa.

Por fim, na última seção é discutido os resultados, seguido da conclusão geral, referências e apêndices.

2 Artigo 1 - HEALTH 4.0: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA E AGENDA DE PESQUISA FUTURA

Resumo:
Sabe-se que a população em geral tende ao envelhecimento, aumento de doenças crônicas e um aumento na expectativa de vida. Isso traz implicações diretas no aumento dos gastos em saúde. O conceito Health 4.0 é um termo derivado da indústria 4.0, que foi criado a partir das mudanças demográficas, sociais e econômicas dos últimos anos. O Health 4.0 incorpora as fronteiras digitais e diversas inovações disruptivas em sistemas de saúde estimulando novos modelos de negócios e redes de valor. Contudo, apesar dos possíveis impactos positivos do Health 4.0 nos sistemas de saúde, as pesquisas ainda são insuficientes para identificar as aplicações e desafios do Health 4.0, principalmente nos países em desenvolvimento, considerando as disparidades sociais, econômicas e governamentais. Frente a isso, o presente estudo teve como objetivo identificar as aplicações e desafios do conceito de Health 4.0 nos sistemas de saúde através de uma revisão sistemática da literatura. Com base no método delineado, foram avaliadas 40 publicações científicas de diferentes países em quatro bases de dados (Web of Science, Science Direct, Pubmed e Scopus), que abordam o tema de Health 4.0. Os resultados do estudo permitiram entender o progresso atual do Health 4.0, além de realizar uma análise abrangente de barreiras e desafios que precisam ser discutidos para a implementação generalizada nas diferentes economias. O estudo conclui que a implantação do Health 4.0 requer uma perspectiva interdisciplinar sobre inovação e adoção de tecnologias, onde as ferramentas utilizadas para tal devem ser avaliadas em diferentes contextos sociais, econômicos e tecnológicos vigentes entre os países. Isso evidencia a necessidade de pesquisas de campo sobre o tema, especialmente em países em desenvolvimento, onde os sistemas de saúde necessitam de mudanças urgentes.

Descritores: Health 4.0; Hospitais; Tecnologias; Dispositivos.

1 INTRODUÇÃO

Com a 4ª revolução industrial - as barreiras entre humanos e máquinas estão sendo reduzidas, o que impulsionou a evolução dos sistemas de saúde. Este novo contexto industrial trouxe um impacto direto aos pacientes e na população em geral sob diversas perspectivas. Entre eles, benefícios em diversas áreas de tecnologias de saúde, como biotecnologia, neurotecnologia, epigenética, tecnologias implantáveis, fatores psicológicos e emocionais. Essas tecnologias de saúde adotam principalmente realidades virtuais e aumentadas em tratamentos de pacientes, recursos de inteligência artificial (IA), tecnologia da informação e computação. Assim, acredita-se que as ferramentas que emergiram com a Indústria 4.0 (I4.0) são capazes de direcionar os sistemas de saúde, de forma a torná-los mais eficientes e econômicos (Ćwiklicki; Klich; Chen, 2020).

Mesmo que sejam visíveis os benefícios da I4.0, existem questionamentos sobre como

os sistemas de saúde podem ser preparados para enfrentar as dificuldades e as disrupções causadas pela I4.0. Embora avanços já tenham ocorrido no panorama atual da saúde, acredita-se que ainda existem desafios. Os principais problemas são decorrentes do envelhecimento global da população. Isso propiciou um aumento na frequência de doenças crônicas não transmissíveis e consequentemente custos cada vez maiores aos sistemas de saúde (Zeb *et al.*, 2016).

Como exemplo desta problemática, cita-se a União Europeia e Estados Unidos, onde os gastos em saúde já comprometem aproximadamente 10% e 18% do Produto Interno Bruto (PIB) destes locais, respectivamente (Jayaraman *et al.,* 2019). Estima-se que os gastos mundiais com saúde cheguem a US$ 18,28 trilhões em 2040 (Al-Jaroodi; Mohamed; Abukhousa, 2020). A tendência de envelhecimento da população é progressiva, considerando estimativas de que até 2050, a população global aumente para 10 bilhões e 2 bilhões de pessoas tenham 60 anos ou mais. Isso demonstra a necessidade urgente de atualização do sistema de gestão de saúde existente para atender a população crescente de forma eficaz (Gardas, 2022).

Além disso, a demanda por serviços de saúde que tenham alta qualidade, baixo custo, que estejam amplamente disponíveis e facilmente acessíveis no conforto da casa dos pacientes está aumentando rapidamente nos últimos anos. O resultado é a criação de problemas notáveis que os profissionais de saúde estão buscando resolver. Estas circunstâncias ratificam a necessidade de uma inclusão progressiva de metodologias e tecnologias criativas cuja integração terá impacto no setor de saúde (Aivaliotis; Tsantikidou; Sklavos, 2022).

Frente a isso destaca-se o conceito Health 4.0, que foi criado a partir das mudanças demográficas, sociais e econômicas dos últimos anos, em que a expectativa de vida da população encontra-se em uma crescente (Flórez; Rosario; Hurtado, 2020).

Health 4.0 é um termo que surgiu recentemente e é derivado da Indústria 4.0. Com base na I4.0, essa terminologia é usada na área de tecnologias em saúde baseada em dados, saúde generalizada e sistema de informação em saúde. O conceito incorpora as fronteiras digitais e diversas inovações disruptivas em sistemas de saúde estimulando novos modelos de negócios e redes de valor (Herrmann *et al*., 2018). O presente estudo adota o Health 4.0 como um conceito estratégico para o domínio da saúde, derivado das características da indústria 4.0, que propõe uma interação entre tecnologia e ser humano na área da saúde. Ele deve permitir a virtualização gradual para oferecer suporte à personalização da saúde quase em tempo real para pacientes e profissionais (Thuemmler; Bai, 2017).

Nos últimos anos, países desenvolvidos e em desenvolvimento estão criando algoritmos automatizados e soluções de entrega remota de saúde para fornecer serviços de qualidade (Reddy; Bharath; Rajalakshmi, 2018). Com isso, o Health 4.0 considera tecnologias disruptivas disponíveis para melhorar apresentação de cuidados de saúde e a qualidade de vida de pacientes. As disrupções em andamento vêm incorporando, por exemplo, a digitalização de dados clínicos, médicos e laboratoriais, e a automação de processos manuais. Entretanto, os sistemas de saúde dos países são continuamente desafiados, dado que diferentes patologias surgem ao longo do tempo. Outro desafio mencionado pelas Nações Unidas é que 15% e 13% da população mundial, respectivamente, sofrem diferentes tipos de deficiências, além de serem idosas (maiores de 60 anos) (Jagadish *et al.*, 2019; Silveira *et al.*, 2019).

Diante disso, é observada a necessidade de evolução dos ecossistemas de saúde em que as tecnologias disruptivas podem ser ferramentas valiosas para mitigar ou eliminar esses obstáculos (Zeb *et al.*, 2016). Porém, é necessário que os sistemas de saúde estejam preparados para incorporar as tecnologias de saúde dos mais diversos segmentos.

Com base no exposto, o presente estudo tem como objetivo identificar as aplicações e desafios do conceito de Health 4.0 nos sistemas de saúde através de uma revisão sistemática com enfoque em duas questões: o estado da arte da literatura sobre Health 4.0 (1984-2023) e as principais aplicações de Health 4.0 em hospitais. Com base na metodologia aplicada, foram avaliadas as publicações científicas produzidas nesse período em diferentes países e que contêm o conceito de Health 4.0. Evidências de pesquisas indicam que a literatura existente em torno desse tema é limitada devido ao caráter inovador e a maioria das contribuições é derivada da análise de publicações não convencionais, dificultando a comparação entre estudos (Chute; French, 2019; Ćwiklicki; Klich; Chen, 2020).

O artigo está organizado da seguinte forma. A seção 2 descreve como surgiu o Health 4.0. A seção 3 detalha o método empregado e a estratégia de busca da literatura. A seção 4 aborda a evolução do conceito ao longo dos anos e os desafios enfrentados pela saúde digital. A seção 5 apresenta uma síntese da literatura, seguida pela seção 6, que oferece uma visão geral das direções de pesquisa futuras. Finalmente, a seção 7 conclui o artigo, fornecendo uma visão geral do tema estudado e destacando os principais achados do estudo.

2 HEALTH 4.0

A quarta revolução englobou as tecnologias da informação, biologia e física. Cada uma dessas fases transformou não só os processos tecnológicos, mas a forma de vida do ser

humano (Ajmera; Jain, 2019; Chute; French, 2019; Weerasinghe; Vidanagamachchi; Nanayakkara, 2020). As grandes mudanças tecnológicas propostas pelo paradigma da quarta revolução industrial, também conhecida como I4.0, ainda se encontram incipientes em países em desenvolvimento, sendo comprovadas pela implementação de estratégias de transformação digital, geralmente limitadas a grandes organizações industriais. Este novo paradigma reúne várias tecnologias incluindo robótica avançada, inteligência artificial, realidade aumentada, computação em nuvem, internet móvel, entre outras (Sordan *et al.*, 2020). Na área da saúde, o fenômeno da I4.0 é conhecido como Health 4.0, onde as tecnologias modernas são integradas aos dados disponíveis junto com o uso de inteligência artificial (Ajmera; Jain, 2019).

Alguns autores abordam que Health 4.0 é uma definição estratégica do domínio da saúde derivada do conceito da Indústria 4.0 (Cáceres; Rosário; Amaya, 2019; Flórez; Rosario; Hurtado, 2020; Lopes *et al.*, 2019; Thuemmler; Bai, 2017). Enquanto outros complementam o conceito descrevendo o objetivo do Health 4.0, que é possibilitar a virtualização crescente permitindo a personalização da saúde em tempo real para pacientes, profissionais e cuidadores formais e informais. Acreditam que personalização será alcançada através do uso massivo de sistemas ciberfísicos, computação em nuvem, internet das Coisas (IoT), incluindo aparelhos, serviços, pessoas e redes de comunicação móvel 5G (Thuemmler; Bai, 2017; Weerasinghe; Vidanagamachchi; Nanayakkara, 2020).

Um conceito detalhado de Heath 4.0 é abordado por Ferrer-Roca, Tous e Milito (2014), em que descrevem que é a estrutura integrada da saúde que abrange as quatro principais inovações, sendo elas: (i) ferramentas que atendem a três critérios de disponibilidade: conexões a qualquer hora (em movimento), em qualquer lugar (ambientes fechados) e com conexão de qualquer coisa (em qualquer máquina); (ii) aplicações que incluam melhoramento de imagem e leituras de identificação por radiofrequência para o uso: reconhecimento facial, acesso à informação do proprietário (domicílio, trabalho e agenda médica); (iii) aplicação que inclua itens Web 3.0 com controle de qualidade; (iv) aplicações que englobam Web 4.0 como a Névoa e Big data.

Conforme afirmado por Thuemmler e Bai (2017), à medida que as novas tecnologias avançam, o monitoramento e a gestão da saúde estão se tornando mais personalizados e oportunamente acessíveis aos indivíduos, permitindo que realizem atividades de acompanhamento e gerenciamento da saúde.Assim, serão utilizadas ferramentas virtuais e sistemas ciberfísicos baseados nos princípios do design da Indústria 4.0, que conectam redes físicas e virtuais em tempo real.

O Health 4.0 é um processo contínuo, porém disruptivo de transformação da cadeia de valor dos sistemas de saúde que abrange desde a produção de medicamentos, atendimento médico, gestão de recursos, cuidados de vida saudável a sistemas financeiros e sociais. Isso faz com que o setor de saúde de um sistema reativo e focado na taxa de serviço se movimente para um sistema baseado em valor, medindo os resultados e garantindo uma prevenção proativa (Bause *et al.*, 2019).

Existe um ponto de inflexão na evolução do homo sapiens como espécie, resultando em consequências de curtos e longos prazos. Neste sentido, é notável que esteja acontecendo, em ambos os sentidos o rompimento da fronteira entre humanos e máquinas. As máquinas estão sendo equipadas com alguns recursos humanos, como por exemplo, inteligência artificial e características humanóides. Já os seres humanos estão obtendo componentes mecânicos sofisticados implantados – como, por exemplo, marca-passos e endopróteses (Ćwiklicki; Klich; Chen, 2020).

Com a saúde virtual, consegue-se permitir que os profissionais de saúde consigam colaborar entre si, assistindo de forma remota e com os cuidados necessários. Neste sentido, é possível que a coleta de dados do paciente, bem como a prestação de atendimento de um local diversificado utilize algumas tecnologias, tais como a vídeo conferência. Essa tecnologia citada possibilitaria que os pacientes pudessem receber atendimento em seus domicílios - ou em sua comunidade. Os dados de pacientes e informações de saúde poderiam ser compartilhados entre plataformas através da rede mundial de objetos interconectados (Lim, 2017).

Nesta perspectiva o foco da I4.0 é a relação entre paciente e profissional. Porém, tem sido questionado quais as maneiras para facilitar a transição para a medicina personalizada, a qual tem como visão a adaptação do design juntamente com prestação de serviços de saúde, devendo estes serem adequados às necessidades e expectativas destes usuários (Cavallone; Palumbo, 2020).

Celdrán *et al.* (2018) apontam que um dos grandes avanços da fusão entre os sistemas de saúde e as tecnologias digitais é proporcionar um maior nível de qualidade e segurança aos processos médicos. Ademais, é possível minimizar os erros humanos, melhorar a segurança do paciente, a qualidade do cuidado e o custo-benefício. Ainda, é apoio aos profissionais de saúde na realização de tarefas críticas. Dessa forma, as tecnologias digitais podem oferecer alternativas ilimitadas para melhorar a saúde, desde a pessoal até a construção de programas de saúde mais fortes, como por exemplo, a organização Mundial de Saúde (World Health Organization, 2016).

3 MÉTODO

Esta pesquisa trata-se de uma revisão sistemática da literatura (RSL), a qual busca avaliar o conhecimento existente sob um tópico relevante, com o intuito de avançar o entendimento para a pesquisa e a sociedade (Tranfield; Benyer; Smart, 2003). Esse tipo de estudo tem a capacidade de fornecer resultados sistêmicos e reproduzíveis. Neste sentido, os procedimentos utilizados na RSL foram elaborados para responder questões de pesquisa garantindo a replicabilidade e a consistência do estudo (Boell; Cecez-Kecmanovic, 2015).

O processo de seleção dos estudos ocorreu em várias etapas. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa em quatro bases de dados (Web of Science, Science Direct, Pubmed e Scopus) das citações relevantes com base nos objetivos do estudo, sendo feita a leitura detalhada do texto de algumas fontes para uso na revisão. Essa fase é seguida da análise com base nos critérios estabelecidos para traçar um panorama atual dos trabalhos sobre Health 4.0. Os critérios de seleção dos artigos estão descritos na etapa de inclusão e exclusão, abordados posteriormente.

3.1 PROTOCOLO DE PESQUISA

O desenvolvimento de um protocolo para revisão dos estudos é um passo importante na RSL, pois visa reduzir o risco de discriminação de pesquisa. Desta forma, para elaborar esta revisão sistemática foi criado um protocolo de revisão, que ocorreu em várias etapas. Na primeira etapa, foram elaboradas as questões de pesquisa (QP’s) para o estudo. Na segunda, foi criada a concepção de uma estratégia de busca para identificar e incluir os estudos relevantes que apontem para as QP's do estudo. Na terceira fase, foram selecionados aqueles estudos restritos ao tema da presente pesquisa, com base nos critérios de inclusão e exclusão. Esta etapa teve como finalidade equiparar pesquisas importantes para este domínio específico. Na etapa seguinte foi avaliada a qualidade dos trabalhos selecionados, de maneira a garantir a integridade dos resultados. Para tal, o objetivo do estudo deveria confirmar a similaridade e qualidade dos artigos incluídos nesta revisão. Na quinta fase, foram realizadas as extrações dos dados para coletar as informações necessárias, de forma a responder as perguntas de pesquisa especificadas. Isso possibilita uma análise resumida para avaliar, identificar, estender as inconsistências e lacunas que estiverem presentes, além de fornecer orientações para as próximas pesquisas.

3.2 FORMULAÇÃO DAS QUESTÕES DE PESQUISA

Conforme Nguyen, Leeuw e Dullaert (2018), uma RSL bem realizada depende de perguntas claras sobre a pesquisa, sendo que estas devem ser elaboradas no início do processo de revisão. Devem-se avaliar as questões por meio de discussão entre os autores e com base nos estudos analisados. Dessa forma, foram definidas as seguintes questões:

RQ1. Qual é o estado da arte sobre a evolução do conceito Health 4.0 em 39 anos?

RQ2. Quais são as principais aplicações de Health 4.0?

RQ3. Quais as tecnologias emergentes predominantes no Health 4.0?

RQ4. Quais as barreiras de implantação de Health 4.0?

Através dessas questões, foi possível dar enfoque para estudos que buscaram avaliar as aplicações e implicações do Health 4.0, considerando aspectos relacionados à virada digital na saúde.

3.3 SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Foi estabelecido um procedimento proficiente, com uma busca exaustiva, para extrair o maior número de pesquisas potencialmente relacionadas ao uso do Health 4.0. Os termos de pesquisa utilizados para o estudo primário foram: (com aspas e sem filtro por área de conhecimento), embora tenham gerado um grande volume de estudos que não foram relevantes para o tema analisado. Conforme a literatura, a versão da indústria 4.0 na saúde é chamada de Healthcare Industry 4.0 ou em suma Health 4.0 (Mohamed; Al-Jaroodi, 2019). Bause *et al.* (2020) enfatizam que o termo Health 4.0 ainda é recente, então os sinônimos para a pesquisa como “smart healthcare” e “digital healthcare” geram os mesmos resultados.

Os termos de pesquisa foram explorados em bases eletrônicas, a saber: Web of Science, Science Direct, Pubmed e Scopus. Assim, devido à amplitude dessas plataformas e relevância para as áreas de conhecimento abrangidas por esta pesquisa, essas bases foram selecionadas para reduzir o risco de omitir contribuições científicas relevantes, além do uso frequente destas em outras revisões sistemáticas. Para cumprir o requisito principal de pesquisar títulos de periódicos relevantes, foram pesquisados palavras-chave e resumos.

3.4 CRITÉRIO DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Nesta fase, foram realizados o isolamento de estudos fora do escopo desta pesquisa, redundantes e irrelevantes, com base em critérios de seleção aplicados pela implementação da técnica de inclusão e exclusão. Seguindo a recomendações de Vrontis e Christofi (2019), os critérios de inclusão foram utilizados para determinar quais estudos selecionar para a RSL, de forma a decidir os limites, identificar as sequências e especificar o período de tempo da pesquisa. Assim, o quadro 1 apresenta detalhadamente os critérios usados na triagem dos artigos que foram analisados.

Quadro 1 – Critérios de Inclusão e Exclusão

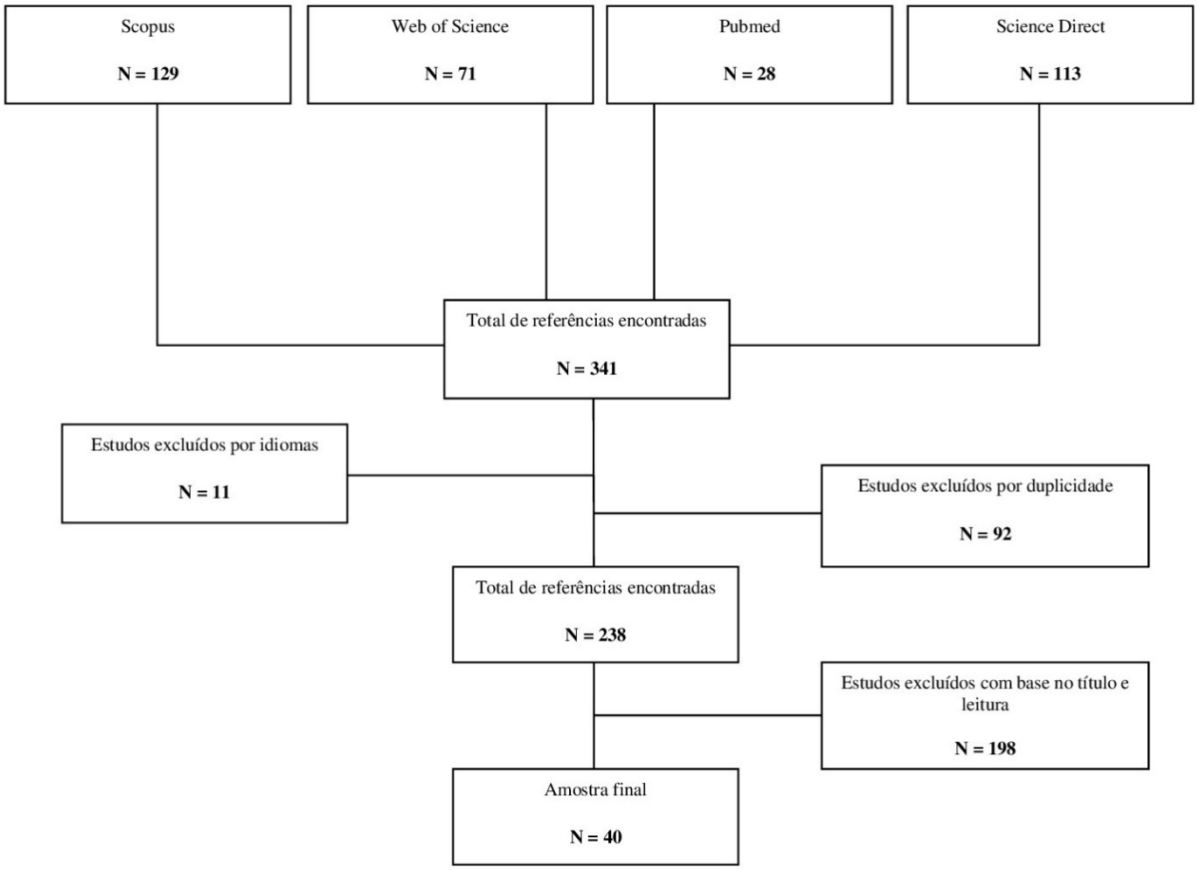
Inclusão	Exclusão
- O estudo não limita o ano de publicação; - Somente artigos em inglês; - Não foram limitados os tipos de documentos selecionados; - Estudos de diversas áreas de pesquisa; - Trabalhos que utilizam sinônimos do Health 4.0 nos resumos: Care 4.0, Indústria 4.0 na Saúde, Quarta Revolução na Saúde, Healthcare 4.0; - Pesquisas com foco no Health 4.0; - Estudos de sistemas inovadores baseados no paradigma; - Estudos sobre a gestão do Health 4.0 nas organizações de cuidados; - Documentos que incluem a tecnologia de suporte para a saúde 4.0; - Trabalhos sobre a capacitação dos profissionais quanto à virtualização dos cuidados; - Artigos que enfatizam as barreiras de implementação do paradigma 4.0; - Revisão sistemática da literatura do Health 4.0;	- Documentos sem acesso; - Artigos em duplicidade nos periódicos; - Pesquisas que não apresentam conceito do Health 4.0; - Trabalhos que não mencionam Health 4.0 ou seus sinônimos no título ou resumo; - Estudos apresentados em outros idiomas que não o inglês; - Usando Health 4.0 somente no título ou nas palavras-chave; - Pesquisas sem enfatizar as aplicações do Health 4.0 na saúde; - Trabalhos que abordam exclusivamente a tecnologia emergente sem relação ao Health 4.0.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O processo de busca em base de dados foi realizado pela autora deste estudo e mais um pesquisador independente. Ao final, os arquivos selecionados foram comparados para suprimir as dúvidas existentes. Assim, com base nos critérios previamente explícitos, após aplicação do filtro 341 artigos foram identificados, sendo 301 documentos excluídos, restando um total de 40 estudos pertinentes à pesquisa, conforme descritos na figura 1.

Ademais, constatou-se a predominância das publicações analisadas na plataforma Scopus, já que dos 40 estudos selecionados 15 estão publicados somente nessa base de dados.

Figura 1 – Estratégia de busca da literatura



Fonte: Adaptado de Vrontis e Christofi (2019).

A seguir, o quadro 2 apresenta a tabulação dos documentos utilizados na RSL sobre o Health 4.0, de acordo com os critérios utilizados para seleção.

Quadro 2 – Artigos encontrados no âmbito da pesquisa

SEQUÊNCIA	TÍTULO	AUTOR	BASE
1	Health 4.0: The case of multiple sclerosis	Grigoriadis *et al.* 2016	scopus/ web of science
2	A health 4.0 based approach towards the management of multiple sclerosis (Book Chapter)	Grigoriadis *et al.*2017	scopus
3	Virtualization of health care: The role of capacity building (Book Chapter)	Lim 2017	scopus
4	Selected changes in the medical device market under the industry 4.0 concept	Maresova *et al.*2017	web of science

5	Data traffic forecast in health 4.0	Paulin 2017	scopus
6	Health 4.0: Application of industry 4.0 design principles in future asthma management	Thuemmler *et al.*2017	scopus
7	Sustainable securing of Medical Cyber-Physical Systems for the healthcare of the future	Celdrán *et al.2018*	science direct
8	Health 4.0 Oriented to Non-surgical Treatment	Soler 2018	scopus/web of science
9	Modelling the barriers of Health 4.0–the fourth healthcare industrial revolution in India by TISM	Ajmera *et al.*2019	scopus/web of science
10	Design for Health 4.0: Exploration of a new area	Bause *et al.*2019	scopus
11	Towards health 4.0: E-hospital proposal based industry 4.0 and artificial intelligence concepts	Cáceres *et al.*2019	scopus/web of science
12	Industry 4.0 and its applications in the healthcare sector: A sistematic review	Cassettari *et al.*2019	scopus
13	Introducing care 4.0: An integrated care paradigm built on industry 4.0 capabilities	Chute *et al.*2019	scopus/pubmed/web of science
14	Health 4.0: Challenges for an Orderly and Inclusive Innovation	Lopes *et al.*2019	scopus/web of science
15	The impact of industry 4.0 on healthcare system engineering	Mohamed *et al.*2019	scopus/web of science
16	A Continuous Noninvasive Arterial Pressure (CNAP) Approach for Health 4.0 Systems	Sannino *et al.*2019	scopus/web of science
17	Analysis of industry 4.0 technologies applied to the health sector: Systematic literature review	da Silveira *et al.*2019	scopus
18	How Big Data in Health 4.0 Helps Prevent the Spread of Tuberculosis	Sudana *et al.*2019	scopus
19	Health 4.0: On the Way to Realizing the Healthcare of the Future	Al-Jaroodi *et al.*2020	scopus/pubmed/web of science
20	Ventricular Assist Device in Health 4.0 Context	Barboza *et al.*2020	scopus

21	Towards a Health 4.0 Framework for the Design of Wearables: Leveraging Human-Centered and Robust Design	Bause *et al.*2020	scopus/science direct
22	Debunking the myth of industry 4.0 in health care: insights from a systematic literature review	Cavallone *et al.* 2020	scopus
23	The adaptiveness of the healthcare system to the fourth industrial revolution: A preliminary analysis	Cwiklicki *et al.* 2020	scopus/science direct/web of science
24	Application of automation and manufacture techniques oriented to a service-based business using the Internet of Things (IoT) and industry 4.0 concepts. Case study: Smart hospital	Flórez *et al.*2020	scopus
25	Health 4.0-Can India Make it?	Maini *et al*. 2020	scopus
26	Multichannel Interaction for Healthcare Intelligent Decision Support	Moreira *et al.* 2020	science direct
27	Secure Health Data Sharing for Medical Cyber-Physical Systems for the Healthcare 4.0	Qiu *et al*. 2020	scopus/pubmed/web of science
28	Feasibility of a wearable reflectometric system for sensing skin hydration	Schiavoni *et al.*2020	scopus/pubmed/web of science
29	Employee competencies development framework for industry 4.0 adaptation in the healthcare sector	Weerasinghe *et al.*2020	scopus
30	The potential and challenges of Health 4.0 to face COVID-19 pandemic: a rapid review	Loeza-Mejía *et al*. 2021	scopus/pubmed/web of science
31	Industry 4.0 perspectives in the health sector in Brazil	Silveira *et al*. 2021	web of science
32	A meta-analysis of industry 4.0 design principles applied in the health sector	Sisodia *et al.* 2021	scopus/science direct/web of science
33	IoT-Based Multi-Sensor Healthcare Architectures and a Lightweight-Based Privacy Scheme	Aivaliotis *et al.*2022	scopus/pubmed/web of science
34	Health 4.0 and its Potential Adoption and Contribution to the Mexican Health System	Alvarez-Castanon *et al.*2022	scopus

35	Putting Health 4.0 at the service of Society 5.0: Exploratory insights from a pilot study	Ciasullo *et al.*2022	scopus/science direct/web of science
36	Organizational hindrances to Healthcare 4.0 adoption: An multi-criteria decision analysis framework	Gardas 2022	scopus/web of science
37	Status of Industry 4.0 applications in healthcare 4.0 and Pharma 4.0	Inuwa *et al.*2022	science direct
38	Virtual Reality Aided Therapy towards Health 4.0: A Two-Decade Bibliometric Analysis	Liu *et al.*2022	scopus/pubmed/web of science
39	Industry 4.0 Technologies in Maternal Healthcare: A Systematic Review	Sibanda *et al.*2022	scopus/science direct/web of science
40	Industry 4.0 - Applications, challenges and opportunities in industries and academia: A review	Rana *et al.*2023	scopus

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

3.5 EXTRAÇÃO, ANÁLISE E SÍNTESE DE INFORMAÇÃO

A análise descritiva dos registros identificados visou avaliar os 40 artigos selecionados sobre os critérios gerais, para traçar um mapa do panorama atual de pesquisas sobre o tema Health 4.0. Salienta-se que a tabulação dos dados foi realizada por meio de uma planilha eletrônica, para discriminar as características dos artigos (autores predominantes no tema, ano da publicação, tipo de estudo, lacunas de pesquisa, pesquisas futuras, limitações). Dessa forma, foi possível identificar a natureza geral da literatura existente, suas características metodológicas e limites de pesquisa.

Ao usar a extração de dados, há um registro histórico da revisão e melhoria da síntese de informações (Nguyen; Leeuw; Dullaert, 2018). Com isso, foram selecionadas diferentes abordagens das tecnologias, com o objetivo de demonstrar a evolução e os avanços do setor de saúde, bem como apresentar o estado da arte e análise de lacunas em diferentes níveis de componentes de integração, além das propostas existentes na literatura. Para a análise detalhada do conteúdo, extraímos o conceito de Health 4.0 de cada artigo e os tabulamos em ordem cronológica com os autores correspondentes, a fim de verificar a evolução da definição.

4 RESULTADOS

Esta seção analisou os resultados dos estudos revisados em relevantes dimensões temáticas, extraídas da revisão da literatura. Desta maneira, a evolução do conceito de Health 4.0, impacto do Health 4.0 em hospitais, tecnologias emergentes no contexto do Health 4.0, principais aplicações do Health 4.0 na prática, principais barreiras para implantação do Health 4.0 e questões que envolvem a segurança e privacidade no Health 4.0, foram os temas de interesse examinados.

4.1 EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE HEALTH 4.0

Os diferentes conceitos descritos de “Health” (Health 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0) foram criados em sequência, cronologicamente no decorrer dos anos, conforme o aprimoramento das diferentes áreas tecnológicas. A primeira e mais antiga forma de assistência médica descrita consistia no enfoque do encontro entre médico e paciente, denominada Health 1.0. A invenção e o uso de novos dispositivos médicos, como equipamentos de imagem (por exemplo, ultrassom), dispositivos de monitoramento (por exemplo, oxímetro), cirúrgicos (por exemplo, robôs) e sistemas de suporte à vida (por exemplo, unidades de terapia intensiva) levaram a um segundo momento histórico, denominado Health 2.0. Com o aprimoramento dos sistemas de informação, surgiu a denominação de Saúde 3.0. Finalmente, Health 4.0 se refere ao uso da tecnologia 4.0 para conectar organizações de saúde, equipamentos, profissionais de saúde e pacientes (Álvarez-Castañón *et al.*, 2022).

A gênese da I4.0 se espalha no terceiro milênio com o surgimento da I4.0. É a única revolução industrial enraizada em um novo fenômeno tecnológico conhecido como digitalização. Essa digitalização permite desenvolver um novo mundo virtual para ser usado como direção para dirigir o mundo físico (Sisodia; Jindal, 2021). Com base, na evolução histórica do conceito, o Health 4.0 gera uma transformação estrutural, comportamental e cultural dos cuidados de saúde, trazendo virtualidade e digitalização na concepção e prestação de serviços de saúde.

No Quadro 3 ilustrado abaixo, observa-se uma análise histórica de como o aprimoramento da definição do Health 4.0 integra a tecnologia da informação aos serviços de saúde, desvinculando a exclusividade aos setores de manufatura.

Quadro 1 – Evolução do conceito de Health 4.0

ANO	AUTOR(ES)	CONCEITO
2016	Grigoriadis *et al*. (p. 1)	"É a tradução dos princípios de design da Indústria 4.0 para o domínio da saúde."
2017	Grigoriadis *et al*. (p. 205)	"É um conceito verdadeiramente universal no domínio da saúde, a aplicação dos princípios de design da Indústria 4.0 na área da saúde"
2017	Lim (p. 128)	"Sistema de saúde centrado no consumidor se concentra na identificação, facilitação e integração online e de canais de comunicação e prestação de cuidados necessários para alcançar e coordenar os objetivos finais (valor) como definidos por segmentos de clientes díspares"
2017	Maresova *et al*. (p.838)	"Interconexão de todos os componentes (sensores, biossensores, sistemas e superestruturas cibernéticas) e entidades via Internet"
2017	Paulin (p.39)	"Trata da busca de reforma por meio da tecnologia da informação"
2017	Thuemmler e Bai (p. 23)	"Conceito estratégico para o domínio da saúde derivado do conceito Indústria 4.0"
2018	Celdrán *et al*. (p.3)	"Refere-se à evolução dos atuais sistemas de Saúde"
2018	Soler (p.513)	"Não são exclusivos dos processos de produção de manufatura, mas po dem ser aplicados a áreas tão diversas como logística, transporte,energia ou saúde"
2019	Ajmera e Jain (p.130)	"As tecnologias modernas são integradas aos dados disponíveis junto como uso de inteligência artificial"
2019	Bause *et al*.(p.888)	"Um conceito estratégico para o domínio da saúde derivado do conceito da Indústria 4.0"
2019	Cáceres *et al*. (p. 84)	"É uma resposta às mudanças demográficas e socio econômicas dos últimos anos"
2019	Cassettari *et al*. (p. 136)	"É a aplicação da Internet das Coisas na medicina"
2019	Chute e French (p.7)	"Permite a virtualização progressiva a fim de permitir a personalização da saúdee dos cuidados em tempo real para pacientes, profissionais e cuidadores formais e informais"
2019	Lopes *et al*.(p.17)	"Ampla possibilidade de aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 para melhorar a saúde"
2019	Mohamed e Al-Jaroodi (p. 1)	"É baseado em novas tecnologias para fornecer serviços de saúde aprimorados ede valor agregado para os pacientes"
2019	Sannino *et al*. (p. 498)	"Foi derivada com referência ao domínio da saúde. Seu objetivo é alcançar virtualização para que os cuidados de saúde possam ser prestados em tempo real ou quase em tempo real"
2019	Silveira *et al*. (p.702)	"Digitalização de dados clínicos, médicos e laboratoriais, implementando a automação de diversos processos manuais usados em ambientes hospitalares e de saúde em geral"
2019	Sudana *et al*. (p.1)	"Permite a virtualização gradual para oferecer suporte a serviços de saúde personalizados quase em tempo real para pacientes, trabalhadores e cuidadores formais e informais"
2020	Al-Jaroodi, Mohamed e Abukhousa (p. 2)	"A implementação de plataformas de saúde integradas com serviços de saúde progressivos virtualizados, distribuídos e em tempo real para pacientes, profissionais e cuidadores formais e informais"
2020	Barboza *et al*. (p. 347)	"Refere-se a um grupo de iniciativas com o objetivo de melhorar o atendimento médico aos pacientes, mudar as práticas de negócios dos hospitais e criar novos insights para pesquisadores e fornecedores de dispositivos médicos"
2020	Bause *et al*. (p. 640)	"Representa os resultados contínuos de uma significativa revolução tecnológica na área da saúde"
2020	Cavallone e Palumbo (p. 849)	"Reformula os princípios convencionais que tratam do designeda prestação de cuidados de saúde, recontextualizando-os no domínio ciberfísico".
2020	Ćwiklicki *et al*. (p. 4)	"Ambientes institucionais e sociais que permitem a absorção e controle dos resultados da quarta revolução industrial para melhorar ou manter a saúde"

2020	Flórez, Rosário e Hurtado (p. 3)	"É definida como a abordagem de saúde da Indústria4.0"
2020	Maini *et al*. (p. 1)	"Saúde 4.0 refere-se à transformação do setor de saúdeusando tecnologias digitais"
2020	Moreira e Santos (p. 1054)	"É fortemente caracterizado pelo uso da IoT para melhorar os serviços de saúde, cada vez mais focados e direcionados aos pacientes, e não à própria organização de saúde"
2020	Qiu *et al*. (p. 2499)	"É composto por um sistema ciberfísico que é uma integração de computação,incluindo o mundo cibernético e os processos físicos por meio de redes de computadores"
2020	Schiavoni *et al*.(p.1)	"É um conceito derivado do paradigma da Indústria 4.0 e,como tal, compartilha os mesmos princípios de design, como interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade em tempo real,orientação a serviços e modularidade"
2020	Weerasinghe *et al*. (p. 1064)	"Health 4.0 é uma implantação tática e um modelo gerencial para assistência médica inspirado na Indústria 4.0."
2021	Loeza-Mejía *et al*. (p. 2)	"É baseado no paciente e integra serviços como cloud/fog computing, grandes dados, rede 5G, rede 6G, blockchain e Internet das Coisas"
2021	Silveira *et al*. (p. 1)	"Conjunto de procedimentos que buscam melhorar a eficiência e a agilidade dos profissionais de saúde com possíveis orientações para combinar os dados dos pacientes nos hospitais"
2021	Sisodia e Jindal (p. 1)	"Health 4.0 incorpora os princípios da indústria 4.0 para digitalização de laboratórios e para implementar a automação em inúmeros processos utilizados no setor de saúde geral e hospitais"
2022	Aivaliotis, Tsantikidou e Sklavos (p. 1)	"O Health 4.0 é uma nova adição promissora ao setor de saúde que inclui de forma inovadora a Internet das Coisas e seus dispositivos e sensores heterogêneos"
2022	Álvarez-Castañón *et al*. (p. 4)	"Acúmulo de tecnologias inteligentes e flexíveis interconectadas à saúde ciberfísica e ao sistema de saúde para melhorar a qualidade dos serviços de saúde e da saúde pública"
2022	Ciasullo *et al*. (p. 1)	"Um desdobramento tático e modelo gerencial para a saúde inspirado na Indústria 4.0"
2022	Gardas (p. 1)	"Derivado da Indústria 4.0 e usado no contexto das mais recentes tecnologias baseadas em dados"
2022	Inuwa *et al*. (p. 2)	"Grupo de sistemas tecnológicos que evoluem domundo tradicional, biológico e virtual que visa aumentar a eficácia e a qualidade dos sistemas de saúde"
2022	Liu *et al*. (p. 2)	"É um conceito estratégico para o domínio da saúde que surgiu da Indústria 4.0"
2022	Sibanda *et al*. (p. 1)	"É uma implantação para assistência médica que foi amplamente impulsionada pelo sucesso da Indústria 4.0"
2023	Rana e Rathore (p. 2)	"O Health 4.0 também é uma das áreas de aplicação do I4.0, onde o foco é inteiramente em serviços de saúde centrados no paciente".

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O Health 4.0 surgiu em decorrência da I4.0, conceito que, por sua vez, surgiu em 2011 na Alemanha, com o objetivo de criar fábricas inteligentes através do uso de tecnologias avançadas em diferentes setores, incluindo o setor de saúde (Ajmera; Jain, 2019; Thuemmler; Bai, 2017). Esta revolução foi estendida à área da saúde, onde surgiu o "primeiro" artigo com o conceito abreviado de Health 4.0 em 2016. Em 2017, Thuemmler e Bai descreveram em seu livro como os serviços digitais avançados tiveram um papel significativo na saúde. A partir deste momento, de forma alinhada, as publicações apresentam uma definição mais detalhada.

Ao longo dos anos seguintes, os autores narram os motores tecnológicos da indústria 4.0, ou seja, IoT e sistemas ciberfísicos. Apontam que, quando associados aos sistemas de saúde, são capazes de promover mudanças no domínio da saúde, não sendo diferente dos conceitos de Health 4.0. Além disso, acompanham essa evolução descrevendo os benefícios dessa interconexão.

Healthcare 4.0 torna o setor de saúde mais colaborativo, integrado e preditivo. Desse modo, os médicos têm acesso *online* a uma grande quantidade de informações, o que facilita o acesso e portabilidade dos dados, independentemente do local (Ajmera; Jain, 2019). Neste contexto, a área da saúde é um dos setores que mais precisa de uma adequada convergência tecnológica 4.0, pois possui armazenamento de dados importantes e estruturas organizacionais arcaicas (Paulin, 2017; Silveira *et al.*, 2019). É a mudança de um paradigma por visar o aumento da interconectividade (Bause *et al.*, 2019), sendo considerado um novo modelo que inspira políticas e práticas de saúde (Cavallone; Palumbo, 2020).

O alto custo dos serviços, equipamentos e instalações, dificuldades de contratação de profissionais especializados, crescente demanda por serviços de alta qualidade e competição entre os provedores de saúde são alguns exemplos e desafios enfrentados pelo setor de saúde. Assim, ao observar tais dificuldades, as organizações consideram novos métodos para ajudar no enfrentamento a esses desafios. Neste sentido, o Health 4.0 é uma abordagem promissora que pode contribuir significativamente na solução de problemas de saúde (Mohamed; Al-Jaroodi, 2019).

4.2 IMPACTO DO HEALTH 4.0 EM HOSPITAIS

Estabelecimentos de saúde que visam otimizar recursos e processos por meio de uma melhor organização das informações, pacientes, corpo clínico e administrativo são considerados Hospitais 4.0 ou Hospitais Inteligentes. O Hospital 4.0 está, portanto, acompanhando o crescimento de uma nova forma de conceber o hospital, no qual o processo de prestação de cuidados de saúde, acompanhamento médico, salas de espera e horários de operações são alterados com o objetivo de adaptação e atendimento de sucesso para com pacientes e médicos (Cassettari; Patrone; Saccaro, 2019). O I4.0 irá impactar diretamente na eficiência médica, aumentando a velocidade em explorar os dados do paciente e permitir que otimizem os recursos para que a saúde do enfermo possa ser melhorada. Tudo isso pode ser feito ampliando os limites da inovação com a colaboração das tecnologias emergentes (Celdrán, *et al.*, 2018; Sisodia; Jindal, 2021).

Health 4.0 oferece vários recursos que utilizados de forma eficaz, podem auxiliar no alcance de objetivos. Fornecer serviços de saúde de qualidade para pacientes requer melhorar a eficácia e o desempenho geral do sistema, otimizar a utilização de recursos e usar o sistema e as ferramentas para aprimorar as experiências dos profissionais de saúde e dos pacientes (Al-Jaroodi; Mohamed; Abukhousa, 2020).

Com o Health 4.0, é possível gerar uma mudança disruptiva na cadeia de valor dos cuidados de saúde, remodelando os cuidados hospitalares. Inclui uma variedade de soluções tecnológicas, como IoT, computação em nuvem, realidade aumentada, análise de Big data e aprendizado de máquina, que promovem uma recontextualização da prestação de serviços de saúde no domínio ciberfísico e estimulam uma evolução da relação paciente-prestador. Tais inovações visam principalmente: 1) aumentar a capacidade dos profissionais de saúde em coletar informações relevantes e oportunas sobre as condições de saúde dos pacientes; 2) aumentar a capacidade das organizações de saúde de processar as informações disponíveis para tomar decisões adequadas e rápidas sobre os serviços de promoção da saúde e prevenção de riscos a serem prestados aos pacientes; e 3) melhorar o processo de prestação de serviços de saúde, minimizando os esforços necessários e maximizando os resultados alcançáveis (Ciasullo *et al*., 2022).

A imprevisibilidade nos sistemas de saúde traz gargalos, superlotação, sobrecarga de trabalho, diminuição da qualidade do atendimento e insatisfação do paciente e funcionários. Frente a isso, os administradores hospitalares buscam no Health 4.0 estratégias pioneiras para melhorar a qualidade da assistência à saúde. Desenvolver um hospital inteligente com base nas funções do Health 4.0 pode evitar e detectar gargalos no fluxo de trabalho de um departamento de emergência hospitalar. Destarte, os resultados demonstram que o uso de recursos foi otimizado e o tempo de internação foi reduzido. Essas características melhoradas estão relacionadas à redução da mortalidade, pois o tratamento mais rápido em pacientes de alto ou intermediário risco reduz o risco de morte e melhora a qualidade do serviço. Por exemplo, os hospitais inteligentes baseados em IoT e outras tecnologias atuais podem evitar a superlotação através da telemedicina, pois essa reduz em 62% o tempo de espera (Flórez; Rosario; Hurtado, 2020).

A IoT também pode melhorar as interações hospitalares e a sua funcionalidade interna. Sensores e dispositivos devem estar interconectados por meio de redes com e sem fio e ser capazes de receber de elementos autorizados ou enviar para componentes apropriados, comandos e dados sensíveis. As principais características adicionais desta arquitetura hospitalar são duas. Primeiro, os leitos clínicos, que monitoram a saúde do paciente por meio

de sensores e todos os equipamentos médicos, que coletam os dados sensíveis de saúde necessários para o diagnóstico. Os leitos e equipamentos recebem recursos de comunicação e são adicionados à rede IoT. Em segundo lugar, a rede IoT está diretamente conectada aos sistemas de registros médicos e banco de dados de saúde localizados nas instalações do hospital. Assim, os profissionais do hospital poderão receber dados em tempo real e responder imediatamente às emergências. Além disso, os dados armazenados podem ser facilmente acessados por todos os equipamentos hospitalares e fornecem prontamente o histórico médico do paciente. Para garantir o funcionamento, a rede do hospital baseada em IoT deve estar conectada à internet e a plataformas baseadas em nuvem para se comunicar com sistemas próximos ao paciente e outras instalações de saúde. O resultado será a criação de serviços de saúde mais personalizados e inteligentes que auxiliam os profissionais de saúde, reduzindo o estresse nos recursos hospitalares (Aivaliotis; Tsantikidou; Sklavos, 2022).

A engenharia do sistema de saúde é uma abordagem promissora que pode contribuir significativamente na solução de problemas de saúde. É responsável por aprimorar as operações organizacionais e procedimentos de serviços, fluxo de trabalho, segurança e economia, que são primordiais na área da saúde. Apresentam como principais funções, a identificação de possíveis riscos de saúde dos pacientes e possíveis complicações ou problemas; desenvolvimento dos princípios; procedimentos; metodologias e ferramentas para melhorar os processos; aumento da eficácia da equipe e qualidade da infraestrutura; melhoria do acesso dos pacientes aos serviços, entre outras. O uso de equipamentos automatizados, sistemas de monitoramento, controle em tempo real e serviços de software altamente inteligentes podem aperfeiçoar o gerenciamento e a utilização de recursos, além de aumentar a relação custo-benefício de todas as operações de saúde. Com isso, os principais beneficiários serão os pacientes, pois terão acesso a um serviço de excelência a um menor custo (Mohamed; Al-Jaroodi, 2019).

Em contrapartida, são muitos os desafios a serem enfrentados. Entre eles, citamos a seguir: (i) sistemas de autodiagnóstico para pacientes: os pacientes através de dispositivos vestíveis, têm a possibilidade de monitoramento do seu estado de saúde e, assim, conseguir auto diagnosticar um determinado número de doenças e condições de saúde sem precisar ir à clínica ou hospital; (ii) arquivo digital de dados: o objetivo é integrar os dispositivos com os registros médicos digitais, com a finalidade de garantir uma atualização constante e automática das condições vitais do paciente e dos cuidados e terapias às quais ele estará submetido; aceitação da inteligência artificial, pois esta está começando a desempenhar um papel cada vez mais importante e crucial em diagnósticos e terapias; (iii) monitoramento do

paciente: a capacidade de ter avaliações de parâmetros de vida contínuas ou intermitentes disponíveis é um elemento chave nos hospitais de hoje. O sistema tornar-se o mais compacto possível é o requisito adicional e, em uma perspectiva 4.0, garantir o acesso remoto dos médicos (Cassettari; Patrone; Saccaro, 2019).

Um obstáculo que pode ser vencido com a implantação dos conceitos do Health 4.0 e o uso de ferramentas de inteligência artificial é a superlotação do Serviço de Pronto Atendimento (SPA), reconhecido como um problema de classe mundial. Essa é uma situação imprevisível e que ocorre em 25% do tempo total de funcionamento de um SPA, reduzindo a qualidade dos serviços e a produtividade da equipe, formando *clusters*, aumentando o tempo de espera dos pacientes, dentre outros fatores sociais negativos (Cáceres; Rosário; Amaya, 2019).

Mesmo com desafios a serem enfrentados, a maioria dos autores acredita que utilizar o conceito Health 4.0 irá melhorar qualidade dos serviços. Além disso, é capaz de otimizar a utilização de recursos, reduzir os gastos com saúde devido à transformação digital dos sistemas de saúde, reduzir o tempo de permanência no hospital, prevenir doenças e reduzir o número de óbitos (Álvarez-Castañón *et al*., 2022).

Hospitais que implementarem o conceito Health 4.0, provavelmente, terão a resolução de problemas críticos na gestão hospitalar, sendo principalmente as questões de admissão e agendamento de pacientes, planejamento de demanda de pacientes, alocação de quartos, fluxo de trabalho, avaliação de carga de trabalho, alocação de pessoal, agendamento de pessoal e outros (Flórez; Rosario; Hurtado, 2020). Lim (2017) ainda acrescenta que as comunidades carentes, de baixo nível socioeconômico ou que vivem em áreas rurais também serão beneficiadas com atendimento virtual por meio da teleconsultoria, pois os avanços nas tecnologias estão permitindo maior acessibilidade.

4.3 TECNOLOGIAS EMERGENTES DO HEALTH 4.0

Com os avanços tecnológicos atuais em informação e comunicação, surge a oportunidade de aprimoramento e desenvolvimento de aplicativos em diferentes áreas, sendo uma das extensões para saúde na chamada revolução Health 4.0 (Bause *et al.*, 2019; Mohamed; Al-Jaroodi, 2019). Conforme ressaltado anteriormente, este conceito é baseado nos princípios e práticas da indústria, trazendo novas abordagens de eficiência e melhoria para saúde. Ao considerar que a saúde é uma área com necessidades de melhoria e renovação contínua, a aplicação de tecnologias emergentes da I4.0 nesta área será fundamental,

principalmente em hospitais, que são estruturas complexas de gestão e negócios, com alto risco no serviço prestado. Conceitos atuais como computação em nuvem, IoT, inteligência artificial, realidade aumentada, robótica, apontam para um aperfeiçoamento do segmento da saúde, conhecido como tecnologias emergentes do Health 4.0 (Flórez; Rosario; Hurtado, 2020).

Mohamed e Al-Jaroodi (2019) apontam que a conexão entre pacientes, sistemas médicos, dispositivos, centros de saúde e profissionais assistenciais é o princípio básico do Health 4.0, pois gera uma rede de sistema inteligente na cadeia de valor da saúde. Dessa forma, o Health 4.0 permite que softwares, dispositivos e médicos colaborem efetivamente para otimizar os processos de saúde. Ainda, fornece capacidade para automatizar através de equipamentos e *softwares* personalizáveis e adaptáveis às tarefas de saúde; incorporar novos processos, modelos de negócios e tecnologias de saúde; melhorar os procedimentos de diagnóstico, tratamento e monitoramento; fornecer uma base para uma medicina personalizada superior; reduzir o tempo de resposta para diferentes processos médicos; usar os dados coletados e modelos de análise de dados avançados para melhorar os recursos de análise de saúde; coletar e armazenar dados de pacientes em tempo real; introduzir algoritmos inteligentes usando informações disponíveis para permitir que sistemas médicos específicos tomem decisões autônomas; reduzir a dependência de pessoas para monitoramento e tomada de decisões de cuidados de saúde; e criar uma base para atendimentos de saúde mais seguros e altamente disponíveis.

Assim, as tecnologias emergentes são fundamentais para melhorar as operações nos estabelecimentos de saúde, a eficiência dos sistemas ao fornecer ferramentas para auxiliar os profissionais de saúde e o paciente. As ferramentas desenvolvidas a partir dessas tecnologias auxiliam os médicos a diminuir a carga de monitorar constantemente os pacientes, fornecendo recomendações automatizadas aos pacientes enviadas por meio de telefones celulares, fazendo uso de tecnologias. As tecnologias da Indústria 4.0 estão sendo desenvolvidas para resolver os desafios enfrentados em países de baixa a média renda com alta taxa de mortalidade materna (Sibanda; Ndayizigamiye; Twinomurinzi, 2022). Logo, a seção a seguir detalha tecnologias emergentes que estão impactando o contexto da saúde.

4.3.1 Computação em nuvem

A computação em nuvem é um sistema inteligente baseado em ambiente de nuvem para serviços de saúde. Tem como objetivo aprimorar a programação de tarefas reduzindo o tempo de envolvimento das pessoas (pacientes, médicos e enfermeiros, por exemplo) (Silveira *et al.*, 2019; Silveira *et al.*, 2021), bem como permite analisar os dados em tempo real, de modo que as informações corretas sejam entregues a tempo (Sisodia; Jindal, 2021).

Esta tecnologia facilita a regulação das operações, garante serviços de ponta a ponta dentro de um sistema, contribui para o acesso aberto em todo o sistema, independentemente da posição da nuvem, além de aumentar a flexibilidade na operação (Inuwa *et al*., 2022). Ademais, conforme Lopes *et al.* (2019), permite a criação de aplicativos orientados para a saúde com banco de dados interconectados para integração paciente-serviço.

Neste sentido, entende-se que esta ferramenta desempenha um papel crucial dentro das instituições, pois serve de suporte a outras tecnologias, como por exemplo, o Big data. Através da transformação digital o processo dispõe uma grande quantidade de informações, cuja gestão ideal pelas empresas é um fator crítico de sucesso para o futuro. A nuvem tem um amplo campo de aplicação, proporcionando ao usuário uma exploração direta sem a necessidade de instalação física. Por isso, na maioria dos casos, a nuvem é gratuita e possui uma extensa categoria de serviços (Cassettari; Patrone; Saccaro, 2019).

4.3.2 Internet das coisas (IoT)

Este termo se refere como “internet das coisas” e representa um futuro tecnológico, pois possibilita a conexão de diferentes equipamentos. Consiste em dispositivos heterogêneos que estão interconectados entre si e com a Internet de forma segura e auditável (Aivaliotis; Tsantikidou; Sklavos, 2022; Chute; French, 2019). A utilização da tecnologia IoT está crescendo rapidamente com vários sistemas, surgindo como soluções eficientes para restrições de aplicação. Ele fornece novos serviços e recursos inteligentes ao permitir que os componentes coletem, armazenem e analisem dados de diferentes recursos, ao mesmo tempo em que mantêm uma implementação de baixo custo. Especificamente, o setor de saúde se beneficia desses novos serviços. O Health 4.0 apresenta métodos criativos para o emprego da tecnologia IoT inovadora (Aivaliotis; Tsantikidou; Sklavos, 2022).

Entre esses, pode-se citar sensores usados para monitorar frequência cardíaca, temperatura corporal, pressão e níveis de oxigênio e aparelhos médicos controlando

dispositivos, tais como bombas de infusão e ventiladores. Essa conexão funciona através da internet, tornando-se uma contribuição inteligente com outros objetos em qualquer hora e lugar. Com a IoT, pessoas e objetos se conectam uns aos outros, enriquecendo e facilitando a vida. Especialmente, devido à rápida disseminação de dispositivos vestíveis e smartphones, as tecnologias da IoT está possibilitando a evolução de um sistema convencional para o personalizado. Acredita-se que o amplo uso dessa plataforma resultará em uma redução nos custos e uma melhora na qualidade de vida (Cassettari; Patrone; Saccaro, 2019; Mohamed; Al-Jaroodi, 2019; Sannino; De Falco; De Pietro, 2019).

Frente a isso, Cassettari, Patrone e Saccaro (2019) destacam os desenvolvimentos mais significativos em IoT: (i) redução no tempo de espera de primeiros socorros: a tecnologia IoT, conectada com máquinas específicas, permitiu uma grande melhoria na redução de tempos de espera. Como exemplo, na América, recentemente, um sistema chamado AutoBed foi desenvolvido e foi capaz de reduzir aproximadamente 50% o tempo de espera do paciente; (ii) saúde e monitoramento remoto: a telemedicina, ou seja, o monitoramento remoto da saúde poderia agregar muitos benefícios e também reduzir custos. Esse sistema garantiria, através de uma análise constante dos parâmetros vitais, a possibilidade de diminuir visitas desnecessárias e também a melhorara na qualidade de vida do paciente. Já o Telecare cuida de pacientes frágeis e idosos, sendo que o controle é realizado através de alarmes de ativação de serviços de emergência e chamadas de "apoio" pelos centros; (iii) garantir a disponibilidade e acessibilidade de hardware crítico: para que ocorra a transformação dos hospitais, faz-se necessário o uso de software e hardware de nova geração, que muitas vezes estão expostos a grandes riscos. Uma solução criada pela Philips, baseada na IoT, que visa resolver este problema é o e-alert. Esta tecnologia permite a proteção e monitoramento do hardware médico, sendo possível através de sensores que medem os parâmetros ambientais em relação aos limites e, ocorrendo desvios, emitem alerta aos funcionários antes que os problemas aumentem; (iv) monitoramento de equipe, pacientes e estoque: segurança é uma parte fundamental da gestão hospitalar, devendo ser o foco principal de qualquer hospital. O uso de dispositivos de rastreamento em tempo real, que permitem rastrear recursos e monitorar operações e atividades diárias dentro do hospital é uma solução barata e altamente útil nesta área; e (v) gerenciamento aprimorado de medicamentos: entre as aplicações mais avançadas da IoT na área da saúde, novas formas de medicamentos prescritos são descritas. O projeto tem por objetivo criar comprimidos que contenham sensores microscópicos com capacidade de enviar sinais a aparelhos específicos com a finalidade de garantir a dosagem e uso adequado do medicamento, resultando em não mais esquecimento por parte do paciente.

Thuemmler e Bai (2017) adicionam a aplicação bem-sucedida da tecnologia IoT no tratamento de doenças cardiovasculares e diabetes, sendo que já vem sendo utilizada no tratamento da asma. Com IoT e 5G, todos os tipos de material de vídeo e áudio relacionados à educação dessa doença respiratória podem ser entregues nos aparelhos móveis dos enfermos, aprimorando o conhecimento dos pacientes sobre a doença e integrando o tratamento medicamentoso e não medicamentoso.

Ainda, a IoT facilita a avaliação e o monitoramento da asma. As pessoas com asma poderiam completar seus exames e questionários de controle de asma em seus celulares rotineiramente, para que os médicos pudessem monitorar a condição de seus pacientes regularmente. Neste sentido, ao aplicar tecnologias IoT aos processos de saúde, pode haver melhoria na qualidade e custo dos cuidados de saúde (Cassettari; Patrone; Saccaro, 2019).

4.3.3 Inteligência Artificial (IA)

O papel das tecnologias facilitadoras é primordial no diagnóstico e ajuda a determinar o cuidado e o tratamento de um paciente, o que conduz o verdadeiro diagnóstico 4.0. A inteligência artificial tem contribuído para a melhoria nos diagnósticos das doenças, já que os *softwares*, tecnologias e processos fornecem resultados eficientes com menos tempo e custo (Cassettari; Patrone; Saccaro, 2019). Paulin (2017) e Lopes *et al.* (2019) mencionam a referência cruzada para o diagnóstico e a identificação de tratamentos para o câncer, (Lopes *et al.*, 2019) recurso de consulta para tomada de decisão em face de estudos atualizados e a análise de grande volume de informações para identificar comportamentos e tendências.

Com o avanço da tecnologia e da IA, os pacientes podem receber o atendimento médico remoto a qualquer momento, sem a necessidade da visita presencial. O mundo virtual oferece ferramentas mais amplas, quando comparadas ao e-mail, incluindo a construção de novos ambientes personalizados, a criação de avatares, a interação com outras pessoas sem revelar a identidade real e a comunicação pessoa a pessoa que se assemelha mais às interações face a face (Lim, 2017).

A inteligência artificial aumenta a capacidade dos profissionais de saúde de antecipar as condições do quadro clínico dos pacientes, envolvendo-os num roteiro de cuidados personalizado, de forma a evitar exacerbações do estado de saúde e melhorar o bem-estar individual (Cavallone; Palumbo, 2020). Esse avanço permite que os profissionais consigam calcular com precisão a probabilidade de risco de um bebê ter problemas graves, tais como infecções e complicações cardiopulmonares (Cassettari; Patrone; Saccaro, 2019). Esta

tecnologia pode facilitar a exploração de áreas que não podem ser facilmente alcançadas pelos meios tradicionais da medicina. Como exemplo, na medicina oncológica, através da IA podem ser realizadas simulações de genes e proteínas relacionadas ao desenvolvimento e imunidade ao câncer (Silveira *et al*., 2021). Ainda neste mesmo segmento, com a IA o exame de mamografia teria um aumento substancial no número de estudos de triagem, sem aumentar os recursos humanos (Álvarez-Castañón *et al*., 2022).

4.3.4 Realidade Virtual e Aumentada

A realidade virtual (RV) é considerada uma ferramenta de informação e educação, bem como uma ferramenta de reabilitação para os pacientes. O termo se refere a um novo conjunto de tecnologia, incluindo computadores ou dispositivos móveis com placas gráficas de visualização 3D interativa, controladores e monitores montados na cabeça incorporados com rastreadores de posição. Conforme a tecnologia evolui, torna-se possível criar ambientes virtuais cada vez mais imersivos e eficazes, que beneficiam áreas como educação, medicina e o conceito de Health 4.0, ao superar limitações tradicionais. A RV pode beneficiar tratamentos médicos, permitindo que os provedores de cuidados com a saúde proporcionem experiências mais positivas para os pacientes. Ainda, pode auxiliar a equipe assistencial na coleta e compartilhamento de dados de saúde por meio de sistemas de simulação, que podem desempenhar papéis na tomada de decisões médicas e no ensino a distância (Liu *et al*., 2022).

Esta tecnologia tem potencial para ser um componente significativo na visão Health 4.0. Por exemplo, a RV integrada à terapia cognitiva comportamental ou terapia de exposição que pode melhorar doenças mentais, como a ansiedade de falar em público e fobias de dirigir. No caso de doenças físicas, os jogos esportivos baseados em RV demonstram melhorar a função motora dos membros superiores, a autonomia diária dos sobreviventes de Acidente Vascular Cerebral, além de poder ser usada como uma terapia não invasiva para o controle da dor (Liu *et al*., 2022).

A importância desta tecnologia pode ser observada na recente pandemia do novo Coronavírus, em que a quarentena foi preconizada. Neste período crítico global, o sistema educacional foi obrigado a implementar mudanças significativas de ensino, considerando que não seria possível o modelo presencial tradicional. A quarentena rigorosa dificultou o aprendizado, muito embora, a realidade virtual tenha sido uma ótima ferramenta para minimizar os danos escolares. Porém, não são todas as pessoas que têm acesso a esta

tecnologia. Assim a sua utilização deve avaliar a realidade local e dar condições as pessoas para utilizá-la (Loeza-Mejía *et al*., 2021).

A realidade aumentada (RA) está rapidamente se tornando disponível e acessível, além de ser fundamental no fornecimento de informações reais e precisas para as pessoas certas, na hora e no lugar certo. A RA pode ser aplicada em diferentes áreas do setor hospitalar, garantindo uma menor chance de erros durante a operação, facilitando a tomada de decisões e tornando o sistema personalizado (Ajmera; Jain, 2019; Cassettari; Patrone; Saccaro, 2019). Cassettari, Patrone e Saccaro (2019) citam como exemplo a unidade de diagnóstico por imagem, a qual propicia imagens que se movem fornecendo ao médico uma visão interna geral do paciente. Isso é um grande avanço nesse campo, pois dispensa a necessidade de um método invasivo para o aprendizado. Além disso, a realidade aumentada, em cirurgia, em breve fará parte da prática normal com Google Glass ou lentes de contato digitais que serão controladas por ondas cerebrais (Bause *et al*., 2019).

4.3.5 Robótica

Os robôs são autônomos, colaborativos e executam tarefas com facilidade. Em algum momento, os andróides irão interagir entre si, com humanos e irão aprender com eles (Ajmera; Jain, 2019). Os principais benefícios da robótica são a precisão e possibilidade de realizar procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos e, além disso, a capacidade de acesso a todas as partes anatômicas do paciente, propiciando um alto grau de versatilidade no campo da cirurgia. Este sistema está sendo amplamente pesquisado e aplicado de forma prática em cirurgia geral, cardiotorácica, urologia e ginecologia (Cassettari; Patrone; Saccaro, 2019). Os robôs médicos podem auxiliar em várias tarefas, como tratamento de pacientes, cirurgia e reconhecimento de atividades cirúrgicas. A cirurgia assistida por robô oferece vantagens como invasão mínima, melhor visão e controle do instrumento, permitindo a sua aplicação em condições ambientais difíceis e facilitando cirurgias complexas. Recentemente, observou-se um aumento na cirurgia assistida por robótica, mostrando aplicações como a prostatectomia radical, radiocirurgia de câncer gastrointestinal, ressecção hepática, artroplastia do joelho, ginecologia laparoscópica, bariátrico, e cirurgia endoscópica da base do crânio. Estudos têm mostrado que a recuperação após a realização da prostatectomia radical assistida por robô ocorre em um tempo menor (Loeza-Mejía *et al*., 2021).

Ainda, a tecnologia emergente está impactando profundamente em tratamentos não cirúrgicos. Como exemplo, a robótica pode ser aplicada na reabilitação, possibilitando um

retorno quase completo à normalidade motora mesmo após traumas graves e importantes patologias incapacitantes (Cassettari; Patrone; Saccaro, 2019). Outra aplicação consiste na assistência médica remota, como em zonas rurais onde um médico especialista não está fisicamente disponível. Nesses casos, um robô pode ser implantado para verificar um paciente, mesmo com o médico em outro lugar. Possibilita o monitoramento remoto domiciliar de sinais vitais de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica, fornecendo cuidados mais proativos e persistentes. Atua também facilitando os implantes (próteses dentárias foram as primeiras a serem utilizadas em soluções médicas personalizadas totalmente operacionais), processamento de amostras (robôs industriais já estão presentes nos laboratórios automatizando, o processamento de amostras, para a preparação de dosagens de medicamentos ou para a preparação de amostras de DNA de trabalho), entre outros (Soler, 2018).

Lim (2017) ressalta que a robótica ajudará a desenvolver a capacidade de cada um, como confiança, conhecimento e habilidades, além do autogerenciamento, ao mesmo tempo em que reduz a carga de trabalho dos profissionais de saúde. Outros exemplos da aplicação dessa tecnologia são o uso na telemedicina, tratamento e assistência a reabilitação (Lopes *et al.*, 2019).

4.3.6 Big data

Big data pode ser definida como uma enorme quantidade de dados gerados por meio de sensores onipresentes durante as operações de fabricação, a partir de mídias sociais e pesquisas no Google. Podem ser dados estruturados ou não estruturados. Esses dados podem ser armazenados e analisados, o que ajudará a prever eventos não planejados durante a operação, melhorar a eficiência do sistema e contribuir para a tomada de decisões gerenciais inteligentes (Inuwa *et al*., 2022).

Esta tecnologia emergente pode melhorar o potencial de tomada de decisões e reduzir ineficiências na gestão de saúde. Um registro é criado assim que o paciente entra no hospital, então o diagnóstico será oferecido e os resultados serão rastreados. O progresso desde o nascimento até a morte de um paciente pode ser rastreado e os dados podem ser gerados de relatórios de seguros, eletrocardiogramas, ventiladores, farmácias, relatórios de imagens médicas, relatórios de laboratório, recibos de prescrição, notas escritas por enfermeiras e médicos. Gerenciar o Big data não é fácil com os sistemas de software convencionais. Porém,

quando aplicado, os resultados obtidos após a análise desses dados podem ser usados para determinar o curso de ação para futuros pacientes (Gardas, 2022).

O Big data oferece maior interconectividade e um relacionamento mais forte entre pacientes e profissionais de saúde e pacientes e sua própria compreensão de sua saúde. É considerada uma ferramenta fundamental para mudanças tecnológicas na área da saúde, com diagnósticos mais rápidos e precisos sendo possibilitados por maior acesso e disponibilidade de dados. Consegue oferecer aos profissionais de saúde a oportunidade de detectar tendências e padrões para pacientes individuais e grupos de pacientes, melhorando a velocidade do diagnóstico e a prevenção de doenças (Bause *et al*., 2019).

4.4 PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO HEALTH 4.0

Como parte da revisão bibliográfica, descreve-se um panorama das principais aplicações do Health 4.0 no campo da literatura.

4.4.1 Medicina realística

Com a evolução do setor de saúde na última década para a quarta geração, surgiu a interação multicanal nos serviços de saúde. As organizações de saúde buscam a interação com seus pacientes por meio de canais para garantir a comunicação, visto que indivíduos satisfeitos têm um impacto positivo na imagem do estabelecimento de saúde, devido à probabilidade de recomendar os serviços dessa instituição. Assim, é primordial que a organização saiba como, quando e quais canais são da preferência dos seus pacientes para interação (Moreira; Santos, 2020).

Desse modo, uma nova forma de conceber um hospital 4.0 por meio de tecnologias que propiciem a medicina realística garante resultados na prestação de assistência à saúde, acompanhamento médico, salas de espera e horários de cirurgias adaptando e atendendo com sucesso médicos e pacientes (Cassettari; Patrone; Saccaro, 2019).

Pode-se citar como exemplo de medicina realística os serviços de telemedicina, que tem aplicações em diversas áreas, como teleodontologia, atendimento remoto, monitoramento de rotina, consultas, prescrições eletrônicas, chatbots, robôs táteis/hápticos, telecirurgia, drones médicos, telenfermagem, controlando o estresse e verificação de sintomas. Os avanços nas telecomunicações, como a rede 5G, rede 6G, internet tátil, dispositivos vestíveis e redes

de sensores tornaram a telemedicina de serviços clínicos remotos um processo viável e útil, mesmo em lugares remotos.

A pandemia da Covid-19 aumentou a demanda de serviços que conectam hospitais de alta especialidade com unidades de capacidade instalada limitada localizada em municípios desfavorecidos socialmente. O atendimento por telemedicina (por telefone e online) registrou um aumento significativo em todas as unidades do sistema durante a pandemia para apoiar situações médicas não emergenciais e monitorar pacientes, especialmente aqueles com doenças crônicas. No sistema de saúde mexicano, um programa de telereabilitação para pacientes que sofreram Covid-19 foi implementado durante a pandemia. Pacientes com perfis diversos, inclusive alguns com acesso limitado à tecnologia (somente celular), recebeu atenção remota (Álvarez-Castañón *et al*., 2022). Além do suporte recebido pelos pacientes para controlar a doença Covid-19, a telemedicina foi fundamental para diminuir o risco de contágio do vírus, pois reduziu o número de pessoas que precisaram se deslocar ao hospital. Ainda, a telemedicina pode ser aplicada em emergências quanto em exames de rotina (Loeza-Mejía *et al*., 2021).

4.4.2 Monitoramento em tempo real

O monitoramento em tempo real faz parte da I4.0 e pode auxiliar na tomada de decisões, no rastreamento de casos e na melhoria do monitoramento de várias doenças, no diagnóstico de doenças cardíacas coronárias, monitoramento do sono e saúde do sono e doenças infecciosas (Rana; Rathore, 2023). Esta prática pode ser realizada por diversas tecnologias emergentes. Sannino, De Falco e De Pietro (2019) relatam que a internet das coisas domina algumas áreas de cuidados médicos como monitoramento remoto em tempo real.

Assim, no âmbito do Health 4.0 e IoT, o monitoramento contínuo não invasivo da pressão arterial pode ser resolvido. Visto que na prática médica a única maneira de monitorar continuamente a pressão arterial em tempo real é por meio da inserção de um cateter no corpo do paciente, ou seja, método altamente invasivo que somente é realizado em unidades hospitalares. O estudo preliminar demonstra que através da tecnologia da IoT a pressão arterial pode ser acompanhada de forma fácil, barata e não invasiva. A tecnologia IoT também pode ser aplicada no monitoramento remoto em tempo real de mulheres, através de aplicativos, para reduzir a carga de consultas desnecessárias e visitas frequentes a unidades de saúde. No caso de uma gravidez complicada, os parâmetros vitais de uma mulher grávida

podem ser enviados antes da admissão em um hospital para que sejam tomadas medidas de precaução (Sibanda; Ndayizigamiye; Twinomurinzi, 2022).

Barboza *et al.*(2020) descrevem um dispositivo de assistência ventricular (DAV) como opção para o transplante cardíaco em indivíduos com insuficiência cardíaca. Nessa doença, o coração não bombeia sangue suficiente para o corpo. O DAV auxilia o órgão principal diminuindo o esforço mecânico. A insuficiência cardíaca acomete cerca de 23 milhões da população mundial e de acordo com a Organização Mundial de Saúde em 2060 aproximadamente 32,3 milhões de pessoas devem ir a óbito devido a doenças provenientes do sistema circulatório. A utilização do DAV demonstra que o dispositivo nos moldes 4.0 enviam dados para uma plataforma em nuvem e fornecem informações ao corpo clínico para auxiliar no tratamento dos pacientes.

Outra vantagem que corrobora o Health 4.0 como um conceito universal no domínio da saúde é a aplicação dos princípios de design da Indústria 4.0 em uma condição muito complexa, a esclerose múltipla (EM). Uma doença que ainda não tem cura e afeta a vida do paciente em aspectos físicos, psicológicos e sociais, desde o momento do diagnóstico. Recentemente, foi descrito que o uso de sensores domésticos utilizados para análise em tempo real dos parâmetros dos movimentos é viável, visto que o tempo é um fator determinante no comprometimento funcional permanente do indivíduo acometido. Além disso, influências guiadas pela internet podem encorajar os pacientes a tornar a vida mais ativa. Dessa forma, conectando o mundo físico e o virtual quase em tempo real é possível anunciar mudanças repentinas nas atividades diárias que podem estar ligadas a um surto da doença. Em última análise, existe uma oportunidade realista de prever crises e subsequente deterioração, diminuindo os danos e retardando a degradação que pode ser irreversível (Grigoriadis *et al.*, 2016; Grigoriadis *et al.*, 2017).

Embora a maioria das pesquisas tenham um enfoque em doenças cardíacas e crônicas é possível aplicar o monitoramento em tempo real na área das doenças infecciosas. Como exemplo, o Big data é considerado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como fonte para prevenção global do HIV e tuberculose, já que tem como objetivos o monitoramento, controle e previsão dos casos. Os índices de tuberculose continuam a aumentar devido ao abandono do tratamento. Por meio da tecnologia inteligente, dispositivos são instalados no corpo dos pacientes e maximizam o cuidado, pois enviam informações dos portadores aos serviços hospitalares e previnem a propagação da doença (Sudana; Emanuel, 2019). Os dispositivos vestíveis inteligentes como smartwatches e a internet também auxiliam no monitoramento da saúde em tempo real (Rana; Rathore, 2023).

Deve-se considerar que os programas de última geração apresentam limitações, principalmente relacionadas ao monitoramento em tempo real. Com isso, a possibilidade de um sistema com domínio do tempo é bastante promissora, pois permitirá uma melhoria substancial do controle remoto de doenças (Schiavoni *et al.,* 2020).

4.4.3 Dispositivos médicos

O termo dispositivo médico se refere a qualquer instrumento, equipamento, software ou ferramenta desenvolvida para uso na área de saúde humana. A indústria produtora de dispositivos é altamente diversificada e oferece uma variedade de equipamentos destinados ao diagnóstico e tratamento dos pacientes em sistemas de saúde. No entanto, existem algumas desvantagens quanto ao uso desses produtos que envolvem a segurança e privacidade de dados, mudanças nas habilidades exigidas dos funcionários, necessidade de alterações legislativas e novo segmento de custos (Maresova *et al*., 2017).

Os dispositivos vestíveis, em particular, têm se tornado cada vez mais relevantes na área médica por sua aplicação remota e uso generalizado que são imprescindíveis para o cenário de saúde em constante mudança. Além disso, a literatura aborda exclusivamente a questão do design dos vestíveis no uso e aplicação, sendo específico para uma área médica, paciente ou condição clínica (Bause *et al.*, 2020). Diante disso, o *design* de dispositivos vestíveis futuros deve possuir recursos atraentes, ser integrado com o usuário, de fácil configuração e uso, e também baixo custo e alto benefício (Lim, 2017).

As tecnologias vestíveis estão sendo desenvolvidas e podem ser usadas no processo de cuidados de saúde contínuo, como o controle de indicadores fisiológicos por meio do monitoramento remoto. Esses dispositivos são: relógios de pulso, pulseiras, anéis e cortes de cabelo inteligentes que parecem produtos ubíquos e usam a internet para coletar dados de saúde detectados por tais equipamentos. Assim, são capazes de processar os dados para monitorar e diagnosticar quadros clínicos sem erro (Silveira *et al.,* 2019; Silveira *et al.,* 2021). Preferencialmente devem ser portáteis, relativamente pequenos e confortáveis enquanto são usados.

Alguns dos dispositivos implantáveis e vestíveis podem ser e receber vários comandos por meio de comunicação sem fio, como o ajuste da dosagem do medicamento que o dispositivo administra ou a configuração do dispositivo. Além disso, a interface sem fio deve se conectar à internet com a intenção de transmitir os dados de saúde coletados para profissionais de saúde, como médicos e enfermeiros. O processamento desses dados pode ser

feito pelo sistema de computação principal do hospital ou da clínica particular ou pelo sistema IoT próximo ao paciente (Aivaliotis; Tsantikidou; Sklavos, 2022).

No sistema de saúde mexicano já estão sendo utilizados dispositivos vestíveis digitais para monitoramento e gerenciamento de condições de saúde, principalmente entre pacientes diabéticos. Uma grande variedade de *wearables* foram citados, desde aplicativos para smartphones até aplicativos mais avançados baseados em termografia e aprendizado de máquina para monitorar e avaliar úlceras no pé de pacientes diabéticos. A identificação de anomalias em um curto espaço de tempo, graças ao uso dessas tecnologias, é considerada relevante para a prevenção e economia de custos, dada a alta incidência de diabetes no México. A introdução destas aplicações está condicionada à disponibilidade de sensores e se espera que os pacientes os financiem parcialmente e ao desenvolvimento de computação em nuvem para monitorar aqueles diabéticos em tempo real. Espera-se que os profissionais de saúde tomem decisões rotineiras (por exemplo, manter o mesmo tratamento) com base nas informações do mundo físico e virtual (Álvarez-Castañón *et al*., 2022).

Schiavoni *et al.* (2020) acrescentam que existem muitos dispositivos vestíveis que permitem cuidados preventivos personalizados que detectam previamente sinais vitais, resultando na melhoria da saúde do paciente. E alguns são os parâmetros biomédicos de baixo custo disponíveis comercialmente, como o oxímetro e monitor cardíaco.

Já soluções tecnológicas vestíveis para verificar a hidratação da pele não são tão seguras, pois os sistemas mais recentes têm algumas limitações quanto à possibilidade de verificação contínua em tempo real e a necessidade de as pessoas terem que interromper suas atividades para administrar os fármacos (Schiavoni *et al*., 2020).

Cada vez mais dispositivos estão sendo implantados em humanos, suprindo demandas de comunicação, localização e monitoramento de comportamento; sendo os marca-passos e implantes cocleares, por exemplo. A expectativa é que esses equipamentos detectem parâmetros das patologias, enviem informações para os centros de monitoramento e liberem medicamentos automaticamente (Ćwiklicki; Klich; Chen, 2020).

Thuemmler e Bai (2017) propõem o uso de inaladores inteligentes que irá: reduzir o número de incidentes graves, aumentar a eficiência da terapia farmacêutica; melhorar a qualidade da experiência de pacientes e profissionais; reduzir o número de internações hospitalares, dias de doença e consultas ambulatoriais; e aperfeiçoar a documentação e a análise de risco individual. Os inaladores inteligentes podem ser utilizados em pacientes com asma. Facilitaria com que os médicos e pacientes controlassem o registro da dosagem adequada das medicações (Sisodia; Jindal, 2021).

Bause *et al*. (2019) exemplificam que algumas tecnologias existentes já incluem sensores digeríveis, microcâmeras de vídeo para diagnóstico interno e *smartwatches* com capacidade de medir e enviar informações para laboratórios hospitalares. E que futuramente, dados e ferramentas de diagnóstico incluem sensores embutidos, como sensores embutidos nos dentes que podem reconhecer o movimento da mandíbula, tosse e fala.

Mundialmente, os Estados Unidos são considerados o maior produtor e consumidor de dispositivos médicos, representando aproximadamente 50% do mercado e cerca de 70% das empresas do setor de equipamentos médicos são lucrativas. Para os cidadãos da União Europeia, o domínio dos dispositivos médicos está a tornar-se cada vez mais importante na área da saúde e pode ser um influenciador das despesas. Devido à otimização máxima de todoo processo da cadeia, o novo conceito garante maior competitividade. A flexibilidade de produção permite a produção de produtos individuais em pequenos lotes (Maresova *et al*., 2017).

4.5 BARREIRAS PARA IMPLANTAÇÃO DO HEALTH 4.0

Ajmera e Jain (2019) destacam que os motores tecnológicos da indústria 4.0 – inteligência artificial, computação em nuvem, robôs automatizados e sistemas físicos cibernéticos estão causando grandes mudanças na forma como os sistemas industriais funcionam. Esse novo cenário também afetou o setor de saúde, de modo que o atendimento clínico pode ser fornecido on-line fora do hospital.

O mesmo estudo identificou quinze barreiras para adoção do Health 4.0, sendo elas: exigência de capital extensa, mão de obra exclusiva e qualificada, cibersegurança e privacidade, infraestrutura de TI, questões de propriedade intelectual, regulamentos não uniformes para troca de informações clínicas, falta de clusters de P&D, falta de estratégia digital e escassez de recursos, insegurança sobre o uso de IoT, dados clínicos fragmentados, manutenção inadequada do sistema de suporte, apoio político, implicações legais sobre uso de dados externos, risco de interrupção do trabalho, sendo a principal barreira a falta de suporte da gerência no setor de saúde, visto que são necessários gastos com treinamento dos recursos humanos e manutenção dos sistemas de suporte para a condução do processo, e estas decisões cabem à alta administração (Ajmera; Jain 2019).

Semelhante ao estudo anterior, Gardas (2022) identificou 10 barreiras organizacionais para implementação do Health 4.0: 1) Preocupações com segurança e privacidade; 2) Falta de visão e comprometimento da alta administração; 3) Falta de infraestrutura de TI; 4) Falta de

mão de obra qualificada; 5) Falta de fluxo de informações; 6) Falta de sistema de recompensa; 7) Despersonalização do sistema de saúde; 8) Falta de instalações de P&D; 9) Falta de trabalho em equipe e; 10) Cooperação e estrutura hierárquica. O autor acredita que os gerentes organizacionais precisam se concentrar nos fatores causais (falta de visão e comprometimento, falta de recursos humanos e hierarquia) e tentar abordá-los para que as barreiras do cluster de efeito sejam automaticamente eliminadas. Além disso, a eliminação dos fatores causais ajudaria a reduzir o custo do tratamento e melhoraria a experiência dos pacientes.

Em um estudo realizado na Índia foram identificados 10 obstáculos para integração harmoniosa da tecnologia 4.0, sendo eles: 1) Risco de perder o emprego; 2) Insegurança em relação à tecnologia; 3) Resistência dos médicos; 4) Falta de padronização de dados clínicos; 5) Requisito de capital inicial; 6) Implicações legais; 7) Falta de iniciativas governamentais; 8) Escassez de conhecimento interdisciplinar; 9) Carência de mão de obra qualificada e; 10) Falta de suporte da alta administração (Maini *et al*., 2020).

A digitalização dos processos como um todo é um dos principais pontos para a implementação do Health 4.0. Assim, é essencial ter pessoal com habilidades técnicas e operacionais qualificadas para lidar com dados clínicos. A digitalização irá alterar as normas profissionais em todas as fases do processo de saúde; ou seja, desde a internação até a alta hospitalar. Todos os procedimentos médicos serão orientados por dados, exigindo funcionários especialistas em automação e desenvolvimento de software (Ajmera; Jain, 2019).

O domínio das pessoas sob as tecnologias ligadas ao Health 4.0 enfrenta ceticismo, atitudes negativas, expectativas, facilidade de uso percebida e confiabilidade na tecnologia das três partes interessadas do Health 4.0. A primeira parte interessada são os usuários de saúde, como idosos, pessoas com doenças crônicas ou deficiências e pacientes em geral, que podem não ter acesso à tecnologia, relutam em dar consentimento inequívoco aos seus dados médicos, confiam principalmente no conselho pessoal de médicos, com capacidade limitada e comprometimento para cuidar de sua saúde.

O segundo *stakeholder* é o grupo de provedores de serviços de saúde, como médicos, enfermeiros, assistentes sociais, entre outros, que podem estar sobrecarregados com dados e ter diferentes necessidades, habilidades e dificuldades para se comunicar e se coordenar de forma eficaz. Os cuidados de saúde têm sido tipicamente fragmentados, mas sob o paradigma Health 4.0, a tecnologia pode facilitar o trabalho em equipe para fornecer cuidados integrais.

O terceiro *stakeholder* são as organizações de saúde como hospitais, farmácias e sistemas de saúde públicos e privados. Os principais desafios para esta última parte

interessada são a dificuldade de compartilhar e acessar informações entre sistemas e serviços, conceder colaboração aberta, focar em sistemas e processos, aumentar a participação no co-design e desenvolver confiança e comprometimento. Além disso, dentro de cada organização de saúde, diferentes áreas funcionais coletam e armazenam dados e utilizam sistemas não compatíveis operados por usuários com diferentes níveis de proficiência tecnológica (Álvarez-Castañón *et al*., 2022).

De acordo com a literatura revisada, o paradigma Health 4.0 requer uma perspectiva interdisciplinar sobre inovação e adoção de tecnologia, uma mistura de metodologias qualitativas e quantitativas para avaliar protótipos e projetos e uma abordagem sociotécnica sobre a viabilidade de conectar hardware, software e partes interessadas. Como os indivíduos são o núcleo do modelo, suas necessidades, habilidades, desvantagens, valores e crenças devem ser considerados para evitar reações adversas e aproveitar ao máximo as tecnologias de saúde (Álvarez-Castañón *et al*., 2022).

4.5.1 Capacidades adaptativa de sistemas de saúde em direção ao Health 4.0

Nota-se que as mudanças no sistema de saúde em curto prazo ocorrem de forma superficial. Um exemplo é o aumento do uso de dispositivos para a comunicação entre pacientes e médicos. Contudo, em um longo período as mudanças são profundas, visto que, se somarmos as várias aplicações de IoT no futuro, as tomadas de decisões sobre determinados tratamentos serão realizadas por meio de programas avançados baseados em IA. Todavia, para que as soluções do Health 4.0 sejam absorvidas é necessária a capacidade adaptativa do sistema, onde os determinantes mais relevantes são os recursos humanos, financeiros e legislativos (Ćwiklicki; Klich; Chen, 2020).

Os sistemas de saúde existentes e as formas tradicionais de atendimento não são mais viáveis para atender as necessidades futuras de saúde. A capacitação por meio da virtualização de saúde é o caminho a seguir para o enfrentamento desses problemas. Da mesma forma, o fortalecimento das capacidades de apoio pode ajudar as pessoas a adquirir as habilidades, conhecimentos e competências para adotar e usar tecnologias e aplicativos digitais de saúde para gerenciar sua saúde (Lim, 2017).

Neste sentido, dois aspectos devem ser considerados: 1) a construção de capacidade como meio de desenvolver um conjunto de capacidades relevantes para adotar novas tecnologias de saúde virtualizadas a fim de melhorar os resultados de saúde; 2) e a virtualização da atenção ao permitir a construção de capacidade. Embora o treinamento por

meio da virtualização demande tempo e esforço, é a forma mais eficiente para a adoção e uso de tecnologias de saúde. Sem capacidade, mesmo as tecnologias de Health 4.0 serão ineficazes (Lim, 2017).

Apesar de a literatura embasar os benefícios do Health 4.0, Cavallone e Palumbo (2020) abordam o lado negativo que deve ser esclarecido e gerenciado para que não haja armadilhas com sua adesão. Existem três possíveis causas para o surgimento do referido lado: 1) Carga teórica do modelo e a aplicação de inteligência artificial e métodos de construção relacionados na área da saúde; 2) A limitação da confiabilidade das soluções atuais e; 3) A inflexibilidade das experiências humanas aos dados e informações digitais.

Os autores ainda elencam cinco fatores de risco para implementação: o primeiro fator está relacionado com a necessidade de altos custos e rápida disponibilidade de recursos técnicos com a probabilidade de se tornar um sistema de saúde direcionado a serviços de alto investimento. O segundo, a indústria 4.0 rompeu o papel tradicional dos profissionais de saúde e prejudicou sua identificação organizacional e seu compromisso organizacional. O terceiro, a interação entre as pessoas e o sistema é geralmente ignorado, carecendo de humanização, embora a atenção esteja voltada para os requisitos técnicos da implementação do Health 4.0. O quarto, a rigidez de valor inerente à indústria 4.0 não permite considerar a complexidade das necessidades e expectativas de saúde do paciente, e isso pode ter um impacto negativo na qualidade do atendimento. Por último, a atenção limitada prestada ao papel da bioética na formação dos atributos da indústria 4.0 no setor saúde implica em um conflito de transformação digital e promoção da centralização no paciente na concepção e prestação de serviços de saúde. Apesar de a literatura mostrar que os desafios relacionados à implantação da indústria 4.0 na área da saúde são passíveis a serem superados, seus benefícios ainda parecem incertos (Cavallone; Palumbo, 2020).

Além disso, Weerasinghe, Vidanagamachchi e Nanayakkara (2020) alertam para a necessidade de qualificação dos recursos humanos no uso das tecnologias específicas do Health 4.0, visto que a indústria 4.0 na saúde é mais do que uma tecnologia. Assim, é primordial determinado nível de habilidade dos funcionários para obtenção do máximo de benefícios com a implementação do sistema.

4.6 SEGURANÇA E PRIVACIDADE NO HEALTH 4.0

A segurança e a privacidade dos dados também são uma preocupação significativa no Health 4.0, uma vez que os dados são comunicados pela Internet e mantidos online para

análise e acesso futuro (Rana; Rathore, 2023). O Fórum Econômico Mundial de 2018 aponta que os ataques cibernéticos e fraude/roubo de dados são dois dos cinco principais riscos dentro do Health 4.0. Nesse sentido, garantir o surgimento do Health 4.0 dependerá de como as normas e padrões são definidos.

Atualmente, com o rápido desenvolvimento da tecnologia, o ritmo de desenvolvimento das regulamentações não é o mesmo. O setor de saúde é uma das instituições mais regulamentadas e burocráticas, principalmente quando comparado à robótica na manufatura. Embora isso possa causar atrasos na saída do ambiente de teste e no alcance da população por razões de segurança, esse desenvolvimento saudável ainda deve ser monitorado cuidadosamente (Lopes *et al.*, 2019).

Assim, a segurança é um aspecto importante na implementação de aplicativos de saúde. As redes que são utilizadas na infraestrutura geral de saúde inteligente podem estar sujeitas a uma variedade de ataques, sendo o dispositivo o seu componente mais suscetível. Espionagem e transmissão de dados/monitoramento de tráfego são os ataques principais que violam a privacidade dos dados (Aivaliotis; Tsantikidou; Sklavos, 2022).

A conexão e a interoperabilidade entre os elos da cadeia colocam em risco as informações do paciente, e o fato de que a conexão entre “itens médicos” está cada vez mais próxima, aumentará o impacto dos ataques cibernéticos. Com isso em mente, Health 4.0 deve garantir a segurança dos dados, departamentos e pacientes. Da mesma forma, deve encorajar o estabelecimento de cuidados de saúde centrados no paciente, com a possibilidade de interconectar os sistemas globais de tecnologia de saúde por meio de sistemas abertos e padrões comuns, levando ao progresso tecnológico e mudanças de paradigma (Lopes *et al.*, 2019).

Qiu *et al.* (2020) propuseram um método de segurança e compartilhamento de registros médicos por meio de um algoritmo de criptografia seletivo combinado com fragmentação e dispersão para proteger a segurança e privacidade dos dados, mesmo quando a mídia de transmissão e as chaves estão comprometidas. Desse modo, a metodologia é baseada em uma configuração centrada no usuário que protege os registros em um dispositivo confiável, como o smartphone do usuário final, e permite o controle de acesso para o compartilhamento de dados. Qualquer provedor terceirizado pode ser curioso e muitas vezes capaz de violar a privacidade de dados e usar esses dados para fins comerciais, como publicidade baseada em marketing. A divulgação de informações médicas pode ser imensurável, por exemplo, em 2018, um total de 1,5 milhão de dados pessoais de pacientes do *Sing Health* foram roubados do sistema de saúde em Cingapura.

Nessa lógica, Maresova *et al.* (2017) relatam que a cibersegurança na área da saúde 4.0 é uma das questões mais relevantes, por se tratar da principal desvantagem dessa era tecnológica. Em 2014, no mercado ilegal, os valores dos prontuários médicos valiam 10 vezes mais que detalhes do cartão de crédito. Recentemente, tecnologias de autenticação que incluem credenciais baseadas em atributos foram desenvolvidas para autenticação anônima. Um exemplo é o U-prove que se baseia no conceito de segurança a partir de *tokens* em que um usuário pode publicar com segurança uma quantidade limitada de informações para fins de autenticação e verificação. Segurança e privacidade são aspectos primordiais para os sistemas de *eHealthcare* e registros de dados do corpo clínico. Ajmera e Jain (2019) concordam que é necessário um sistema de autenticação bem projetado para o sucesso da implementação dessas tecnologias sem fio e ainda deve ser seguro, simples e eficiente para dispositivos móveis, especialmente em E-saúde.

Os dados coletados pelos sensores e compartilhados entre os dispositivos devem conter informações privadas. Somente usuários autorizados podem ter acesso aos dados médicos que devem permanecer intactos e criptografados com eficiência durante toda a transmissão para a rede de saúde inteligente IoT. Sua proteção indevida tem implicações legais e éticas, pois podem ser exploradas por invasores com a intenção de possivelmente prejudicar o bem-estar do usuário (Aivaliotis; Tsantikidou; Sklavos, 2022).

Além disso, apenas dados de dispositivos e componentes confiáveis devem ser aceitos pelo sistema para evitar a falsificação do histórico médico e aumentar a precisão do diagnóstico remoto. O sistema também deve ser capaz de executar constantemente suas funções principais sem ser obstruído por ataques, pois até mesmo um pequeno atraso na operação crítica pode ameaçar a vida do usuário. Por exemplo, em aplicativos de saúde inteligentes que exigem respostas imediatas para alertar serviços médicos ou fornecer assistência de primeiros socorros, tipos específicos de ataques podem atrasar esses processos de funcionalidade e anular o objetivo do sistema de facilitar o paciente e os profissionais de saúde. Frente a isso, a aplicação e manutenção dos principais esquemas de segurança, como confidencialidade, disponibilidade e integridade, são uma grande preocupação para a comunidade científica (Aivaliotis; Tsantikidou; Sklavos, 2022).

Existem níveis variados de segurança entre as tecnologias e componentes integrados nas aplicações Health 4.0. Alguns têm recursos limitados, como sensores e pequenos dispositivos de controle, e não podem incorporar mecanismos de segurança. Integrar esses componentes que também são desenvolvidos por diferentes fabricantes com diferentes padrões operacionais em um aplicativo Health 4.0 pode criar muitas preocupações de

segurança. Ainda, alguns dispositivos e sistemas usados são complexos e geralmente protegidos quando operam individualmente ou como parte de um sistema distribuído bem contido, como um sistema Health 4.0 que atende a uma única unidade de saúde. Uma vez mais integrados, esses dispositivos e sistemas ficam expostos a ameaças de segurança adicionais das redes e outros componentes (Al-Jaroodi; Mohamed; Abukhousa, 2020).

5 SÍNTESE DA LITERATURA

A saúde é um dos setores com maiores expectativas de impactos positivos da revolução 4.0. Por outro lado, essa tendência impõe demandas às organizações de saúde de enfrentar o desafio de atender sem aumentar custos, dadas às restrições fiscais dos governos que prestam esses serviços à população.

Apesar dos avanços citados, a saúde ainda enfrenta inúmeros desafios. Para enfrentar esses obstáculos, os sistemas de saúde precisam evoluir. A transição dos ecossistemas de saúde de abordagens centradas em hospitais para modelos de cuidados distribuídos e centrados no paciente está em pleno andamento. Embora as discussões sobre algumas das tecnologias emergentes tenham iniciado no século passado, apenas recentemente seu desenvolvimento gerou mudanças de paradigma. Exemplos importantes incluem inteligência artificial, nuvem e IoT.

O Health 4.0 promete um atendimento virtualizado e personalizado. Essa personalização da saúde impulsionará o surgimento de tratamentos cada vez mais eficientes e quase em tempo real, sendo alcançados por meio da integração de dispositivos médicos que deverão ser acessíveis, menores e personalizados. A saúde personalizada irá integrar o paciente e dar-lhe autonomia e participação no seu tratamento. Os benefícios de fato são inúmeros, e a implantação dessas tecnologias permitirá grandes avanços nos tratamentos disponíveis hoje. No entanto, é importante estar ciente dos desafios que esta revolução coloca e garantir que está sendo devidamente regulamentada, com equilíbrio entre segurança e desenvolvimento.

A seguir o Quadro 4 corrobora com os resultados apresentados, já que mostra a síntese das variáveis do Health 4.0 de acordo com os autores referenciados nessa revisão.

Quadro 2 – Autores X Variáveis

Autores	Variáveis				
	Impactos da Health 4.0 em hospitais	Tecnologias emergentes no contexto do Health 4.0	Aplicações do Health 4.0 na pratica	Barreiras para implantação do Health 4.0	Segurança e privacidade no Health 4.0.
Aivaliotis, V.; Tsantikidou, K.; Sklavos, N.	✓	✓	✓		✓
Ajmera, P.; Jain, V.		✓		✓	✓
Al-Jaroodi; Mohamed; Abukhousa	✓				✓
Álvarez-Castañón, L.C. *et al.*	✓	✓	✓	✓	
Barboza, M. *et al.*			✓		
Bause, M. *et al.*		✓	✓		
Bause, M. *et al.*			✓		
Cáceres, C.; Rosario, J.M; Amaya, D.	✓				
Cassettari, L.; Patrone, C; Saccaro, S.	✓	✓	✓		
Cavallone, M.; Palumbo, R.		✓		✓	
Celdrán, A.H. *et al.*	✓				
Ciasullo, M.V. *et al.*	✓				
Chute, C.; French, T.		✓			
Cwiklicki, M.; Klich, J.; Chen, J.			✓	✓	
Flórez, C.A.C.; Rosário, J.M.; Hurtado, D.	✓	✓			
Gardas, B.B.		✓		✓	
Grigoriadis, N. *et al.*			✓		
Grigoriadis, N. *et al.*			✓		
Inuwa, H.M. *et al.*		✓			
Lim, A.k.	✓	✓		✓	
Liu, Z. *et al.*		✓			
Loeza-Mejía, CI. *et al.*		✓	✓		
Lopes, J.M. *et al.*		✓			✓
Maini, E. *et al.*				✓	
Maresova, P. *et al.*			✓		✓
Mohamed, N.; Al-Jaroodi, J.	✓	✓			
Moreira, A.; Santos, M. F.			✓		
Paulin, A.		✓			
Qiu, H. *et al.*					✓
Rana, B.; Rathore, S.S.			✓		✓
Sannino, G.; de Falco, I.; de Pietro, G.		✓	✓		
Schiavoni, R. *et al.*			✓		
Sibanda, K.; Ndayizigamiye, P.;		✓	✓		

Twinomurinzi, H.					
Silveira, F. *et al.*		✓	✓		
Silveira, F. *et al.*		✓	✓		
Sisodia, A.; Jindal, R.	✓	✓	✓		
Soler, C.		✓			
Sudana, D.; Emanuel, A. W. R.			✓		
Thuemmler, C.; Bai, C.		✓	✓		
Weerasinghe, W.P.T.D.; Vidanagamachchi, K.; Nanayakkara,L.D.J.F.				✓	

Fonte: Elaborado pela autora.

6 DISCUSSÃO E IMPLICAÇÕES

Nesta seção analisou-se criticamente os resultados dos estudos identificados nesta revisão em uma estrutura multidimensional. Em relação ao conceito sabe-se que surgiu na Alemanha, fruto da 4ª revolução industrial, baseado principalmente no uso de tecnologias avançadas em diferentes setores (Ajmera; Jain, 2019; Thuemmler; Bai, 2017). No que tange a definição do Health 4.0, poucos autores o definem de forma precisa, pois a maioria aborda de forma inespecífica, apenas contextualizando a tecnologia 4.0 perante a área da saúde.

Desta forma, entende-se que o Health 4.0 apesar de ter sido descrito de diferentes maneiras ao longo dos anos, apresentou o mesmo enfoque entre os autores, ou seja, abordaram o uso da tecnologia 4.0 para conectar organizações de saúde, equipamentos, profissionais de saúde e pacientes (Ajmera; Jain, 2019; Álvarez-Castañón *et al*., 2022; Ćwiklicki; Klich; Chen, 2020; Paulin, 2017; Silveira *et al*., 2019; Thuemmler; Bai, 2017).

Embora o Healthcare 4.0 já venha sendo discutido a alguns anos, dos 40 artigos selecionados, apenas mais que a metade (22) discutiram o assunto Health 4.0 de forma ampla, contendo assuntos relacionados a dois ou mais tópicos abordados neste estudo. O restante dos autores abordaram o tema de forma categórica, principalmente citando as tecnologias emergentes, o que foi uma limitação do estudo.

Outra questão que merece destaque refere-se ao enfoque dos autores de acordo com a região geográfica. Percebe-se que em países desenvolvidos os autores abordam o tema Health 4.0 com enfoque nas aplicações, benefícios e perspectivas futuras, além de estarem em maior número. Enquanto isso, em trabalhos oriundos de locais em desenvolvimento o enfoque se deu para as dificuldades e barreiras em implantar o conceito Health 4.0 em hospitais, sendo a minoria da literatura encontrada.

Observou-se ainda que os problemas são acentuados em países onde os recursos financeiros são restritos. Visto que os principais desafios relatados no setor de saúde entre os estudos analisados foram o alto custo dos serviços, equipamentos e instalações, dificuldades de contratação de profissionais especializados, crescente demanda por serviços de alta qualidade e competição entre os provedores de saúde (Gardas, 2022; Mohamed; Al-Jaroodi, 2019).

Neste contexto, a aplicação de um novo modelo assistencial hospitalar é algo urgentemente necessário para que as instituições consigam permanecer viáveis, prestando serviços de qualidade aliados a um baixo custo. É notável a necessidade de uma inclusão de metodologias e tecnologias criativas cuja integração pode gerar impacto no setor de saúde (Aivaliotis; Tsantikidou; Sklavos, 2022).

É um consenso entre a literatura que a aplicação do Health 4.0 nos sistemas hospitalares resultará em benefícios, principalmente na otimização de recursos e processos. O uso de ferramentas tecnológicas permite a melhor organização das informações, seja de pacientes, corpo clínico e administrativo, além de diminuir os custos em saúde. As soluções tecnológicas apresentadas pelo Health 4.0 permitem gerar uma mudança disruptiva na cadeia de valor dos cuidados de saúde, remodelando os cuidados hospitalares (Ciasullo *et al*., 2022). Esta otimização permitirá que as instituições atuem em problemas recorrentes, como superlotação, sobrecarga de trabalho, diminuição da qualidade do atendimento e insatisfação dos pacientes e funcionários. Tudo isso pode ser feito ampliando os limites da inovação com a colaboração das tecnologias emergentes (Celdrán, *et al.*, 2018; Flórez; Rosario; Hurtado, 2020; Sisodia; Jindal, 2021).

A implementação do conceito Health 4.0, requer uma transformação digital dos sistemas de saúde (Álvarez-Castañón *et al*., 2022). Conceitos atuais como computação em nuvem, internet das coisas, inteligência artificial, realidade aumentada, robótica, apontam para um aperfeiçoamento do segmento da saúde, conhecido como tecnologias emergentes do Health 4.0 (Flórez; Rosario; Hurtado, 2020). Os benefícios parecem ser diversos, no entanto, identificou-se escassez de estudos que abordem as particularidades de diferentes realidades locais, especialmente em países emergentes.

A implementação do Health 4.0 requer uma perspectiva interdisciplinar sobre inovação e adoção de tecnologias (Álvarez-Castañón *et al*., 2022). Porém, o uso dessas ferramentas deve ser avaliado em diferentes contextos sociais, econômicos e tecnológicos vigentes entre os países. Isso evidencia a necessidade de pesquisas de campo sobre este tema, principalmente em países em desenvolvimento, onde a situação dos sistemas de saúde é

caótica e precária na maioria dos locais. Outra questão que deve ser considerada são as diferenças entre hospitais públicos e privados, pois a disponibilidade de recursos irá impactar diretamente nas ações da gestão. Além do contexto econômico, deve-se avaliar as necessidades da população atendida e o grau de entendimento de profissionais e usuários referente às tecnologias emergentes a serem implantadas com o Health 4.0, para evitar o surgimento de problemas antes inexistentes.

6.1 IMPLICAÇÕES

O Health 4.0 surgiu a partir da quarta revolução industrial que é uma expressão da área industrial em meados de 2011. O conceito gira em torno de máquinas inteligentes que tem acesso a grande quantidade de dados permitindo a integração, compartilhamento e otimização dos serviços de saúde. No entanto, as potencialidades trazidas pela quarta revolução para o processo produtivo também promovem alteração substancial para a dinâmica das relações de trabalho. Visto que, se antes no processo produtivo havia atividades que somente os humanos seriam capazes de fazer, hoje as máquinas e computadores podem ultrapassar as pessoas no cumprimento de algumas tarefas.

A preocupação não é sem motivo. Em relatório elaborado pelo Fórum Econômico Mundial (2016, p. 13), estima-se que 5 milhões de empregos serão substituídos por máquinas. Assim, o problema a ser enfrentado nas relações de trabalho desse novo paradigma é novos empregos que os humanos façam melhor que algoritmos.

Outro aspecto é quanto aos desafios relacionados aos dados, como a preocupação com a confidencialidade, confiabilidade, privacidade e segurança das informações. Já que, apenas a exclusão de dados tais como nome e número de documento, não são suficientes para garantir o sigilo. A conscientização dos engenheiros de sistemas sobre a importância dos dados pessoais é fundamental para o desenvolvimento das tecnologias que permitam segurança contra ataques cibernéticos.

Ademais, não existem muitos trabalhos que demonstrem o funcionamento e a dinâmica das novas tecnologias no processo de produção, bem como seus potenciais impactos nas relações de trabalho. O desenvolvimento de trabalhos com essa perspectiva pode contribuir para ampliação do conhecimento teórico do tema.

6.2 NOVAS DIREÇÕES DE PESQUISA

O Health 4.0 é um grande avanço para o setor de saúde e tem o potencial de fornecer novas perspectivas. A RSL demonstra que o setor de saúde enfrenta barreiras para adoção deste fenômeno notável, e realizar pesquisas em países em desenvolvimento é necessário para análise comparativa (Ajmera; Jain, 2019), já que o foco dos estudos está em países desenvolvidos (Maresova *et al*., 2017). Portanto, verificar como as empresas de saúde brasileiras desenvolvem seus serviços através de um estudo de caso em um hospital sobre todas as características de uma indústria 4.0 (Silveira *et al.*, 2019).

Segundo Chute e French (2019), os casos de uso tendem a se concentrar nas ferramentas da Indústria 4.0 para otimizar as abordagens médicas existentes, sendo que um dos principais impactos esperados do Health 4.0 é a personalização da saúde e do cuidado em tempo real para os pacientes que terão autonomia e participação no seu tratamento. Logo, existe uma necessidade de detectar e monitorar como o ambiente de saúde está preparado para absorver e reagir aos resultados da quarta revolução e a identificação das habilidades necessárias para desenvolver técnicas de aprendizagem apropriadas para a aceitação da tecnologia 4.0 são direções importantes para pesquisas futuras (Ćwiklicki; Klich; Chen, 2020).

No entanto, a literatura que existe em torno do Health 4.0 é limitada devido ao caráter inovador, sendo a maioria das contribuições derivadas da análise de mercado da literatura cinza o que dificulta a comparação entre estudos (Chute; French, 2019; Ćwiklicki; Klich; Chen, 2020). Conforme Cavallone e Palumbo (2020) são necessários mais desenvolvimentos conceituais sobre o futuro do Health 4.0, visto que os efeitos desencadeados pela virada digital ainda não foram aprofundados da forma adequada, assim como a capacidade dos funcionários na área de Health 4.0 quanto a evolução das novas tecnologias (Silveira *et al.*, 2019; Weerasinghe; Vidanagamachchi; Nanayakkara, 2020). Além disso, estudos adicionais com o intuito de identificar o as desvantagens, também são pertinentes (Cavallone; Palumbo, 2020).

Frente ao exposto, o quadro 5 fornece uma síntese das limitações e sugestões de pesquisas futuras. É importante notar que os estudos relatam como ponto limitante a falta de bibliografia, ou seja, é um tema pouco explorado. Fato que justifica as várias lacunas quanto ao Health 4.0.

Quadro 3 – Direções de pesquisa propostas pela literatura

ÁREA	TEMA	PESQUISAS FUTURAS
SEGURANÇA E PRIVACIDADE	IoT	• Qual arquitetura de segurança necessária para ambientes baseados em IoT que coletam e transmitem dados de saúde em tempo real?
	Confidencialidade	• Como manter os altos níveis de segurança, implementar e fazer cumprir políticas realistas e fortes de autenticação e controle de acesso mantendo a confidencialidade e privacidade de todos os envolvidos?
BARREIRAS HEALTH 4.0	Obstáculos	• Quais são as barreiras de implementação do Health 4.0 em países desenvolvidos e em desenvolvimento? • Quais as lacunas existentes entre os paradigmas do Health 4.0? • Qual a previsão da implantação tecnológica em entidades públicas?
	Literatura	• Estudos conceituais e práticos atingiram o estado da arte? • Como outros países aplicam as tecnologias 4.0 em saúde? • Existem estudos de casos em hospitais brasileiros?
	Desvantagens	• Quais os pontos negativos do Health 4.0?
APLICAÇÕES HEALTH 4.0	Dispositivos vestíveis	• Os estudos observacionais aprofundam a questão do design de vestíveis?
	Capacidades	• Quais as capacidades (conhecimento/habilidades/competências) para o uso das tecnologias? • Como ocorre a interação multicanal (pacientes/funcionários/serviços)?
	Tecnologias	• Quais os requisitos para a implementação efetiva do Health 4.0? • Quais as implementações podem ser feitas para automatizar processos no contexto de países emergentes sobre saúde materna?
	Hospitais Inteligentes	• Como os países desenvolvidos estão promovendo a cadeia de valor da saúde 4.0? • Como as empresas de saúde brasileiras estão aplicando o Health 4.0 ao longo dos anos? • Como os hospitais inteligentes capacitam os funcionários? • Quais os serviços de saúde 4.0 podem ser implementados em países em desenvolvimento?

Fonte: Elaborado pela autora.

7 CONCLUSÃO

Esse artigo apresentou uma revisão sistemática da literatura para o Health 4.0 e demonstrou uma visão geral de seu conteúdo, escopo e tecnologias, examinando a literatura existente. Buscou contribuir para que os profissionais de saúde compreendam melhor as definições e conceitos relacionados à Health 4.0, proporcionando também aos pesquisadores e *stakeholders* um estudo sobre o assunto.

Os benefícios são inúmeros e a implantação dessas tecnologias possibilitará avanços nos tratamentos disponíveis. Dessa maneira, esta personalização da medicina promoverá o surgimento de tratamentos cada vez mais eficazes. Nesse sentido, o Health 4.0 é um avanço na área, já que é possível obter o máximo de resultados com o mínimo de recursos por meio das tecnologias avançadas, e tem o potencial de fornecer uma nova perspectiva para o setor.

Com isso, futuramente, os parâmetros fisiológicos ou bioquímicos serão monitorados continuamente por meio de sensores biomédicos e virtuais, em qualquer ambiente. Ademais, para alcançar este importante resultado, as tecnologias e serviços de computação em nuvem, internet das coisas, inteligência artificial e Big data serão os componentes básicos.

Portanto, uma transição completa para o Health 4.0 é um caminho natural e necessário. Contudo, a maneira que esta modificação ocorrerá é difícil de prever, mas é provável que seja uma transformação de cuidados de saúde centrado no hospital/profissional por meio de cuidados alinhados com o paciente e distribuídos para o sistema global, seguindo protocolos do Health 4.0.

Assim, questões sociais, culturais, demográficas e financeiras parecem ter impacto na efetividade de implantação do Health 4.0, sendo imprescindível a realização de mais pesquisas de campo que avaliem estas diferenças, principalmente em países emergentes.

3 OBJETO DE ESTUDO

Frente a esse contexto e com a intenção de corroborar com as ideias apresentadas, foi aplicada uma análise do panorama de aplicação do Health 4.0 em hospitais do estado do Rio Grande do Sul. A seleção dos hospitais que foram objeto para o estudo foi através do ranking de hospitais brasileiros 2021 e participantes do grupo South Collab Health e por conveniência, que aceitaram participar do estudo e concederam acesso para que as entrevistas pudessem ser realizadas.

O ranking 2021 é uma parceria da Newsweek com a Statista Inc, a respeitada empresa global de pesquisa de dados, com o objetivo de classificar os melhores hospitais do mundo. São 2.000 hospitais mencionados nesta lista que abrange 25 países e dentre esses 96 são hospitais brasileiros, sendo 7 situados no Rio Grande do Sul. Essas organizações de saúde se destacam pelo serviço de excelência, incluindo profissionais, atendimento de alto nível e tecnologia.

Já o grupo South Collab Health é um canal virtual (grupo WhatsApp) composto por representantes hospitalares do extremo Sul do Brasil que trocam experiências positivas e negativas da rotina diária de um hospital, além de se auxiliarem nas dificuldades do mercado farmacêutico como falta de materiais hospitalares e medicamentos.

3.1 HOSPITAIS BRASILEIROS E A INOVAÇÃO

A palavra *hospital* foi usada no século XVI por influência do termo em francês “hôpital” do século XII derivados do latim. O surgimento dos hospitais ocorreu na idade média e difere um pouco da atualidade. Derivado do latim *hospitālis*, hospital é uma instituição destinada ao diagnóstico e tratamento de pacientes, bem como local de pesquisa e ensino. O termo também é usado metaforicamente para se referir a qualquer casa com muitos doentes. O conceito de hospital originou-se do vocábulo *hospes* (“hóspede” ou “visita”) do qual resulta *hospitalitas* (“hospitalidade”). Com o tempo, essa definição passou a dizer respeito à qualidade de acolher/hospedar alguém bem e com satisfação (Morris, 1946).

Atualmente, com o avanço das tecnologias e saúde surgiu uma complexidade que vai além da realidade que existia na época do primeiro relato sobre hospitais e, portanto, também é necessário gerenciar todas as variáveis de assistência ao cuidado. Essa questão demonstra a necessidade de estudos sobre o tema inovação no ambiente hospitalar, ou seja, Health 4.0,

visto que, conforme Flórez, Rosário e Hurtado (2020), os gestores buscam estratégias pioneiras para melhorar a qualidade do serviço.

Segundo Bogue, Hall e La-Forgia (2007), o setor hospitalar no Brasil pode ser segmentado em três partes: hospitais públicos, hospitais privados que trabalham com o sistema único de saúde e hospitais privados que não cooperam com o sistema único de saúde. Cabe pontuar que no sistema de saúde brasileiro todas as iniciativas devem seguir as políticas públicas, programas e normativas em vigor, a partir de princípios básicos de cidadania e direitos humanos para a implantação de melhorias efetivas (Rodrigues, 2015). Assim, a área hospitalar brasileira é caracterizada pela diversidade e descentralização e, em geral, todo o setor de saúde.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção delineia-se a pesquisa, definem-se os critérios de seleção dos hospitais, os procedimentos para a coleta de dados, o instrumento da coleta de dados e, por fim, como foram analisados os resultados.

4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Uma das características que delineou o presente trabalho foi a abordagem qualitativa, que tem como característica o aprofundamento da compreensão de determinado fenômeno pré-estabelecido pelo pesquisador. Conforme Minayo (2017), a referida abordagem preocupa-se com aspectos que não podem ser quantificados e que se baseiam nas dinâmicas das relações sociais. Neste sentido, o pesquisador consegue se aprofundar no âmbito dos motivos e processos do fenômeno estudado e que não podem ser reduzidos à quantificação de variáveis. O pesquisador deve estar preparado para questionar, interpretar, avaliar e pensar sobre o contexto de polarizações e, por fim, discutir sobre o processo de análise (Malterud, 2001).

O presente trabalho também foi delineado pelo cunho descritivo. Gil (2021) cita que o principal objetivo da pesquisa descritiva é detalhar as características de uma população ou fenômeno específico, ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Existem estudos que podem ser categorizados sob este título e uma de suas características mais significativas aparece na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados. Segundo Cooper e Schindler (2011), geralmente, pesquisas descritivas têm por finalidade responder às seguintes perguntas: quem, o que, quando, onde e como. Entretanto, o autor alerta para maiores exigências de tempo e recursos.

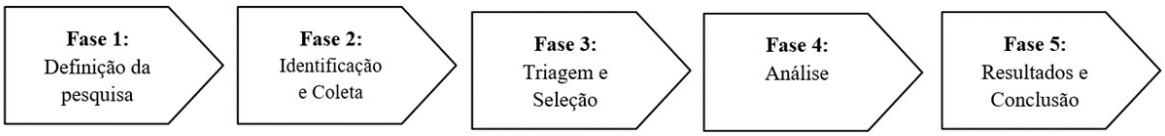
Para Triviños (1987, p. 136), não existe "[...] necessidade de buscar objetivos comparativos, os pesquisadores podem ter a possibilidade de estudar dois ou mais sujeitos, instituições, etc", neste caso os hospitais. Esses estudos buscam analisar o objeto de pesquisa de forma única, mesmo que, posteriormente, sejam observadas semelhanças com outros casos, descrevendo a realidade de forma completa e profunda.

Logo, a RSL, conforme as diretrizes fornecidas por Tranfield, Denyer e Smart (2003) mapeiam e avaliam a área intelectual relevante como intuito de desenvolver o banco de conhecimentos para acadêmicos e profissionais, já que tem a capacidade de fornecer resultados holísticos e reproduzíveis. Desta forma, a consulta da literatura foi elaborada à luz

dos principais objetivos deste trabalho e tenta garantir a replicabilidade e a consistência do estudo (Boell; Cecez-Kecmanovic, 2015).

Como parte do referencial teórico descreve-se as etapas necessárias para uma revisão bem-sucedida, sendo a primeira fase a formulação da pergunta, onde a questão é elaborada com base na discussão dos autores e estudos analisados. Posteriormente a etapa de identificação e coleta dos estudos. E por fim, a fase de extração, análise e síntese, na qual selecionamos os artigos relevantes ao tema e foram extraídos o conceito do Health 4.0. A imagem a seguir (figura 2) elucida as etapas realizadas no protocolo do estudo.

Figura 2 – Protocolo de pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS HOSPITAIS

Dois critérios foram adotados para a escolha dos hospitais participantes deste estudo, sendo eles: estarem localizados na mesma região geográfica e a conveniência. O primeiro critério considera a localização das instituições em um mesmo estado preponderante para visitas *in loco* e para o levantamento dos dados de pesquisa.

O segundo critério considerado é a conveniência de acesso aos hospitais, tendo em vista o contato profissional que a pesquisadora desenvolve na rotina laboral. Malhotra (2012) destaca o uso de amostra não probabilística por acessibilidade, ou seja, escolha deliberada por parte do pesquisador dos elementos que pode acessar desde que representem o universo da amostra de alguma forma com base em seu julgamento.

Nesse sentido, foram selecionados cinco hospitais brasileiros localizados na região Sul do país, conforme o ranking dos melhores hospitais do mundo de 2021[1] e grupo South Collab Health com o intuito de analisar como os mesmos estão desenvolvendo a cadeia de valor do Health 4.0, sendo aqui denominados A, B, C, D e E. Nas respectivas ordens aqui colocadas, os hospitais estão localizados no estado do Rio Grande do Sul.

[1]Disponível em: https://www.newsweek.com/best-hospitals-2021/brazil.

4.3 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

As técnicas de coleta de dados são um conjunto de regras ou processos utilizados por uma ciência, ou seja, corresponde à parte prática da coleta de informações (Lakatos; Marconi, 2020).

Como principal fonte de dados, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com perguntas abertas e fechadas, aplicadas para gerentes de atenção à saúde de hospitais e ou gestores de inovação, para que possam descrever como a cadeia de valor do Health 4.0 está presente no cotidiano dos hospitais analisados.

Segundo Cervo e Bervian (2002), a entrevista é uma das principais técnicas de coletas de dados e pode ser definida como conversa realizada pelo pesquisador junto ao entrevistado, seguindo um método para se obter informações sobre determinado assunto. Para Gil (2021), a entrevista é uma das técnicas de coleta de dados mais utilizadas nas pesquisas sociais.

Essas entrevistas foram realizadas on-line e agendadas previamente, de modo que respeite a individualidade do entrevistado. Em um primeiro momento, foi explicado o conceito do Health 4.0 para que o entrevistado não tenha quaisquer dúvidas quanto ao tema, assim como houve esclarecimento a respeito da gravação dessas entrevistas e do direito à privacidade.

Outro aspecto a ser observado são os registros das entrevistas que foram por meio de um diário de campo. Porém, deve-se considerar que embora a gravação seja a melhor forma de resguardar o conteúdo das entrevistas, a sua utilização só poderá ocorrer se o entrevistado der o seu consentimento (Gil, 2021).

Importante ressaltar que os dados coletados a partir dessas técnicas foram armazenados devidamente em um dispositivo empregado somente para esse fim, pelo período necessário para conclusão da dissertação, e ficando em posse do pesquisador responsável de modo com que se garanta a segurança dos dados.

Duarte (2004) destaca que aplicar entrevistas de forma satisfatória e com a rigorosidade exigida não é mais fácil do que qualquer outro meio de levantamento de dados primários, talvez, seja até mais difícil, pois exige preparo teórico e competência técnica por parte do entrevistador.

4.4 INSTRUMENTO DE PESQUISA

Inicialmente, para elaboração do instrumento de pesquisa foi realizado uma RSL frente ao Health 4.0 e suas aplicações em serviços de saúde, bem como as barreiras que dificultam a sua implementação para tornar clara a temática sobre inovação em saúde (Quadro 4). Com isso, percebeu-se que a literatura sobre o tema é limitada, principalmente em hospitais brasileiros.

Segundo Sampieri, Collado e Lucio (2013), o processo sistemático da literatura contribui com as tomadas de decisões no andamento do estudo, além de justificar e documentar a necessidade de realização da mesma. Tasca *et al.* (2010) acrescentam que a busca por embasamento teórico em periódicos, configura o início de um projeto de pesquisa e dessa forma, foi feita uma busca de artigos científicos que colaboram com a composição teórica apresentada nessa pesquisa. A íntegra do instrumento de pesquisa elaborado está no apêndice B.

4.5 ANÁLISE DE DADOS

O processo técnico de observação dos dados representa a redução de informações obtidas na entrevista tornando possível a sua interpretação e mensuração (Zanella, 2013). Neste trabalho foi utilizada a técnica de análise de conteúdo que segundo Bardin (1977) é definida como:

> 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) destas mensagens (Bardin, 1977, p. 42).

A análise de conteúdo não trabalha exclusivamente com o texto, mas com o contexto possibilitando que a comunicação seja descrita de forma organizada e objetiva (Lakatos; Marconi, 2020). Para Bardin (1977), esse processo é dividido em três diferentes fases estabelecidas de forma cronológica na pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados.

A primeira fase representa a pré-análise configurando a fase de organização do material compondo o *corpus* da pesquisa com o objetivo de organizar e operacionalizar os conceitos iniciais, conduzindo a uma estrutura para elaboração de um modelo de análise

(Bardin, 1977). A fase seguinte é a exploração do material correspondendo a um processo de descrição ocorrendo a sistematização das definições estabelecendo classificações, codificações e categorização do material coletado (Bardin, 1977), e a última etapa corresponde ao tratamento dos resultados obtidos e sua interpretação onde os resultados brutos são trabalhados de maneira que recebem significados e definições (Bardin, 1977).

Entrevistas foram conduzidas com profissionais da área de inovação em três das cinco instituições hospitalares que demonstraram interesse em participar do estudo. As informações obtidas nessas entrevistas foram então comparadas aos achados da literatura, proporcionando uma análise da realidade hospitalar, que é o foco deste estudo e atende a dois objetivos específicos da pesquisa.

Posteriormente, as gravações das entrevistas, suas transcrições e as anotações feitas pela pesquisadora durante as sessões foram analisadas. A próxima seção do trabalho apresentará as análises e discussões das informações coletadas no campo, buscando identificar convergências e divergências com os resultados encontrados na RSL.

4.6 ÉTICA DA PESQUISA

Os aspectos éticos da pesquisa com serem humanos foram submetidos aos comitês de ética das universidades, a fim de garantir o cumprimento da ética nas pesquisas (Gil, 2021).

A amostra prevista neste estudo foi de 5 gestores de hospitais selecionados como respondentes. De acordo com o regulamento, o estudo em questão foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) sob o parecer nº 6.540.744. Após a aprovação do comitê de ética, foi realizado contato telefônico com o hospital selecionado para identificação e coleta do endereço eletrônico do gestor respondente, bem como envio do projeto para aceite da participação na pesquisa. A partir da concordância em responder a pesquisa foi agendado previamente também via e-mail de forma individual, tendo apenas um remetente e um ou dois destinatários à entrevista on-line. A partir disso, deu-se início a coleta de dados.

Esses aspectos são regidos pela Resolução nº 466 de 2012 a qual dispõe sobre diretrizes e normas regulatórias de pesquisas envolvendo seres humanos e devem aos requisitos éticos e científicos estabelecidos. Portanto, “o respeito à dignidade humana exige que toda pesquisa seja realizada com o consentimento livre e esclarecido dos sujeitos, indivíduos ou grupos que por si e/ou por seus representantes legais concordem em participar da pesquisa” (Brasil, 2012, não paginado).

Em atendimento a essa exigência, foi assegurado previamente aos participantes da pesquisa o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A), o qual representa a:

> Documento no qual é explicitado o consentimento livre e esclarecido do participante e/ou de seu responsável legal, de forma escrita, devendo conter todas as informações necessárias, em linguagem clara e objetiva, de fácil entendimento, para o mais completo esclarecimento sobre a pesquisa a qual se propõe participar (Brasil, 2012, não paginado).

Este documento foi redigido em fonte 14 permitindo que o participante tenha uma visualização melhor e enviado por e-mail, sendo obrigatória a devolutiva do documento assinado o qual ficou sob a responsabilidade do pesquisador responsável considerado a "pessoa responsável pela coordenação da pesquisa e corresponsável pela integridade e bem-estar dos participantes da pesquisa" (Brasil, 2012, não paginado) e a outra em posse do participante da pesquisa considerado como "indivíduo que, de forma esclarecida e voluntária, ou sob o esclarecimento e autorização de seu (s) responsável (eis) legal (is), aceita ser pesquisado" (Brasil, 2012, não paginado). Ressalta-se que o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi fornecido minutos antes do início da entrevista para sua anuência, ou seja, antes de responder às perguntas do questionário. Enfatiza-se que o participante teve acesso às perguntas somente depois que tenha dado o seu consentimento.

Os dados coletados tiveram finalidade exclusivamente acadêmica, garantindo com isso o anonimato dos seus participantes por meio de procedimentos que assegurem:

> Prever procedimentos que assegurem a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros (Brasil, 2012, não paginado).

Assegura-se a garantia quanto a qualquer tipo de constrangimento o qual tem o direito de recusar a sua participação na pesquisa considerando que "garantia de plena liberdade ao participante da pesquisa, de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma" (Brasil, 2012, não paginado).

Em virtude disso, atenta-se a "garantia de confidencialidade e privacidade dos participantes da pesquisa em todas as etapas da pesquisa" (Brasil, 1992, não paginado), pois se trata de dados públicos os quais podem ser sigilosos ou de transparência pública.

Em relação à segurança e monitoramento dos dados: todo e qualquer documento da pesquisa foi arquivado sob a responsabilidade do Professor Dr. Samuel Vinícius Bonato na sala A do Programa de Pós-Graduação de Administração, Anexo ao Prédio 4, FURG, Campus Carreiros, Rio Grande/RS. Destaca-se que a gravação da entrevista em áudio é exclusivamente para a transcrição textual das informações para a pesquisadora. E todo material gerado pela pesquisa será apagado e descartado após a conclusão da dissertação.

Este estudo segue os preceitos resolução nº 510, de 07 de abril de 2016, que dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes da pesquisa.

Ademais, os pesquisadores declaram conhecer e cumprir os requisitos da Lei Geral de Proteção de Dados (Lei Nº 13.709, de 14 de agosto de 2018) quanto ao tratamento de dados pessoais que foram utilizados para a execução do presente projeto de pesquisa.

Os riscos da pesquisa aos participantes são mínimos, como no caso de desconforto emocional, caso em que os pesquisadores garantirão assistência imediata, integral e gratuita.

Os benefícios da pesquisa estão voltados para a possibilidade de os participantes refletirem e ampliarem seus conhecimentos sobre questões do Health 4.0, tais como: nível de conhecimento, reconhecimento das principais implementações do Health 4.0, bem como as barreiras e facilidades do processo de implantação em sua instituição. Ao final, você oportunizará que conheçamos diferentes aspectos e percepções do ponto de vista do gestor hospitalar acerca da cadeia de valor do Health 4.0.

Sobre os critérios para encerrar ou suspender a pesquisa: a pesquisa será suspensa caso a pesquisadora desista da pesquisa e encerrada caso nenhum dos participantes convidados aceite participarem do estudo. Os critérios de inclusão dos respondentes incluem 5 gestores hospitalares em efetivo exercício profissional que atuam nos hospitais selecionados do estado do Rio Grande do Sul, conforme o ranking dos melhores hospitais do mundo de 2021. E os critérios de exclusão abrangem os gestores afastados por licença saúde ou para capacitação, também os profissionais que estejam em férias.

Cabe destacar que os resultados da pesquisa serão divulgados para os participantes da pesquisa e instituições onde os dados foram obtidos. E a instituição pesquisada tem autonomia sobre a divulgação dos resultados podendo suspender quando achar pertinente.

As despesas previstas para desenvolvimento dessa pesquisa foram custeadas exclusivamente pela pesquisadora.

5 RESULTADOS

Nesta seção, serão apresentados os resultados de forma individual, pois cada caso retrata a realidade de um hospital dentro de uma amostra de três instituições hospitalares que fizeram parte da pesquisa. Nesse sentido, a seção dos resultados está divida em: caso A, caso B e caso C. E após a exibição de cada um dos casos, apresentam-se as análises e discussões quanto às principais aplicações do Health 4.0, os desafios, as barreiras e ferramentas tecnológicas utilizadas em comparação aos achados com a literatura.

É importante ressaltar que a amostra primária consistia em 5 respondentes, como mencionado no subitem "4.2 critérios para seleção dos hospitais". No entanto, as instituições identificadas como D e E de regime privado não aceitaram o parecer aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da FURG, exigindo assim todo o trâmite burocrático para submissão, o que tornou inviável a realização da pesquisa dentro do prazo estabelecido para conclusão do trabalho.

5.1 CASO A

Trata-se de uma unidade hospitalar privada que iniciou suas operações em 2011, localizada em uma cidade ao noroeste do estado do Rio Grande do Sul. A instituição é certificada pela Acreditação ONA que é um método avaliativo da qualidade e segurança da assistência prestada ao paciente. É composta por uma carteira de 14 mil beneficiários e dispõe de 75 leitos ativos.

Para compreender como o hospital está implementando o Health 4.0, foi realizada uma entrevista de aproximadamente 50 minutos com o responsável pelo Laboratório de Inovação em Saúde. Este profissional possui formação em medicina, MBA em Gestão de Negócios e está atualmente cursando um mestrado em Atenção de Saúde.

5.2 CASO B

Esse hospital público (100% SUS) está localizado em uma cidade da região sul do estado do Rio Grande do Sul, sendo parte integrante de uma instituição de ensino e, por isso, atua como um hospital-escola voltado para o desenvolvimento do ensino e da pesquisa, tendo perfil assistencial de média e alta complexidade e referência regional no tratamento de HIV, doenças infectocontagiosas, gestação de alto risco e traumato-ortopedia. Sua história remonta

ao ano de 1976, e atualmente abrange 28 municípios das 3ª e 7ª Coordenadorias Regionais de Saúde na região Sul. Para o atendimento da demanda dos serviços prestados, o hospital conta com 218 leitos ativos. O quadro funcional é composto por 1260 colaboradores, entre os quais se encontram profissionais com regime jurídico único, celetistas e terceirizados.

Para a análise da aplicação do Health 4.0 na instituição, foi entrevistado o economista Chefe da Unidade de Gestão e Inovação Tecnológica em Saúde que ocupa o cargo há dois anos. A sessão de entrevista durou cerca de 35 minutos.

5.3 CASO C

É um hospital privado situado na região metropolitana do extremo sul do Brasil, iniciando suas atividades em 1969 com o propósito de ações humanizadas, qualificadas e sustentáveis de cuidado à vida. A instituição conta com um quadro funcional de 1.448 colaboradores e possui 193 leitos. Além disso, possui outras quatro unidades hospitalares, todas localizadas no mesmo Estado, sendo uma delas uma unidade 100% SUS e as demais de regime misto. No total, as cinco unidades hospitalares empregam 3.296 funcionários e oferecem 607 leitos.

A entrevistada possui uma formação em Secretariado Executivo, complementada por três MBA com ênfase em saúde, e atua como responsável pela área de inovação há um período de um ano e meio. É importante notar que ela está vinculada à instituição há 13 anos. Durante a entrevista sobre a aplicação do Health 4.0 em sua instituição, ela dedicou um total de 45 minutos para responder a entrevista.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

As entrevistas iniciaram pela breve explicação do que é o Health 4.0, em que todos os respondentes informaram que tinham conhecimento desse paradigma e que os respectivos hospitais tinham algum tipo de aplicação, embora o entrevistado do hospital A tenha destacado que os conhecimentos quanto ao Health 4.0 são heterôgeneos.

> Entrevistado A: A gente está sempre procurando melhorias de processos só que tenho a impressão de que quando for conversar com outras pessoas da inovação no nosso caso a gente ainda tá bem heterogêneo o que quero dizer é que temos desde gestores, setor de vendas que acham que inovação é escanear documento de papel e transformar em pdf até alguns diretores que já foram para Israel conhecer os websistemas de inovação sabe , então a gente ta bem heterogêneo e cada um entende de uma forma quando se fala em inovação, quando se fala em Health 4.0, cada um entende uma coisa.

A fala do entrevistado A evidência que há uma superficialidade sobre o conhecimento do Health 4.0 em alguns seguimentos da instituição, o que poderia justificar a baixa adesão. Frente a isso, acredita-se que apoiar a capacitação em diferentes seguimentos pode ajudar as pessoas a adquirir habilidades, conhecimentos e competências para adotar e usar tecnologias e aplicativos digitais de saúde para autogerenciar sua saúde, bem-estar e doença (Lim, 2017).

Com o objetivo de atingir o segundo objetivo específico dessa pesquisa foi questionado aos participantes se há aplicações do Health 4.0 em suas organizações de saúde e que fossem especificadas. Obteve-se as seguintes respostas:

> Entrevistado A: O principal é contas, contratos, e principalmente na parte administrativa. O que eu quero dizer com isso, a parte assistencial a gente divide em duas grandes partes, né? A parte de back office, de administrativo, essa parte sim eu vejo grandes oportunidades. Na parte assistencial, um pouco menos.
>
> Entrevistado B: A gente tem prontuário eletrônico, acho que isso pode ser considerado. A gente tem o AGHU que faz gestão de estoque. A gente tem o sistema de prescrição de exames informatizados, a disponibilização digital, tanto os resultados dos exames, o uso de filmes digitais, ao invés do filme radiográfico, então acho que são aplicações.
>
> Entrevistado C: Sim, mas muito mais incial e não tão consolidado quanto gostaria. Temos o prontuário eletrônico, mas não é 100% eletrônico por causa que falta a assinatura eletrônica, então ele é misto. Mas tudo é feito dentro do sistema de registro de prontuário (RP), a prescrição, a checagem, os exames, mas ainda precisa imprimir e assinar para validade legal. E existe um aplicativo Web na emergência, ou seja, não é necessário baixar o que facilita para o familiar acompanhar o atendimento do paciente. A atualização ocorre a cada 40 segundos.

Mesmo com algumas aplicações do Health 4.0 já definidas nas instituições, o seu uso

ainda é limitado. Os relatos vão de encontro com Dal Mas et al (2023) que cita as principais razões para adoção generalizada de tecnologia que é o gerenciamento de Registros Eletrônicos, sistemas de e-saúde e sensores de IoT o que auxilia a gerenciar a alta complexidade que caracteriza os processos de assistência à saúde, já que redesenha os processos organizacionais e administrativos de forma mais eficiente e econômica. E contrariamente ao estudo de Silveira *et al*. (2021) que relata que os investimentos do complexo industrial da saúde brasileiro estão voltados principalmente para a assistência ao paciente, enquanto a infraestrutura de sistemas e informações tende a ter um papel secundário.

O conceito parece ser utilizado com enfoque na otimização de questões burocráticas da área administrativa, visto que facilita a análise de dados para tomada de decisões estratégicas sem grandes impactos em procedimentos práticos na área assistencial.

> Entrevistado A: Computação em nuvem, sim. A gente tem praticamente toda. O servidor é em nuvem, virtual. A gente hoje não tem um servidor físico grande, claro, tem algumas coisas, mas ele é muito mais em nuvem. Big Data, zero.
>
> Entrevistado B: Acredito que há computação em nuvem.
>
> Entrevistado C: Tem a computação em nuvem para suporte ao RP.

Somente um dos respondentes ressalta a importância da tecnologia Big data para otimização dos processos, já que conforme Dal Mas *et al.* (2023) e Akhtar, Haleem e Javaid (2024) a utilização de grandes quantidades de dados de saúde pode levar a melhores insights, tratamentos personalizados e resultados eficientes aos pacientes.

> Entrevistado A: A gente tem um setor que aqui chama atenção Integral à Saúde, esse setor ele acompanha em torno de 700 pacientes. Nós temos na carteira uma média em torno de 14 a 15 mil vidas, então a gente tá acompanhando mais de perto 700. Sabe como é que é essas 700? Tá chegando a vergonha de dizer assim, mas é uma planilha de Excel que uma enfermeira abre todos os dias e ela olha no sistema do hospital, internou, não internou, fez exame, não fez exame.
>
> Entrevistado C: Não utilizam Big data, utilizamos BI para relatórios, apresentações em deckboard e gráficos para análise de dados.

As tecnologias melhoram os esforços de educação e comunicação em saúde pública (Vazquez *et al*., 2020; Ting *et al*., 2020). Por exemplo, robôs e ferramentas operacionais permitem que a cirurgia seja mais segura e eficiente, levando a um melhor resultado para todas as partes interessadas, do paciente ao médico, do hospital a toda a sociedade (Dal Mas *et al*., 2020; Steil *et al*., 2019). Entretanto, os respondentes elucidam que as tecnologias adotadas se restringem na sua grande maioria no âmbito administrativo.

> Entrevistado A: A inteligência artificial a gente ainda não trabalha diretamente. O mais perto disso que a gente tem são terceiros, porque a gente é cliente de uma solução do diagnóstico por imagem. E eles trabalham com inteligência artificial para ajudar nos laudos e a gente tem indiretamente. Quem dá o laudo ainda é o radiologista, mas a inteligência artificial já sugere para ele, já chega um pré-laudo. Então, esse é o nosso maior contato com inteligência artificial. E quanto a robótica a gente adquiriu um robô DA20, já está dentro de uma ala nova que ainda não foi inaugurada, mas deve começar a funcionar no primeiro semestre.
>
> Entrevistado C: E estamos em fase de implantação de uma base que se conecta ao RP para fazer toda triagem de prescrição auxiliando o farmacêutico clínico na tomada de decisão. Questões de interação medicamentosa, excesso de dosagem esse sistema utiliza a inteligência artificial para filtro das precrições que precisam de mais atenção, pois conecta com os resultados de exames e evolução.

Acrescenta-se, ainda o estudo conduzido por Singh *et al*. (2024) que destaca a incorporação dos serviços de IA pelos hospitais frequentemente se concentra na gestão de registros de prontuários, na assistência ao diagnóstico de pacientes e em questões operacionais. A IA tem o potencial de ir além, abordando a falta de capacidade de alcançar populações não atendidas ou mal atendidas. Com os avanços tecnológicos os pacientes podem receber atendimento médico remoto a qualquer momento, sem a necessidade de visitar um médico pessoalmente. O mundo virtual oferece uma gama mais ampla de ferramentas do que simplesmente o e-mail, incluindo a criação de novos ambientes personalizados, a utilização de avatares, interações com outras pessoas sem a necessidade de revelar a identidade real e a comunicação pessoa a pessoa que se assemelha mais às interações presenciais.

O entrevistado C acrescentou que a organização terá uma economia quanto a recursos humanos com a aplicação dessa tecnologia, pois não precisará contratar um número maior de farmacêuticos clínicos. Além disso, relatou que a instituição fez uma POC (prova de conceito) com uma startup para treinamentos na realidade virtual, mas alguns colaboradores relataram que tiveram tontura, e também falta a infraestrutura o que deixou o projeto em standby neste momento.

O entrevistado do hospital A falou que já houveram conversas sobre a possibilidade de uso da IA no ambiente de Unidade de Terapia Intensiva, mas ainda não saiu do papel.

Já o entrevistado B conta que possuem um laboratório de simulação realística, ou seja, os alunos realizam procedimentos assistenciais em bonecos ao invés de em um paciente real o que facilita a aprendizagem.

Os relatos dos entrevistados evidenciam a necessidade de entendimento sobre o potencial da aplicação dessas novas tecnologias, que apesar de vislumbrarem custos imediatos para a implementação estratégica, o retorno é de longo prazo, sendo que, mais

especificamente, podem exigir uma mudança organizacional relevante por parte de todos os envolvidos (Silveira *et al*., 2021).

Outra ferramenta relevante do Health 4.0 é a telemedicina que permite a interação paciente-profissional de saúde à distância. Apresenta principalmente pontos positivos, como por exemplo, o acesso remoto, monitoramento contínuo, redução de custos, educação e capacitação (Thummler; Bai, 2017). Conforme relatado pelos entrevistados A e C, apesar de já implementada, existem limitações no uso da telemedicina, como também, uma baixa adesão pelas instituições. Quanto aos pontos negativos existe a limitação tecnológica, qualidade da interação, segurança de dados, regulamentação e reembolso.

> Entrevistado A: Hoje tem. Só que eu vou te dizer assim, tem um ano e meio rodando, não deve ter feito 100 consultas em um ano e meio. E aí é um caso de escudo porque é bem divulgado, a gente ouve propaganda até na rádio gaúcha, mas eu sinto que não tem aderência do paciente do usuário (paciente-médico).
>
> Entrevistado B: Não, ainda não. A gente tem uma unidade para isso, mas ainda não temos uma possibilidade estrutural de serviço.
>
> Entrevistado C: Temos baixa adesão.

O entrevistado B, apesar de não dispor do serviço de teleconsulta, acredita que a superlotação hospitalar tende a diminuir com esse serviço corroborando com os dados apresentados no estudo de Flórez, Rosario e Hurtado (2020) que 62% do tempo de espera é reduzido com a medicina realística.

O Health 4.0 possibilita que as instituições abordem questões recorrentes, tais como superlotação, sobrecarga de trabalho, redução da qualidade do atendimento e insatisfação tanto por parte dos pacientes quanto dos funcionários. Essa melhoria pode ser alcançada por meio da expansão dos limites da inovação, com a colaboração das tecnologias emergentes, conforme mencionado por Celdrán *et al*. (2018), Flórez, Rosario e Hurtado (2020) e Sisodia e Jindal (2021).

A literatura corrobora com a fala de um dos entrevistados afirmando que as aplicações telemédicas experimentaram uma enorme expansão durante a COVID-19 (Gangl; Krychtiuk, 2023), bem como aumentou a demanda de serviços que conectam hospitais de alta especialidade com unidades de capacidade instalada limitada localizada em municípios desfavorecidos socialmente (Álvarez-Castañón *et al*., 2022). Entrevistado C: “Durante a pandemia ofertou, mas depois teve uma regressão. Hoje nós temos a teleinterconsulta que é entre profissionais médicos”.

Como diz o ditado: “Uma crise oferece uma oportunidade” e esta primeira grande

crise de 2020 ofereceu uma grande oportunidade para a tecnologia digital (Ting *et al*., 2020, p. 461). No entanto, a fala ressalta a diminuição dessa adesão pós pandemia, já que alguns usuários optaram por retornar aos métodos tradicionais de atendimento médico por dificuldade tecnológica e preferência pelo contato pessoal. Entrevistado C: “Fizemos o autoagendamento no centro clínico e só tivemos 20% de agendamento online o pessoal prefere ligar ou vir aqui agendar”.

É importante ressaltar que a telemedicina é uma ferramenta valiosa para muitos pacientes e profissionais de saúde, especialmente para consultas de acompanhamento, triagem inicial de sintomas e acompanhamento de condições crônicas. A combinação de consultas presenciais e remotas pode ser a abordagem ideal para atender às necessidades variadas dos pacientes.

O avanço das tecnologias digitais tem impulsionado significativamente o campo da saúde, promovendo a integração de dispositivos vestíveis (wearables) no contexto do Health 4.0. Esses dispositivos, como smartwatches, pulseiras inteligentes e outros dispositivos portáteis, oferecem uma ampla gama de funcionalidades que podem ser integradas aos sistemas de saúde para melhorar a qualidade dos cuidados e promover a saúde dos usuários.

Estudos recentes publicados em periódicos científicos reconhecidos destacam o potencial dos dispositivos vestíveis no contexto do Health 4.0. Por exemplo, uma pesquisa realizada por Schiavoni *et al*. (2020), verificou a viabilidade de um sistema de detecção de hidratação da pele. Os resultados demonstraram que o sistema proposto oferece precisão satisfatória, baixo custo, capacidade de controle remoto e portabilidade, tornando-o especialmente atrativo para aplicações médicas práticas. Essas características são especialmente benéficas para pessoas doentes ou idosas com dificuldades de locomoção, possibilitando a detecção precoce de condições médicas e a implementação de intervenções preventivas.

Além disso, os dispositivos vestíveis possuem a capacidade de promover a adesão ao tratamento e o autocuidado entre os pacientes. Por exemplo, um análise cienciométrica realizada por Álvarez-Castañón *et al*. (2022) publicada na revista "Technology Management and Leadership in Digital Transformation", analisou o impacto dos dispositivos vestíveis na gestão de doenças crônicas. Os autores concluíram que esses dispositivos podem melhorar significativamente a adesão ao tratamento, facilitando o monitoramento contínuo dos sintomas e promovendo o engajamento dos pacientes no gerenciamento de sua saúde.

No entanto, apesar dos benefícios potenciais, há desafios a serem superados na integração dos dispositivos vestíveis no contexto do Health 4.0. Por exemplo, questões

relacionadas à segurança e privacidade dos dados, bem como a interoperabilidade entre os diferentes dispositivos e sistemas de saúde, ainda são áreas de preocupação. Estudos recentes, como o realizado por Maresova *et al*. (2017), investigaram essas questões e propuseram soluções para garantir a integração eficaz dos dispositivos vestíveis nos sistemas de saúde.

Em resumo, os dispositivos vestíveis representam uma ferramenta promissora no contexto do Health 4.0, oferecendo uma maneira eficaz de monitorar a saúde, promover o autocuidado e melhorar a qualidade dos cuidados de saúde. No entanto, é crucial abordar questões relacionadas à segurança, privacidade e interoperabilidade para garantir uma integração bem-sucedida desses dispositivos nos sistemas de saúde modernos. Ademais, é uma tecologia pouco utilizada pelas intituições participantes do estudo.

> Entrevistado A: A gente tem intra-hospitalar parece um reloginho que alguns pacientes usam, ele tem alguns sinais vitais dentro do hospital que manda para um robô, mas na verdade é uma plataforma com bluetooth, assim, e aí tem muitos sinais. Mas somente 20% dos leitos tem mais ou menos.

Quanto ao monitoramento em tempo real, este representa um elemento fundamental na efetiva implementação do Health 4.0 em ambientes hospitalares, conforme evidenciado por diversos estudos acadêmicos. Através dessa abordagem, profissionais de saúde podem acessar dados e informações de forma instantânea, facilitando uma tomada de decisão rápida e precisa (Xu; Zhao; Xu, 2020). A integração de dispositivos médicos conectados, sensores e sistemas de monitoramento remoto possibilitam o acompanhamento contínuo dos sinais vitais dos pacientes, bem como o estado dos equipamentos médicos e outros parâmetros relevantes (Zhang *et al*., 2019).

É fato que o monitoramento em tempo real garante uma assistência rápida e precisa e todos os entrevistados concordaram com isso. Apesar disso, os relatos evidenciaram certo desconhecimento da tecnologia implementada na sua instituição. Deve-se considerar que esta tecnologia se atualiza rapidamente, provavelmente em velocidade desproporcional a atualização dos profissionais.

> Entrevistado A: O que a UTI tem, que eu não sei se pode ser um monitoramento em tempo real, é que os leitos da UTI, os monitores da UTI, sim, esses ficam e aí a gente tem, eu acho que a maioria das UTIs é assim, o uso de enfermagem ali da UTI tem as previsões com sinais é todos assim.
>
> Entrevistado C: Temos a monitorização não invasiva na UTI.

Weerasinghe, Vidanagamachchi e Nanayakkara (2020) destacam a importância da

capacitação dos profissionais de saúde no uso das tecnologias específicas do Health 4.0. Eles ressaltam que a indústria 4.0 na área da saúde transcende a mera adoção de tecnologia. Logo, é essencial que os funcionários possuam um certo nível de habilidade para garantir que os benefícios da implementação do sistema sejam maximizados.

Quanto ao treinamento dos profissionais, dois entrevistados informaram que a capacitação inicial sobre Heath 4.0 ocorre nas instiuições hospitalares. Porém, somente um entrevistado ressaltou quanto a contínua capacitação das ferramentas.

> Entrevistado A: Sim, a instituição tem um setor de qualidade, mas é um setor de acompanhamento interno e todas as novas tecnologias, digamos assim, que vão ser implantadas no setor, elas são apresentadas e tem treinamento, a gente tem uma plataforma de treinamento virtual, o colaborador faz um login no sistema e aí ele tem uma trilha de aprendizado, conforme o setor. E tem uma trilha de reciclagem, de tempos em tempos, o trabalhador tem que refazer certas trilhas para reciclar.
>
> Entrevistado B: Todos os profissionais de todos os turnos receberam capacitação.
>
> Entresvistado C: Os funcionários não receberam treinamento quanto a temática do Health 4.0, mas quanto ao sistema RP eles receberam.

É essencial que as instituições tenham uma capacitação inicial. Porém, tanto quanto isso, dar continuidade nas capacitações e suas atualizações são fundamentais. Pelos relatos, também foram observados a necessidade de consientização sobre a importância da ferramenta. Ainda, observa-se que existem muitas variáveis que justificam a implementação de capacitações obrigatórias, presenciais e constantes. Como exemplo, cita-se a resistência ao uso da tecnologia por alguns profissionais, esquecimento de manuseio da ferramenta para se obter tal facilidade, movimentação ou troca de pessoal entre os setores e possibilidade de burlar a sua realização, no caso de capacitações online.

Uma questão substancial relacionada à tecnologia é a percepção de que esta reduz a demanda por recursos humanos, podendo resultar em desemprego. Entrevistado A: “Estão falando que o meu setor vai ganhar eficiência, o que ela entendeu na verdade é, ah, vão demitir pessoas sabe, então tem um trabalho político por trás”. Esta visão é fundamentada pela otimização de processos que frequentemente resulta em uma menor necessidade de mão de obra para realizar uma determinada operação. Além disso, tem-se a entrega mais rápida de informações e maior segurança nos processos e na rastreabilidade. Assim, pode-se dizer que a preocupação do entrevistado A não é sem motivo. Em um relatório elaborado pelo Fórum Econômico Mundial (2016, p. 13), estima-se que 5 milhões de empregos serão substituídos por máquinas. Em contrapartida, o Fórum Econômico Mundial (2020, p. 05) destaca que 97 milhões de empregos surgirão até 2025 em áreas como cuidados com saúde, já que o

gerenciamento, aconselhamento, tomada de decisão, raciocínio e interação são atividades do homem.

Outra questão avaliada neste estudo foi a resistência da alta gestão em relação ao Health 4.0, que ocorre devido a avaliação do retorno financeiro que é um dos critérios para escolher o investimento que será realizado na organização.

> Entrevistado A: Eu acho que a primeira dificuldade é de ver o retorno desse custo. Essa é o número um. O número dois, que aí a gente já falou um pouco que é o conhecimento heterogêneo. O terceiro, que é uma coisa quase filosófica humana, é o medo do conhecido. As pessoas dizem assim, eu sempre fiz assim porque que querem mexer. Eu diria que é isso: o custo, a falta de conhecimento e o medo do desconhecido.
>
> Entrevistado B: É complicado, sim, tem resistências. Eu vejo, por exemplo, o pessoal quer usar, mas tem medo de perder o emprego. Também acho que falta recursos financeiros. Temos os recursos financeiros bem limitados aqui na instituição, nós vivemos com a contratualização do SUS, os valores estão bem baixos. E por último muitos trabalhadores foram contratados há vários anos e aí o pessoal não está acostumado a mexer com o computador.
>
> Entrevistado C: Muito é das pessoas, a necessidade de mudança de cultura, principalmente quando vivemos com pessoas de faixas etárias diferentes, porque algumas pessoas são adeptas a tecnologias, mas não podemos deixar de atender aquele público que não se familiariza com isso. A alta gestão devido o recurso financeiro.

Pelo exposto acima, nota-se que sem o apoio da alta gestão é praticamente impossível qualquer mudança, porque por mais que sejam sem custo. Embora haja mão de obra disponível na instituição é necessário a aprovação da alta gestão, e para isso, o conhecimento da tecnologia é fundamental. A literatura revisada evidencia as dificuldades apontadas pelos entrevistados (Ajmera; Jain, 2019; Gardas, 2022; Singh *et al.,* 2024) e enfatiza como principal barreira a falta de suporte da gerência no setor de saúde, visto que são necessários gastos com treinamento dos recursos humanos e manutenção dos sistemas de suporte para a condução do processo, e estas decisões cabem à alta administração (Ajmera; Jain, 2019).

A implementação da Health 4.0, que envolve a integração de tecnologias avançadas no setor de saúde, apresenta desafios significativos quando se trata da acessibilidade para pessoas idosas. Estudos destacam que os idosos podem enfrentar barreiras no uso de tecnologias de saúde devido a fatores como falta de familiaridade com dispositivos digitais, dificuldades de aprendizado de novas tecnologias e limitações cognitivas e físicas associadas à idade avançada, mesmo quando os dispositivos são projetados para serem intuitivos e fáceis de usar. Além disso, questões de privacidade e segurança também são preocupações importantes para os idosos ao usar tecnologias de saúde digital. Preocupações com a proteção de dados

pessoais e com a confidencialidade das informações de saúde podem levar os idosos a evitar o uso de determinadas tecnologias, mesmo que possam beneficiar sua saúde e bem-estar (Peek, *et al*., 2016; Lin; Bautista; Core, 2020).

Para superar essas dificuldades, é essencial que as tecnologias de saúde digital sejam projetadas levando em consideração as necessidades e limitações específicas de cada indivíduo. Isso inclui o desenvolvimento de interfaces simples e intuitivas, a consideração das limitações físicas e cognitivas dos usuários, e a implementação de medidas robustas de privacidade e segurança de dados. É importante oferecer suporte e treinamento adequados, a fim de aproveitar ao máximo as tecnologias de saúde digital disponíveis.

O Health 4.0 apresenta uma variedade de recursos que, quando utilizados de maneira eficaz, podem contribuir significativamente para alcançar objetivos específicos. O fornecimento de serviços de saúde de qualidade aos pacientes exige aprimorar a eficácia e o desempenho global do sistema, otimizar a utilização dos recursos disponíveis e empregar as ferramentas e sistemas disponíveis para melhorar as experiências tanto dos profissionais de saúde quanto dos pacientes.

> Entrevistado A: A principal facilidade é dar mais leveza ao sistema. Hoje o sistema de saúde é pesado, ele trabalha com muito reprocesso, muito retrabalho, as pessoas confundem burocracia com segurança. Segurança é uma palavra muito importante dentro do hospital. As pessoas acham que se tiver três papéis em vez de dois, eu tenho mais segurança para o paciente. Isso é incentivado nos convênios. O convênio exige, por exemplo, eu sou cirurgião, ele tem que ter a folha de sala, assinada pelo cirurgião, assinada pelo anestesista, que tem que estar ativada, que tem que ser mandada, e junto com isso tem que ter o exame, tem que ter o laudo do exame quando a gente vê. É uma série de burocracias que poderiam ser muito mais simples, e esses sistemas não se conversam. Falta esse ganho de eficiência.
>
> Entrevistado B: É benéfico, mas o que ajuda na implementação é o trabalhador ver que vai ter um ganho, aí ele vai adotar. Porque aumenta a produtividade, ele vai conseguir atender mais pacientes, ele começa a visualizar as ideias, daí ele compra a ideia.
>
> Entrevistado C: A questão de padronização de informação e banco de dados de maneira mais rápida.

De acordo com a fala dos entrevistados percebe-se que o Health 4.0 agrega valor para todos que fazem parte da cadeia, indo de encontro ao que a literatura demonstra.

A segurança e privacidade dos dados emergem como considerações cruciais no contexto do Health 4.0, dado que as informações são transmitidas pela internet e armazenadas online para análise e acesso posterior. Maresova *et al*. (2017) destacam que a cibersegurança no âmbito do Health 4.0 figura como uma das questões mais prementes, sendo considerada a principal desvantagem nessa era tecnológica, uma vez que há um mercado clandestino para

dados de prontuários médicos.

Entretanto, conforme as respostas obtidas, embora as instituições tenham esta preocupação, parecem estar preparadas para situações de risco cibernético. Ademais, é importante a colocação do representante do hospital A, o qual relata que corremos riscos semelhantes na realidade com o uso de papel físico.

> Entrevistado A: O que eu posso dizer é que o risco é muito mais teórico do que real. Por outro lado, a nossa insituição recebe de 4 a 5 ataques cipernéticos por dia. Desses nunca nenhum teve grandes repercussões, porque a gente tá sempre protegido, mas, por exemplo, a gente tem uma e o que é o que a gente ouve falar de aqueles ataques onde criptografam tudo e pedem resgate. Então, assim, existe o risco de não ter acesso aos dados, vazamento de dados da saúde, mas os dados são menos valiosos para o indivíduo, obviamente, que as pessoas são super valiosas, mas a ponto disso ter um valor comercial de vender e tal, esse mercado ainda não é tão grande. Mas o risco de ataques, por exemplo, imagina se eu tenho todo meu banco de dados na nuvem e perco esse acesso o meu hospital para. Existe, sim, o risco, mas do mesmo jeito que existe o risco de se eu guardasse tudo em papel pegar fogo ou mofar.
>
> Entrevistado B: Tem que cuidar isso. Realmente é importante isso.
>
> Entrevistado C: Temos uma área de integridade que é responsável pela LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais) está sendo feito um mapeamento em todas as áreas quanto a quais ferramentas utiliza? Porquê utilizada? Mas não tivemos nenhum vazamento de dados até hoje.

Um dos pontos cruciais desse estudo foi avaliar se os hospitais pesquisados podem ser considerados organizações inteligentes. Segundo Cassettari, Patrone e Saccaro (2019) instituições de saúde que buscam otimizar recursos e processos através de uma gestão mais eficiente das informações, pacientes, equipe clínica e administrativa são reconhecidas como Hospitais 4.0 ou Hospitais Inteligentes. E unanimamente todos os entrevistados disseram sim, mas depende do ponto de comparação.

> Entrevistado A: Eu vou te dizer que a gente está no meio aqui. Eu circulo por alguns outros hospitais na nossa cidade, e aqui tem dois hospitais. Se a gente for comparar localmente, quer dizer, com hospital de caridade, eu te diria sim, com certeza. Porque se tem mais apoio de TI, tem mais digitalização, tudo isso. Mas, se eu for comparar com Hospital Moinhos de Vento, eu te diria que talvez. Hoje, é sim um hospital inteligente, mas que tem bastante oportunidade pra melhorar.
>
> Entrevistado B: A pergunta é difícil. Acho que existem realidades diferentes. Então, o pessoal do Moinhos de Vento tem uma realidade, pois tem um orçamento diferente. No nosso orçamento, na nossa realidade a gente sabe fornecer tecnologia aos profissionais. Então, eu vou nessa linha assim, dado o nosso recurso, dado a nossa realidade, a gente pode ser considerado um hospital inteligente.
>
> Entrevistado C: Que pergunta difícil, mas acho que sim, se comparamos com o hospital a 10 anos atrás.

Os hospitais inteligentes representam uma evolução significativa no campo da saúde, buscando integrar tecnologias avançadas para melhorar a eficiência operacional, a qualidade do atendimento e a experiência do paciente. Esses hospitais aproveitam algumas das tecnologias, incluindo Computação em Nuvem, IA, Big data e sistemas de monitoramento em tempo real para fornecer um ambiente de saúde mais seguro, eficaz e personalizado (Cáceres; Rosário; Amaya, 2019; Cassettari; Patrone; Saccaro, 2019).

A implementação de dispositivos IoT nos hospitais inteligentes permite a coleta de dados em tempo real de uma variedade de fontes, como dispositivos médicos, registros eletrônicos de saúde e sistemas de monitoramento de pacientes. Esses dados são então processados por sistemas de IA e Big data para fornecer insights valiosos aos profissionais de saúde, permitindo uma tomada de decisão mais rápida e precisa (Al-Fuqaha *et al.*, 2015; Rathore *et al.*, 2016; Akhtar; Haleem; Javaid, 2024). Por exemplo, algoritmos de IA podem ser utilizados para prever complicações em pacientes com base em padrões de dados históricos, permitindo intervenções preventivas antes que problemas sérios ocorram.

A experiência do paciente também é aprimorada nos hospitais inteligentes, com a implementação de sistemas de telemedicina, aplicativos móveis e portais online que permitem aos pacientes acessar facilmente informações sobre sua saúde, agendar consultas e se comunicar com seus médicos. Isso não só aumenta a conveniência para os pacientes, mas também pode melhorar a adesão ao tratamento e a satisfação geral com os serviços de saúde (Cassettari; Patrone; Saccaro, 2019).

No entanto, a implementação bem-sucedida de hospitais inteligentes enfrenta desafios significativos, incluindo questões de segurança de dados, integração de sistemas, disponibilidade de recurso financeiro e treinamento de pessoal. É essencial que os hospitais adotem uma abordagem cuidadosa e estratégica ao implementar essas tecnologias, garantindo que os benefícios sejam maximizados e os riscos sejam mitigados.

Para finalizar a análise dos resultados, foi realizado um compilado de informações demonstrados nos quadros 6 e 7 abaixo, em relação as aplicações, barreiras e tecnologias citadas na literatura sobre Health 4.0. versus as aplicações, barreiras e tecnologias encontradas nos hospitais que foram objeto deste estudo.

Quadro 6 – Tecnologias e barreiras literatura x Hospitais pesquisados

Tecnologias emergentes	**Literatura**	**Hospitais RS**		
		A	**B**	**C**
Computação em Nuvem	✓	✓	✓	✓
Internet das Coisas	✓	✓		✓
Inteligência Artificial	✓	✓	✓	✓
Realidade Virtual e Aumentada	✓			✓
Robótica	✓	✓		
Big Data	✓			✓
Barreiras implementação Health 4.0	**Literatura**	**Hospitais RS**		
		A	**B**	**C**
Mão de Obra Qualificada e Exclusiva	✓		✓	
Privacidade e Cibersegurança	✓			
Recurso Financeiro	✓	✓	✓	✓
Infrasestrutura TI	✓			
Dados Clínicos Fragmentados	✓	✓	✓	
Falta de clusters P&D	✓			
Apoio Político	✓			
Implicações Legais	✓		✓	
Regulamentos Não Uniformes	✓		✓	
Manutenção de Suporte Inadequada	✓		✓	
Alta Gestão	✓	✓	✓	✓
Questões Propriedade Intelectual (patentes, direitos autorais)	✓			
Insegurança sobre o Uso	✓	✓	✓	✓
Falta Estratégia Digital	✓		✓	
Risco de Perder Emprego	✓	✓	✓	✓
Resistência Profissional	✓	✓	✓	✓
Falta Recompensa	✓			

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 7 – Aplicações literatura x Hospitais pesquisados

Categorias Aplicações Health 4.0	Subcategorais	Literatura	Hospitais RS		
			A	B	C
Medicina Realística	teleodontologia	✓			
	telemedicina	✓	✓		✓
	telecare	✓			
	telereabilitação	✓			
	cirurgia robótica/telecirurgia	✓			
	prescrições eletrônicas	✓	✓	✓	✓
	prontuários eletrônicos	✓	✓		✓
	diagnóstico por imagem		✓		
	triagem prescrição				✓
	teleinterconsulta				✓
	autoagendamento		✓		✓
	laboratório simulação			✓	
Monitoramento em Tempo Real	dispositivos/equipamentos	✓	✓	✓	✓
	app quadro clínico remoto	✓			
	app andamento atendimento				✓
Dispositivos Médicos	dispositivos vestíveis	✓	✓		
	dispositivos implantáveis	✓			
	equipamento	✓	✓	✓	✓
	software	✓	✓	✓	✓
	inaladores inteligentes	✓			
	sensores digeríveis	✓			

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao avaliar o quadro acima, em relação as aplicações do Health 4.0, destaca-se a deficiência do hospital B quanto a medicina realística e dispositivos médicos em comparação aos outros hospitais A e C.

Em relação às barreiras do Health 4.0, todos os hospitais avaliados acreditam que as variáveis de privacidade e cibersegurança e questões de propriedade intelectual (patentes, direitos autorais) estão adequadas na instituição. Adicionalmente, em relação à questão da recompensa, observou-se que não há uma recompensa específica definida, mas quando os profissionais compreendem os benefícios que obterão com o processo, percebem isso como uma vantagem. E quando se trata da barreira do apoio político, sua existência permanece desconhecida. Há uma demanda significativa por cursos vocacionais específicos, como análise de big data, ciência de dados e especializações em informática, em meio à era de

crescente digitalização. É fundamental que o governo promova a criação da infraestrutura necessária para atender a esses requisitos fundamentais para a adoção do Health 4.0. Ademais, pode contribuir estabelecendo padrões uniformes em nível nacional e internacional, facilitando a troca de informações de maneira gratuita e segura.

Em contrapartida, a maioria dos entrevistados relataram que as variáveis de recurso financeiro, dados clínicos fragmentados, alta gestão, insegurança sobre o uso, risco de perder emprego e resistência dos profissionais são barreiras para implementação do conceito Health 4.0. Outro dado importante é que das 17 variáveis avaliadas como barreiras a implementação do Health 4.0, 11 foram identificadas pelo hospital B.

Das 6 tecnologias do Health 4.0 avaliadas no estudo, o hospital C identificou 5 na sua realidade local, seguido pelo hospital A, o qual identificou 4 e pelo hospital B, que identificou 2.

Após relacionar as características de cada hospital com as principais aplicações, barreiras e tecnologias do Health 4.0 relatadas, em geral, viu-se que as condições dos hospitais privados parecem ser melhores do que os públicos. Esta diferença pode ser explicada pelo maior aporte financeiro e maior qualificação de profissionais disponíveis na rede privada. Outra consideração é sobre a compreensão profunda e prática do Health 4.0. Em regiões onde este conceito já está bem definido na instituição a adoção de tecnologia na saúde é mais avançada. Por outro lado, em áreas com conhecimento escasso sobre esses avanços provavelmente restringe o acesso à tecnologia.

Embora não esteja tabulado, a pesquisadora do estudo teve a percepção de que existe uma grande dificuldade quanto ao real conhecimento do conceito Health 4.0 pelos profissionais, como também, sobre o seu impacto na instituição. Foi identificada a necessidade de promover a conscientização e a educação sobre Health 4.0 para garantir que todas as partes interessadas, desde pacientes e profissionais de saúde até formuladores de políticas e desenvolvedores de tecnologia, possam entender e aproveitar todo o potencial dessas inovações para transformar positivamente o setor da saúde.

De forma geral, as barreiras e tecnologias identificadas na pesquisa estão alinhadas com aquelas descritas na literatura. . Observou-se que a aplicação de monitoramento em tempo real é a mais comum entre os três hospitais estudados, principalmente através do uso de monitores de acompanhamento do quadro clínico em Unidade de Terapia Intensiva. Como também, a medicina realística pelo uso das prescrições eletrônicas. No entanto, a telemedicina, apesar de ser uma implementação amplamente difundida oportunizada pela pandemia, ainda não é uma realidade consolidada em todas as instituições.

Além disso, destaca-se que a engenharia do sistema de saúde desempenha um papel crucial ao aprimorar as operações organizacionais, procedimentos de serviços, fluxo de trabalho, segurança e economia. Suas principais funções incluem a identificação de possíveis riscos à saúde dos pacientes e complicações potenciais, o desenvolvimento de princípios, procedimentos, metodologias e ferramentas para aprimorar os processos, além de melhorar a eficácia da equipe e a qualidade da infraestrutura, bem como o acesso dos pacientes aos serviços, entre outros aspectos. A utilização de equipamentos automatizados, sistemas de monitoramento, controle em tempo real e serviços de software altamente inteligentes pode otimizar o gerenciamento e a utilização de recursos, além de aumentar a relação custo-benefício de todas as operações de saúde (Mohamed; Al-Jaroodi, 2019).

Por mais que a literatura não detalhe todas as possíveis aplicações, os entrevistados mencionaram exemplos concretos, como: aplicativos para acompanhamento de pacientes durante atendimentos de emergência ou cirurgias, triagem de prescrições com sugestões para evitar superdosagens ou interações medicamentosas, laudos radiológicos sugeridos, prontuários/prescrições eletrônicas para acompanhamento em tempo real, sistemas de gestão de estoque integrados às prescrições para evitar que os pacientes fiquem desassistidos, laboratórios de simulação realística e cirurgias robóticas que tornam os procedimentos mais precisos e menos invasivos.

Por fim, percebe-se uma falta de integração entre a área de tecnologia da informação e outras áreas para discutir os benefícios e dificuldades identificadas para implementação do Health 4.0. Esta discrepância entre a teoria e a prática evidencia que a aplicação do Health 4.0 nos hospitais pesquisados ainda está aquém do esperado, refletindo uma lacuna entre o conhecimento teórico e a aplicação prática.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Health 4.0 é uma área emergente de pesquisa, mas com literatura limitada. Este estudo, por meio de uma RSL e pesquisa qualitativa, identificou as principais aplicações do Health 4.0, bem como suas barreias, facilidades e tecnologias usadas. Primeiro, foi analisado tematicamente a literatura para explorar a cadeia de implementação do Health 4.0. Em um segundo momento, foram realizadas entrevistas com posterior análise dos dados coletados, os quais descrevem o desenvolvimento desse paradigma nos hospitais pesquisados. Terceiro, foram propostas futuras direções de pesquisa que apoiarão o desenvolvimento da área de gerenciamento de operações de saúde.

O envelhecimento da população evidencia uma necessidade urgente em digitalizar os serviços de saúde para que os objetivos de desenvolvimento sustentável neste âmbito possam ser satisfeitos e mantidos. Uma vez que isso seja implementado é possível melhorar os cuidados de saúde através do aumento da produtividade, transformando a prestação de cuidados, simplificando procedimentos administrativos, e se consiga a aplicação de tecnologias emergentes.

Para citar alguns exemplos de como o setor de saúde tem visto uma transformação significativa através da adoção de tecnologias, a impressão 3D surgiu como uma ferramenta promissora para oferecer novas soluções aos pacientes, pois permitem a criação de próteses, dispositivos cirúrgicos, e réplicas personalizadas de ossos. A robótica também desempenha um papel crucial no setor de saúde no campo das cirurgias.

Embora que o número amostral avaliado tenha sido relativamente pequeno, a parte qualitativa deste estudo evidenciou 6 aplicações do Health 4.0 utilizadas nos hospitais investigados no estado do Rio Grande do Sul que não estão documentadas na literatura. Dessas, uma está relacionada ao monitoramento em tempo real e as outras estão ligadas à medicina realística. Esse achado é significativo e indica que o campo do Health 4.0 ainda não foi completamente explorado nos estudos. Quanto às tecnologias ou barreiras, não foram identificadas diferenças em relação ao que está descrito na literatura.

A população em geral aborda há anos o termo Health 4.0, porém, somente em 2018 surgiu o primeiro artigo de pesquisa indexado no Scopus usando o termo “Health 4.0” (Chen *et al*., 2019), corroborando com a limitação de implementação nas organizações de saúde. O Brasil é o segundo país com mais pesquisas empíricas e conceituais sobre Health 4.0 (Sony; Antony; Tortorella, 2023). Embora este dado sugira que o país esteja adiantado sobre este tema, o número de pesquisas com aplicações práticas ainda é reduzido, com inúmeras

dificuldades encontradas para efetiva implementação, fato que foi observado nas três instituições entrevistadas. A aplicação limitada do Health 4.0 nas instituições brasileiras do estado do Rio Grande do Sul pode ser explicada pelo desconhecimento das partes interessadas, alto custo, falta de apoio hierárquico e insegurança sobre o uso. Entretanto é inegável que a pandemia do Coronavírus, pela necessidade do isolamento social, proporcionou uma procura por tecnologias digitais em hospitais para melhor atender às necessidades de saúde.

Health 4.0 não é apenas um fenômeno técnico, mas uma mistura complexa de aspectos sociais (humanos) e sistemas técnicos interligados de maneira direcionada a objetivos para atender as demandas dos sistemas de saúde. Outra questão a ser discutida foi o fato de que dois dos profissionais entrevistados se tratavam de trabalhadores exclusivamente da área administrativa. Assim, mesmo que gestores, os entrevistados poderiam não ter a ciência de todas as implementações do Heath 4.0 vigentes na instituição. Este dado permite sugerir que embora existam setores administrativos e assistenciais, ambos com suas atribuições e importâncias relativamente diferentes, é necessário compartilhar conhecimento para construir uma mentalidade de valorização do Health 4.0. Não é possível a implementação deste sistema em diversos âmbitos sem o apoio e conhecimento da alta gestão, assim como, sem o apoio e conhecimento da assistência.

É importante mencionar que hospitais privados e no Sistema Único de Saúde (SUS) apresentam diferenças significativas, principalmente devido às disparidades de recursos financeiros, infraestrutura e organização administrativa entre os dois sistemas.

Nos hospitais privados, a implementação do Health 4.0 tende a ser mais ágil e abrangente devido aos recursos financeiros disponíveis e à capacidade de investimento em tecnologias de ponta. Essas instituições têm maior flexibilidade para adquirir e implementar sistemas de informação integrados, robótica e soluções de inteligência artificial para otimizar processos, melhorar a qualidade do atendimento e oferecer uma experiência mais personalizada aos pacientes.

Por outro lado, no SUS, a implementação do Health 4.0 enfrenta desafios adicionais devido à limitação de recursos financeiros, infraestrutura precária e burocracia administrativa, embora o hospital participante seja uma instituição de ensino e pesquisa, e com isso deveria ter um investimento tecnológico para agregar o aprendizado.

Os hospitais públicos muitas vezes enfrentam dificuldades para adquirir e manter tecnologias avançadas devido à falta de financiamento adequado e à dependência de recursos governamentais limitados. E a complexidade do sistema de saúde pública, com múltiplos

níveis de governo e regulamentações, pode dificultar a integração e a interoperabilidade de sistemas de informação e tecnologias de saúde.

Apesar dessas diferenças, tanto os hospitais privados quanto os do SUS podem se beneficiar da implementação do Health 4.0. Nos hospitais privados, a tecnologia pode ajudar a melhorar a eficiência operacional e a atratividade para os pacientes, enquanto no SUS, pode contribuir para a melhoria do acesso aos serviços de saúde, redução das filas de espera e maior eficácia na gestão de recursos limitados.

Outro ponto importante é que a implementação bem-sucedida do Health 4.0 em hospitais está intrinsecamente ligada à sua complexidade e ao número de leitos disponíveis. Quanto maior a complexidade da instituição de saúde e o número de leitos, maiores são os desafios e oportunidades associados à adoção e integração de tecnologias avançadas, mas observou-se ainda que a unidade hospitalar com maior complexidade e número de leitos têm uma maior aplicabilidade de Health 4.0, embora ainda sejam implementações mais a nível administrativo devido a resistência dos colaboradores da área assistencial.

O estudo conclui que a implementação bem-sucedida do Health 4.0 requer a adoção de uma abordagem centrada no paciente e o alinhamento dos investimentos em tecnologia com a organização de metas e objetivos. Além disso, o estudo destaca a importância de um apoio focado na cultura organizacional, liderança eficaz e habilidades dos funcionários na implementação bem-sucedida de Health 4,0. Em termos de implicações para a prática, os resultados deste estudo servirão de embasamento aos prestadores de serviços de saúde, os decisores políticos e outras partes interessadas, principalmente em relação a sensibilização dos factores críticos de sucesso do Health 4.0 para implementação. Ainda, este estudo poderá orientar os prestadores de serviços de saúde a avaliar o estado atual da implementação do Health 4.0 e como as ações podem ser tomadas em cada uma das dimensões críticas, a fim de implementar com sucesso o Health 4.0.

8 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A pesquisa de Health 4.0 enfrenta várias limitações ao utilizar artigos científicos provenientes de bases de dados renomadas como Scopus, Science Direct, PubMed e Web of Science. Primeiramente, uma limitação significativa é o escopo limitado dos estudos disponíveis que não abragem completamente todos os aspectos do campo emergente de Health 4.0. Isso pode resultar em uma amostra de literatura incompleta, deixando de fora importantes contribuições para o entendimento do tema.

Além disso, as bases de dados podem estar sujeitas a viés de publicação, com uma maior probabilidade de incluir artigos que relatam resultados positivos ou significativos, enquanto estudos com resultados negativos ou não significativos podem ser sub-representados. Isso pode distorcer a percepção da eficácia e impacto real das intervenções e tecnologias associadas ao Health 4.0.

Também é importante considerar as restrições de acesso impostas por algumas bases de dados que exigem assinaturas, limitando assim a disponibilidade de determinados artigos para análise. Isso cria barreiras à inclusão de estudos relevantes na pesquisa, especialmente para pesquisadores com recursos limitados.

Em resumo, embora as bases de dados forneçam uma fonte valiosa de informações para a pesquisa de Health 4.0, é crucial estar ciente das limitações inerentes a essas plataformas e adotar uma abordagem abrangente e crítica na análise dos resultados.

Ademais, as questões burocráticas relacionadas aos Comitês de Ética em Pesquisa (CEP) de cada instituição dificultaram o recrutamento de participantes, resultando na participação de apenas três gestores do campo de inovação em saúde. Essa limitação restringiu a amplitude da discussão sobre o tema em organizações de saúde de diferentes portes, causando um déficit na representatividade e na diversidade de perspectivas abordadas na pesquisa.

9 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Para futuros estudos sobre Health 4.0, uma sugestão valiosa seria buscar estratégias para aumentar o número de respondentes e estender a pesquisa para todo o Brasil. Isso pode ser alcançado através de uma abordagem mais abrangente na seleção de participantes, incluindo gestores de saúde de diversas regiões do país e de diferentes tipos de instituições de saúde.

Além disso, a utilização de métodos de coleta de dados mais acessíveis e eficientes, como questionários online, entrevistas por vídeo ou teleconferência ajuda a superar as barreiras geográficas e facilitar a participação de gestores de saúde de diferentes partes do Brasil.

Outra sugestão seria realizar estudos longitudinais que acompanhem a implementação e os resultados das iniciativas de Health 4.0 ao longo do tempo permitindo uma análise mais abrangente e aprofundada dos impactos das tecnologias digitais na prestação de serviços de saúde e na melhoria dos resultados clínicos e operacionais.

Também é interessante explorar as percepções e experiências de outros stakeholders envolvidos na adoção e implementação de soluções de Health 4.0, como profissionais de saúde, pacientes, desenvolvedores de tecnologia e reguladores.

Em suma, expandir o alcance geográfico e o número de participantes em estudos sobre Health 4.0 no Brasil pode fornecer insights valiosos sobre as oportunidades e desafios associados à transformação digital na saúde e ajudar a informar políticas e práticas que promovam a inovação e a melhoria dos cuidados de saúde em todo o país.

REFERÊNCIAS

AIVALIOTIS, V.; TSANTIKIDOU, K.; SKLAVOS, N. IoT-Based Multi-Sensor Healthcare Architectures and a Lightweight-Based Privacy Scheme. **Sensors**, v. 22, 4269, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/s22114269. Acesso em: 20 dez. 2022.

AJMERA, P.; JAIN, V. Modelling the barriers of health 4.0–the fourth healthcare industrialrevolution in India by TISM. **Operations Management Research**, v. 12, n. 3-4, p. 129-145, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12063-019-00143-x. Acesso em: 20 dez. 2022.

AKHTAR, M. N.; HALEEM, A.; JAVAID, M. Exploring the advent of Medical 4.0: A bibliometric analysis systematic review and technology adoption insights. **Informatics and Health**, v. 1, n. 1, p. 16-28, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.infoh.2023.10.001. Acesso em: 20 dez. 2022.

AL-FUQAHA, A.; GUIZANI, M.; MOHAMMADI, M.; ALEDHARI, M.; AYYASH, M. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 17, n. 4, p. 2347–2376, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095. Acesso em: 20 jan. 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, 2020. DOI 10.1109/ACCESS.2020.3038858. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/9262939. Acesso em: 20 jan. 2023.

ÁLVAREZ-CASTAÑÓN, L. D. C.; ARROYO, P.; CONTRERAS-CRUZ M.; VILLASEÑOR-MORA, C. "Health 4.0 and its Potential Adoption and Contribution to the Mexican Health System. **Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)**, Portland, p. 1-10, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.23919/PICMET53225.2022.9882603. Acesso em: 13 fev. 2023.

BARBOZA, M.; JUNQUEIRA, F.; BOCK, E.; LEÃO, T.; DIAS, J.; DIAS, J.; SANTOS, D. dos. **Ventricular assist device in health 4.0 context**. [*S. l.*]: Springer International Publishing, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-45124-0_33. Acesso em: 13 jan. 2023.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BAUSE, M. F.; FORBES, H.; NICKPOUR, F.; SCHAEFER, D. Towards a Health4.0 Framework for the Design of Wearables: Leveraging Human-Centered and Robust Design, **Procedia CIRP**, v. 91, p. 639-645, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.222. Acesso em: 12 mar. 2023.

BAUSE, M.; ESFAHANI, B. K.; FORBES, H.; SCHAEFER, D. Design for health4.0: Exploration of a new area. **Proceedings of the International Conference on Engineering Design**, v. 1, n. 1, p. 887-896, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1017/dsi.2019.93. Acesso em: 12 mar. 2023.

BOELL, S. K.; CECEZ-KECMANOVIC, D. Em ser ‘sistemático’ em revisões de literatura. *In*: WILLCOCKS, L. P.; C. SAUER, C.; M. C. LACITY, M. C. (Ed.). **Formulando Métodos de Pesquisa para Sistemas de Informação**. [*S. l.*]: Palgrave, 2015, p. 48-78.

BOGUE, R. J.; HALL, C. H.; LA-FORGIA, G. M. **Hospital Governance in Latin America**. Washington DC: World Bank, 2007.

BRASIL. **Lei nº 8.429 de 02 de junho de 1992**. Dispõe sobre as sanções aplicáveis aos agentes públicos nos casos de enriquecimento ilícito no exercício de mandato, cargo, emprego ou função na administração pública direta, indireta ou fundacional e dá outras providências. DOU de 3.6.1992. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8429.htm. Acesso em: 2 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução 466, de 12 de dezembro de 2012**. Dispõe sobre as diretrizes e as normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos. Disponível em: https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf Acesso em: 2 out. 2021.

CÁCERES, C.; ROSÁRIO, J. M.; AMAYA, D. Aplicação de técnicas de Automação e Manufatura voltadas para um negócio baseado em serviços utilizando os conceitos de Internetdas Coisas (IoT) e Industry 4.0. Estudo de caso: Smart Hospital. **Gestão & Produção**, v. 27, n. 3, e5416, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0104-530X5416-20. Acesso em: 13 dez. 2022.

CASSETTARI, L.; PATRONE, C.; SACCARO, S. Industry 4.0 and its applications in thehealthcare sector: A sistematic review. **Proceedings of the Summer School FrancescoTurco**, n.1, p. 136-142, 2019.

CAVALLONE, M.; PALUMBO, R. Debunking the myth of industry 4.0 in health care: Insights from a systematic literature review. **TQM Journal**, v. 32, n. 4, p. 849-868, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1108/TQM-10-2019-0245. Acesso em: 13 dez. 2022.

CELDRÁN, A. H.; PÉREZ, M. G.; FÉLIX, J. G. C.; PÉREZ, G. M. Sustainable securing of Medical Cyber-Physical Systems for the healthcare of the future. **Sustainable Computing:Informatics and Systems**, v. 19, p. 138-146, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.suscom.2018.02.010. Acesso em: 13 jan. 2023.

CERVO, A. L. BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CHEN, B.; BAUR, A.; STEPNIAK, M.; WANG, J. **Finding the Future of Care Provision**: The Role of Smart Hospitals. Sydney: McKinsey & Company, 2019. Disponível em: https://www.mckinsey.com/industries/healthcare-systems-and-services/ourinsights/finding-the-future-of-care-provision-the-role-of-smart-hospitals. Acesso em: 30 jan. 2023.

CHUTE, C.; FRENCH, T. Introducing care4.0: Anintegrated careparadigmbuilt on industry 4.0 capabilities. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 12, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijerph16122247. Acesso em: 13 jan. 2023.

CIASULLO, M. V.; ORCIUOLI, F. F.; DOUGLAS, A.; PALUMBO, R. Putting Health 4.0 at the service of Society 5.0: Exploratory insights from a pilot study. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 80, 101163, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101163. Acesso em: 20 abr. 2022.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

ĆWIKLICKI, M.; KLICH, J.; CHEN, J. The adaptiveness of the healthcare system to thefourth industrial revolution: A preliminary analysis. **Futures**, 122, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.futures.2020.102602. Acesso em: 13 jan. 2023.

DAL MAS, F.; MASSARO, M.; RIPPA, P.; SEGUNDO, G. The challenges of digital transformation in healthcare: An interdisciplinary literature review, framework, and future research agenda. **Technovation**, v. 123, 102716, 2023. Doi: 10.1016/j.technovation.2023.102716. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166497223000275?via%3Dihub. Acesso em: 20 jan. 2024.

DAL MAS, F.; PICCOLO, D.; EDVINSSON, L.; SKRAP, M.; D'AURIA, S. Estratégia inovação, gestão do capital intelectual e o futuro da saúde. O caso do kiron por nucleodo. *In*: MATOS, F.; VAIRINHOS, V.; SALAVISA, I.; EDVINSSON, L.; MASSARO, M. (org.). **Knowledge, People, and Digital Transformation**: Approaches for a Sustainable Future. Springer: Cham, 2020. p. 119–131.

DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. **Educar em Revista**, n. 24, p. 213-225, 2004.

FERRER-ROCA, O.; TOUS, R.; MILITO, R. Big and small data: The fog. **2014 International Conference on Identification, Information and Knowledge in the Internetof Things**, IIKI2014, p.260-261, 2014. doi:10.1109/IIKI.2014.60. Disponível em: https://doi.org/10.1109/IIKI.2014.60. Acesso em: 13 jan. 2023.

FLÓREZ, C. A. C.; ROSARIO, J. M.; HURTADO, D. A. Application of Automation and Manufacture techniques oriented to a service-based business using the Internet of Things (IoT) and Industry 4.0 concepts. Case study: Smart Hospital. **Gest. Prod.**, v. 27, n. 3, e5416, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0104-530x5416-20. Acesso em: 13 jan. 2022.

GANGL, C.; KRYCHTIUK, K. Saúde digital de alta tecnologia ou alto toque? **Viena Med Wochenschr**, v. 173, n. 5-6, p. 115-124, abr. 2023. doi: 10.1007/s10354-022-00991-6. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10354-022-00991-6. Acesso em: 20 jun. 2023.

GARDAS, B. B. Organizational hindrances to healthcare 4.0 adoption: An multi-criteria decision analysis framework. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 29, n. 1-2, p. 186-195, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1002/mcda.1766. Acesso em: 23 fev. 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

GRIGORIADIS, N.; BAKIRTZIS, C.; POLITIS, C.; DANAS, K.; THUEMMLER, C.; LIM, A. K. A health 4.0 based approach towards the management of multiple sclerosis. Health 4.0:

How virtualization and big data are revolutionizing healthcare. *In*: THUEMMLER, C.; BAI, C. (Ed.). **Health 4.0**: How Virtualization and Big Data are Revolutionizing Healthcare. [*S. l.*]: Springer International Publishing Switzerland, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-47617-9_10. Acesso em: 17 dez. 2022.

GRIGORIADIS, N.; BAKIRTZIS, C.; POLITIS, C.; DANAS, K.; THUEMMLER, C. Health 4.0: The case of multiple sclerosis. In: **2016 IEEE 18th International Conference one-HealthNetworking, Applications and Services**, Healthcom, 2016. [*S. l.*]: [s. n.], 2016.doi:10.1109/HealthCom.2016.7749437. Disponível em: https://doi.org/10.1109/HealthCom.2016.7749437. Acesso em: 17 maio 2022.

HERRMANN, M.; BOEHME, P.; MONDRITZKI, T.; EHLERS, J. P.; KAVADIAS, S.; TRUEBEL, H. Digital transformation and disruption of the health care sector: Internet-based observational study. **Journal of Medical Internet Research**, v. 20, e104, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102716. Acesso em: 17 maio 2022.

INUWA, H. M.; RAJA, A. R.; KUMAR, A.; SINGH, B.; SINGH, S. Status of Industry 4.0 applications in healthcare 4.0 and Pharma 4.0. **Materials Today: Proceedings**, v. 62, Part 6, p. 3593-3598, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.409. Acesso em: 17 maio 2022.

JAGADISH, B.; MISHRA, P. K.; KIRAN, M. P. R. S.; RAJALAKSHMI, P. Areal-time health 4.0 framework with novel feature extraction and classification for brain-controlled iot-enabled environments. **Neural Computation**, v. 31, n. 10, p. 1915-1944. Disponível em: https://doi.org/10.1162/neco_a_01223. Acesso em: 13 jan. 2023.

JAYARAMAN, P. P.; FORKAN, A. R. M.; MORSHED, A.; HAGHIGHI, P. D.; KANG, Y.-B. Healthcare 4.0: A review of frontiers in digital health. **Received: 20. Wire**, v. 10, n. 2, e1350, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1002/widm.1350. Acesso em: 13 jan. 2023.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2020.

LIM, A. K. Virtualization of health care: The role of capacity building. Health 4.0: Howvirtualization and big data are revolutionizing. *In*: THUEMMLER, C.; BAI, C. (Ed.). **Health 4.0**: How Virtualization and BigData are Revolutionizing Healthcare. [*S. l.*]: Springer International Publishing Switzerland, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-47617-9_10. Acesso em: 17 dez. 2022.

LIN, T. T. C.; BAUTISTA, J. R.; CORE, R. Idosos e celulares: uma investigação qualitativa da adoção de mHealth entre idosos de Cingapura. **Informática para Saúde e Assistência Social**, v. 45, n. 4, p. 360-373, 2020. Doi:10.1080/17538157.2020.1755974. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538157.2020.1755974. Acesso em: 13 fev. 2023.

LIU, Z.; REN, L.; XIAO, C.; ZHANG, K.; DEMIAN, P. Virtual Reality Aided Therapy towards Health 4.0: A Two-Decade Bibliometric Analysis. **Int. J. Environ. Res. Public Health 2022**, v. 19, 1525, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijerph19031525. Acesso em: 12 jan. 2023.

LOEZA-MEJÍA, C. I.; SÁNCHEZ-DELACRUZ, E.; POZOS-PARRA, P.; LANDERO-HERNANDÉZ, L.-A. The potential and challenges of Health 4.0 to face COVID-19 pandemic: a rapid review. **Health Technol.**, v. 11, p. 1321-1330, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12553-021-00598-8. Acesso em: 20 nov. 2022.

LOPES, J. M.; MARRONE, P.; PEREIRA, S. L.; DIAS, E. M. Health 4.0: Challenges for an orderly and inclusive innovation. **IEEE Technology and Society Magazine**, v. 38, n. 3, p.17-19, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1109/MTS.2019.2930265. Acesso em: 17 dez. 2022.

MAINI, E.; MAINI, B.; VENKATESWARLU, B.; MARWAHA, D. Health 4.0-Can India Make it? **International Conference System Modeling and Advancement in Research Trends**., p. 459-462, 2020. Disponível em: 10.1109/SMART50582.2020.9336796. Acesso em: 20 nov. 2022.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. Porto Alegre: Bookman, 2012.

MALTERUD, K. Qualitative research: standards, challenges, and guidelines. **The Lancet**, v. 358, n. 9280, p. 483-488, 2001.

MARESOVA, P.; KUCA, K.; HAJEK, L.; KLIMOVA, B.; MOHLESKA, H.; TOMASKOVA, H.; AUGUSTYNEK, M.; CERNY, M.; HONEGR, J.; JUN, D. Selected changes in the medical device market under the industry 4.0 concept. Knowledge for marketuse 2017: people in economics - decisions, behavior and normative models. **International Scientific Conference Proceedings**. Olomouc: Faculty of Arts, Palacký University, 2017.

MINAYO, M. C. de S. Amostragem e saturação em pesquisa qualitativa: consensos e controvérsias. **Revista Pesquisa Qualitativa**, São Paulo, v. 5, n. 7, p. 1-12, 2017. Disponível em: https://editora.sepq.org.br/rpq/article/view/82/59. Acesso em: 5 ago. 2021.

MOHAMED, N.; AL-JAROODI, J. The impact of industry 4.0 on healthcare system engineering. **SysCon 2019 - 13th Annual International Systems Conference, Proceedings**. [*S. l.*]: [s. n.], 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1109/SYSCON.2019.8836715. Acesso em: 13 out. 2023.

MOREIRA, A.; SANTOS, M. F. MultichannelInteraction for Healthcare Intelligent Decision Support. **Procedia Computer Science**, 170, 1053-1058, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.074. Acesso em: 29 abr. 2022.

MORRIS, L. S. Hospitals and land: the value of good landscape for the convalescente. **Landscape Architecture Magazine**, v. 37, n. 1, p. 6-11, out. 1946. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/44660197. Acesso em: 17 jan. 2021.

NGUYEN, D. H.; LEEUW, S. de; DULLAERT, W. E. H. Consumer Behaviour and OrderFulfilment in Online Retailing: A Systematic Review. **International Journal of Management Reviews**, v. 20, p.255-276, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1111/ijmr.12129. Acesso em: 17 jan. 2021.

PAULIN, A. Data traffic forecast in health 4.0. Health 4.0: How virtualization and big dataare revolutionizing healthcare. *In*: THUEMMLER, C.; BAI, C. (ed.). **Health 4.0**: HowVirtualization and Big Data are Revolutionizing Healthcare. [*S. l.*]: Springer InternationalPublishingSwitzerland, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-47617-9_3. Acesso em: 17 jan. 2021.

PEEK, S. T. M.; LUIJKX, K. G.; RIJNAARD, M. D.; NIEBOER, M. E.; VAN DER VOORT, C. S.; AARTS, S. Older Adults' Reasons for Using Technology while Aging in Place. **Gerontology**, v. 62, n. 2, p. 226-237, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1159/000439212. Acesso em: 17 jan. 2021.

QIU, H.; QIU, M.; LIU, M.; MEMMI, G. Secure Health Data Sharing for Medical Cyber-Physical Systems for the Healthcare 4.0. **J Biomed Health Inform**., v. 24, n. 9, p. 2499-2505, set.2020. Disponível em: https://doi.org/10.1109/JBHI.2020.297346. Acesso em: 13 dez. 2022.

RANA, B.; RATHORE, S. S. Industry 4.0 – Applications, challenges and opportunities in industries and academia: A review. **Materials Today: Proceedings**, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.12.162. Acesso em: 17 maio 2022.

RATHORE, M. M.; AHMAD, A.; PAUL, A.; RHO, S. Urban planning and building smart cities based on the Internet of Things using Big Data analytics. **Computer Networks**, v. 101, p. 63-80, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.023. Acesso em: 20 nov. 2022.

REDDY, D. S.; BHARATH, R.; RAJALAKSHMI, P. A Novel Computer-Aided Diagnosis Framework Using Deep Learning for Classification of Fatty Liver Disease in Ultrasound Imaging. **20th International Conference on e-Health Networking**, Applications and Services (Healthcom), 2018. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/8531118. Acesso em: 20 nov. 2022.

RODRIGUES, A. C. de O. **Adoção dos princípios lean na saúde**: estudo de caso em um Hospital Geral. 2015. Disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/13664/1/2015_AnaCristinadeOliveiraRodrigues.pdf. Acesso em: 12 jan. 2021.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de pesquisa.** 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANNINO, G.; DE FALCO, I.; DE PIETRO, G. A Continuous Noninvasive Arterial Pressure (CNAP) Approach for Health 4.0 Systems. **IEEE transactions on industrial informatics**, v. 15, n. 1, p. 498-506, 2019.

SCHIAVONI, R.; MONTI, G.; PIUZZI, E.; TARRICONE, L.; TEDESCO, A.; DE BENEDETTO, E.; CATALDO, A. Feasibility of a wearable reflectometric system for sensingskinhydration. **Sensors** (Switzerland), v. 20, n. 10, p. 1-15, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/s20102833. Acesso em: 7 mar. 2022.

SIBANDA, K.; NDAYIZIGAMIYE, P.; TWINOMURINZI, H. nIndustry 4.0 Technologies in Maternal Healthcare: A Systematic Review. **IFAC-PapersOnLine**, v. 55, n. 10, p. 2407-

2412, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.069. Acesso em: 13 jan. 2023.

SILVEIRA, F. da; RODEGHIERO NETO, I.; SANTOS, B. M. dos; GASPARETTO, R. M. de O.; MACHADO, F. M.; RODRIGUES, P. C. C.; AMARAL, F. G. Industry 4.0 perspectives in the health sector in Brazil. **Independent Journal of Management & Production**, v. 12, n. 1, 2021. Disponível em: http://www.ijmp.jor.br/index.php/ijmp/article/view/1289. Acesso em: 13 out. 2022.

SILVEIRA, F. da; RODEHIERO NETO, I.; MACHADO, F. M.; SILVA, M. P. da; AMARAL, F. G. Analysis of industry 4.0 technologies applied to the health sector: Systematic literature review. *In*: AREZES, P. M. *et al*. (org.). **Occupational and Environmental Safety and Health, Studies in Systems, Decision and Control 202**. [*S. l.*]: Springer Nature Switzerland, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14730-3_73. Acesso em: 13 maio 2022.

SINGH, N.; JAIN, M.; KAMAL, M. M.; BODHI, R. GUPTA, B. Technological paradoxes and artificial intelligence implementation in healthcare. An application of paradox theory. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 198, 122967, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122967. Acesso em: 20 fev. 2024.

SISODIA, A.; JINDAL R. A meta-analysis of industry 4.0 design principles applied in the health sector. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, 104, 104377, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.104377. Acesso em: 14 jan. 2022.

SOLER, C. Health 4.0 oriented to non-surgical treatment. *In*: OLLERO, A. *et al*. (ed.). **Robot 2017**: Third Iberian Robotics Conference, Advances in IntelligentSystems and Computing 694. [*S. l.*]: Springer International Publishing, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-70836-2_42. Acesso em: 14 fev. 2022.

SONY, M.; ANTONY, J.; TORTORELLA, G. L. Critical Success Factors for Successful implementation of Health care 4.0: A Literature Review and Future Research Agenda. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 20, n. 5, 4669, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijerph20054669. Acesso em: 13 nov. 2023.

SORDAN, J. E.; RODRIGUES, Y. T.; OPRIME, P. C.; PIMENTA, M. L. Uma análise bibliométrica da literatura sobreHealthcare4.0 na base Scopus (2011 a2019).In: **III SENGI - Simpósio de Engenharia, Gestão e Inovação**. [*S. l.*]: [s. n.], ago. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-70836-2_42. Acesso em: 14 fev. 2022.

STEIL, J.; FINAS, D.; BECK, S.; MANZESCHKE, A.; HAUX, R. Sistemas robóticos em operação teatros: novas formas de interação equipe-máquina em saúde. **Métodos Inf. Med.**, v. 58, n. 1, E14-E25, 2019.

SUDANA, D.; EMANUEL, A. W. R. How big data in health 4.0 helps prevent the spread oftuberculosis. **2019 2nd International Conference on Bioinformatics, Biotechnology and Biomedical Engineering-Bioinformatics and Biomedical Engineering, BioMIC2019**. Jacarta, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1109/BioMIC48413.2019.9034696. Acesso em: 14 fev. 2022.

TASCA, J. E.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; ALVES, M. B. M. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. **Journal of european Industrial Training**, v. 34 n. 7, p. 631-655, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1108/03090591011070761. Acesso em: 15 mar. 2022.

THUEMMLER, C.; BAI, C. Health 4.0: Application of industry 4.0 design principles infuture asthma management. Health 4.0: How virtualization and big data are revolutionizing health care. *In*: THUEMMLER, C.; BAI, C. (ed.). **Health 4.0**: How Virtualization and BigData are Revolutionizing Healthcare. [*S. l.*]: Springer International Publishing Switzerland, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-47617-9_2. Acesso em: 17 mar. 2022.

TING, D. S. W.; CARIN, L.; DZAU, V.; TY, W. Tecnologia digital e COVID-19. **Nat. Med.**, n. 4, p. 459-461, 2020.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, v. 14, p. 207-222, 2003.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

VAZQUEZ, A. G. *et al*. E-learning cirúrgico guiado por imagem na era pandêmica pós-COVID-19: o que vem a seguir? **J. Laparoendosc. Adv. Cirurg. Tecnologia**, v. 30, n. 9, p. 993-997, 2020.

VRONTIS, D.; CHRISTOFI, M. R&D internationalization and innovation: A systematic review, integrative framework and future research directions. **Journal of Business Research**, 2019.Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.03.031. Acesso em: 17 abr. 2022.

WEERASINGHE, W. P. T. D.; VIDANAGAMACHCHI, K.; NANAYAKKARA, L. D. J. F. Employee competencies development framework for industry 4.0 adaptation in the healthcaresector. **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, Dubai, 2020.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs Report 2016.** [S. l.]: World Economic Forum, jan. 2016. Disponível em: https:// https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf. Acesso em: 10 mar. 2023.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs Report 2020.** [S. l.]: World Economic Forum,out. 2020. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf. Acesso em: 20 mar. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global diffusion of eHealth**. [*S. l.*]: [s. n.], 2016. Disponível em: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/252529/9789241511780eng.pdf?sequence=1#page=16. Acesso em: 10 fev. 2021.

XU, Y.; ZHAO, X.; XU, Y. Design of real-time remote monitoring system for environmental parameters. *In*: 2020 IEEE 3rd International Conference on Information Systems and Computer Aided Education (ICISCAE). **3 rd.**, p. 436-440, 2020.

ZANELLA. L. C. H. **Metodologia da pesquisa**. 2. ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração da UFSC, 2013. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1CFs2796OimO6GQ1WIXwYw2V2IopirWnn/view. Acesso em: 5 maio 2021.

ZEB, K.; SALEEM, K.; ALMUHTADI, J.; THUEMMLER, C. U-prove basedsecurity framework for mobile device authentication in eHealth networks. **International Conferenceon e-Health Networking, Applications and Services, Healthcom**, Munique (Alemanha), p. 1-6, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1109/HealthCom.2016.7749518. Acesso em: 17 ago. 2022.

ZHANG, D.; LIU, Z.; CHEN, C.; WEI, L.; TANG, W. Development of real-time monitoring system of H2S concentration based on UV fluorescence method**. Journal of Physics: Conference Series**, v. 1178, n. 1, 012042, 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS
MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Prezado(a) participante,

"Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa **HEALTH 4.0 – UMA ANÁLISE DO PANORAMA DE APLICAÇÃO EM HOSPITAIS DO RIO GRANDE DO SUL**, desenvolvida pela discente Roberta Rodrigues Coelho do Curso de Mestrado Acadêmico em Administração da Universidade Federal de Rio Grande (FURG) sob a responsabilidade do Professor Dr. Samuel Vinícius Bonato (FURG).

OBJETIVO DO ESTUDO: O objetivo deste projeto é analisar como os hospitais da região sul do país estão desenvolvendo a cadeia de valor do Health 4.0, ou seja, quais as principais aplicações do Health 4.0 em hospitais do estado do Rio Grande do Sul. E quais as barreiras e facilidades identificadas para a implantação.

Assim, gostaria de convidá-lo a participar desta pesquisa, por meio de uma entrevista, conduzida por um questionário, que leva em média 30 minutos para responder.

GRAVAÇÃO DE ÁUDIO: Solicito a gravação da entrevista em áudio exclusivamente para a transcrição textual das informações para a pesquisadora e logo após a conclusão da dissertação será apagado. Diante do exposto, você permite a gravação? SIM (....) NÃO (....)

Assinando este Termo de Consentimento estou ciente de que:

- A resposta a este instrumento não causa risco à minha saúde física e mental, não sendo provável, também, que cause desconforto emocional e, em caso de algum desconforto ao responder alguma pergunta, a sua participação pode ser interrompida e finalizada.
- Participar desta pesquisa não há qualquer despesa para mim nem compensação financeira para você; direito a ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa; direito a indenização pelo dano decorrido da pesquisa nos termos da lei.
- Meus dados pessoais serão mantidos em sigilo e os resultados gerais obtidos na pesquisa serão utilizados apenas para alcançar os objetivos do trabalho, expostos acima, incluída sua publicação na literatura científica especializada; garantia aos participantes do acesso aos resultados da pesquisa, conforme Resolução CNS n° 510, de 2016, Art.3°, inciso IV e Art. 17°, inciso VI.
- Os riscos da pesquisa aos participantes são mínimos, como no caso de desconforto emocional, caso em que os pesquisadores garantirão assistência imediata, integral e gratuita.
- Os benefícios da pesquisa estão voltados para a possibilidade de os participantes refletirem e ampliarem seus conhecimentos sobre questões do Health 4.0, tais como: nível de conhecimento, reconhecimento das principais implementações do Health 4.0, bem como as barreiras e facilidades do processo de implantação em sua instituição.
- Ao final, você oportunizará que conheçamos diferentes aspectos e percepções do ponto de vista do gestor hospitalar acerca da cadeia de valor do Health 4.0.
- Em observância ao estabelecido pelas normas éticas nacionais que regulam as pesquisas envolvendo seres humanos, posso garantir-lhe: liberdade de adesão ou recusa da participação na pesquisa.
- Estou livre para interromper a qualquer momento minha participação na pesquisa, o que não me causará nenhum prejuízo; direito a não responder alguma das perguntas elencadas; sigilo das informações que forem dadas durante a pesquisa.
- Cabe, ainda, esclarecer, que as informações levantadas nesta investigação serão guardadas em local de acesso somente aos pesquisadores e serão utilizadas para os fins deste estudo.
- Poderei entrar em contato com a responsável pelo estudo, sempre que julgar necessário pelo telefone número (53) 999798556 ou roberta_rcoelho@hotmail.com

- Este Termo de Consentimento é feito em duas vias, sendo que uma permanecerá com o pesquisador responsável e a outra com o entrevistado.
- Atesto recebimento de uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme recomendações do CEP FURG.
- CEP/FURG: segundo andar do prédio das Pró-reitorias, Avenida Itália, km 8, bairro carreiros. Telefone para contato: (53) 3237-3013. E-mail para contato: cep@furg.br O CEP/FURG é um comitê responsável pela análise e aprovação ética de todas as pesquisas desenvolvidas com seres humanos, assegurando o respeito pela identidade, integridade, dignidade, prática da solidariedade e justiça social.
- Quaisquer dúvidas relativas à pesquisa poderão ser esclarecidas pelos pesquisadores ou pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da FURG.

Eu,.....
RG....., CPF ....., dou meu consentimento livre e esclarecido para participar como voluntário do projeto de pesquisa, sob a responsabilidade do(s) pesquisador(es) **Professor Dr. Samuel Vinícus Bonato** e da mestranda **Roberta Rodrigues Coelho** do Curso de Mestrado Acadêmico em Administração da Universidade Federal de Rio Grande (FURG).

_____, ___ de _____ de 2024.

_____ _____

Roberta Rodrigues Coelho Prof. Dr. Samuel V. Bonato

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO GESTOR DE ATENÇÃO À SAÚDE DO HOSPITAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS
MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO

ROTEIRO PARA A COLETA DE DADOS SOBRE HEALTH 4.0 NO SETOR HOSPITALAR GAÚCHO

Dados Gerais
1. Ano de fundação:
2. Hospital: ( ) público ( ) privado
3. Número total de funcionários sejam eles fixos/concursados ou terceirizados:

Dados do Entrevistado
4. Formação:
5. Nível graduação:
6. Tempo no Cargo:

1° explicar o Health 4.0
7. Dentro da sua instituição há aplicações do Health 4.0? ( ) sim ( ) não
8. Se sim, quais?
9. Os funcionários receberam alguma capacitação sobre Health 4.0?
10. Quais?
11. Utilizam tecnologias emergentes: ( ) sim ( ) não
12. Quais as tecnologias predominantes?
13. Utilizam Computação em Nuvem? ( ) sim ( ) não
14. Quais serviços utilizam esse recurso?
15. Utilizam Internet das Coisas? ( ) sim ( ) não
16. Quais serviços utilizam esse recurso?
17. Utilizam Inteligência Artificial? ( ) sim ( ) não
18. Quais serviços utilizam esse recurso?
19. Utilizam Realidade Virtual e Aumentada? ( ) sim ( ) não
20. Quais serviços utilizam esse recurso?
21. Utilizam Big Data? ( ) sim ( ) não
22. Quais serviços utilizam esse recurso?
23. Utilizam Robótica? ( ) sim ( ) não
24. Quais serviços utilizam esse recurso?
25. Telemedicina: ( ) sim ( ) não
26. Quais serviços utilizam esse recurso?
27. Quais profissionais trabalham diretamente com esse recurso?
28. Dispositivos vestíveis: ( ) sim ( ) não
29. Quais serviços utilizam esse recurso?
30. Quais profissionais trabalham diretamente com esse recurso?
31. Monitoramento em tempo real de pacientes: ( ) sim ( ) não
32. Quais serviços utilizam esse recurso?

33. Quais profissionais trabalham diretamente com esse recurso?
34. Medicina realística: ( ) sim ( ) não
35. Quais serviços utilizam esse recurso?
36. Quais profissionais trabalham diretamente com esse recurso?
37. Quais dificuldades você identifica na implantação do Health 4.0?
38. Houve resistência da equipe para implantação? ( ) sim ( ) não
39. Se sim, quais serviços? Porquê?
40. Quais facilidades você identifica na implantação do Health 4.0?
41. Você identifica algum risco quanto à segurança e privacidade de dados?
42. Você considera a sua instituição um Hospital Inteligente?
43. Porquê?