

Sensores e cuidados de saúde 5.0: mudança transformadora nos cuidados virtuais através de tecnologias digitais emergentes de saúde

Texto adaptado e traduzido por Eduardo Dati Dias e Jean Orlando, a partir do artigo original de acesso aberto: Mbunge E, Muchemwa B, Batani J. Sensors and healthcare 5.0: transformative shift in virtual care through emerging digital health technologies. Global Health Journal. 2021 Dec 1;5(4):169-77. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.glohj.2021.11.008> para a Semana de Conhecimentos Gerais UNICESUMAR 2024.

Resumo

As tecnologias digitais emergentes continuam a evoluir, criando oportunidades sem precedentes nos sistemas de saúde a nível mundial para melhorar a prestação de serviços de saúde. Houve progresso significativo na área da saúde. No entanto, a falta de reconhecimento emotivo, aliada à escassez de aplicações de saúde personalizadas e difundidas e de dispositivos inteligentes emotivos, exige a integração de sistemas de saúde com sensores inteligentes através de tecnologias emergentes. Embora tenha havido progressos significativos nos cuidados de saúde inteligentes e conectados, são necessárias mais inovações em investigação, divulgação e tecnologias para desagregar novas oportunidades e avançar para os cuidados de saúde 5.0. Os cuidados de saúde estão no início de uma mudança de paradigma para alcançar a nova era de controlo e detecção inteligentes de doenças, cuidados virtuais, gestão inteligente da saúde, monitorização inteligente e tomada de decisões. Portanto, este estudo discute os papéis e capacidades dos sensores, suas capacidades e outras tecnologias emergentes, como nanotecnologia, tecnologias 5G, tecnologia drone, blockchain, robótica, big data, internet das coisas, inteligência artificial e computação em nuvem. Healthcare 5.0 fornece serviços de saúde, incluindo monitoramento remoto de pacientes, rastreamento e clínicas virtuais, telemedicina emotiva, vida assistida ambiental, autogestão inteligente, monitoramento e controle de bem-estar, lembretes de tratamento inteligentes, conformidade e adesão e cuidados de saúde personalizados e conectados. No entanto, a construção de resiliência e de cuidados de saúde 5.0 robustos não está imune a desafios. Os desafios organizacionais, as barreiras tecnológicas e infra estruturais, a falta de quadros jurídicos e regulamentares e de políticas de e-saúde, as percepções individuais, o desalinhamento com a estratégia dos hospitais, a falta de financiamento, as barreiras religiosas e culturais são identificadas como potenciais barreiras à implementação bem sucedida dos cuidados de saúde 5.0. Portanto, há necessidade de construir sistemas de saúde resilientes e baseados em tecnologia. Para alcançar este objectivo, é necessário expandir a infra-estrutura tecnológica, fornecer apoio orçamental baseado em modelos de negócios sustentáveis, desenvolver políticas jurídicas e de saúde electrónica adequadas, normalizar e sincronizar protocolos, melhorar o envolvimento e o envolvimento das partes interessadas e estabelecer redes privadas e públicas parcerias e investimentos.

1. Introdução

Uma mudança de paradigma nas tecnologias digitais, dos cuidados de saúde tradicionais para os cuidados de saúde inteligentes, deverá revolucionar os sistemas de saúde a nível mundial. Os cuidados de saúde inteligentes incorporam tecnologias digitais para navegar facilmente pelas informações de saúde, ligar indivíduos, recursos e organizações e, em seguida, lidar e reagir de forma eficaz e inteligente às exigências do ambiente de saúde. Os cuidados de saúde inteligentes ligam diferentes partes interessadas no sistema de saúde, tais como pacientes, profissionais de saúde, organizações e reguladores. Isto é conseguido com tecnologias emergentes, incluindo inteligência artificial (IA), internet das coisas (IoT), computação em nevoeiro, computação em nuvem, blockchain, sensores, tecnologia 5G e internet das coisas médicas

(IoMT), que continuam a evoluir. Estas tecnologias desempenham um papel importante no desenvolvimento do conceito inovador emergente conhecido como cuidados de saúde 5.0. Semelhante à indústria automobilística, o sistema de saúde passou por gerações, desde o sistema de saúde 1.0 até o sistema de saúde inteligente, com a revolução em vários setores de apoio. Por exemplo, de 1970 a 1990, muitos sistemas de saúde utilizaram sistemas baseados em papel devido à falta de tecnologias digitais. Isso é conhecido como a era da saúde 1.0, onde pacientes e profissionais de saúde, por meio de consultas, testes e diagnósticos, capturam manualmente dados de saúde e prescrições médicas no papel. Este modelo tem prevalecido na prática de saúde há muitos anos. No entanto, os registros dos pacientes foram sujeitos a desgaste ao longo do tempo, e a privacidade e a confidencialidade dos pacientes estavam em alto risco. Para garantir uma melhor privacidade e segurança dos registros de saúde e, ao mesmo tempo, melhorar a manutenção e a escalabilidade, o sistema de saúde 2.0, conhecido como e-Health, foi introduzido de 1991 a 2005. A gênese da tecnologia digital transformou vários sistemas de saúde e melhorou a eficiência na captura, acessibilidade e partilha de dados.⁶ Nesta geração, novos dispositivos e equipamentos médicos avançados foram desenvolvidos juntamente com grandes desenvolvimentos na indústria transformadora. Equipamentos de teste de imagem digital, como ressonância magnética e tomografia computadorizada, dispositivos de rastreamento digital, como oxímetros de pulso e linhas arteriais, e equipamentos cirúrgicos e de suporte à vida, como o robô da Vinci e drenos torácicos, foram desenvolvidos na área da saúde 2.0. Com o avanço tecnológico na área médica, a tele saúde e os registros eletrônicos de saúde foram adicionados ao sistema de saúde 2.0 entre 2006 e 2015, o que posteriormente levou à introdução dos cuidados de saúde 3.0. Os registros eletrônicos de saúde ajudam os profissionais de saúde a carregar, compartilhar e acessar dados de saúde na nuvem a qualquer momento. No entanto, os servidores em nuvem eram propensos a ataques ativos de segurança por parte de entidades maliciosas para obter acesso a dados críticos dos pacientes, que provavelmente foram vendidos ou utilizados para fins pessoais. Para aliviar esse desafio, a IA e as tecnologias digitais emergentes, incluindo IoT, computação em neblina, tecnologias móveis, blockchain, aprendizado de máquina, realidade virtual e realidade aumentada, robótica, análise de big data e dispositivos inteligentes de alta tecnologia, foram adicionadas aos cuidados de saúde 3.0, desde 2016 até o momento. Essa transição é conhecida como saúde 4.0. O objetivo final do Healthcare 4.0 é fornecer serviços de saúde centrados no paciente através de cuidados inteligentes, cuidados conectados e medicina personalizada. Notavelmente, as indústrias de apoio à saúde adotaram a indústria 4.0, movendo-se agora em direção à indústria 5.0. Esta revolução continua a redefinir a forma como as empresas modernas de alta tecnologia digital melhoram as operações comerciais e aumentam a eficiência em toda a cadeia de valor. Tal como a indústria, a prestação de cuidados de saúde está no início de uma mudança de paradigma para alcançar a nova era dos cuidados de saúde 5.0. Esta é uma era complexa em muitos aspectos, incluindo controle e detecção inteligentes de doenças, cuidados virtuais, gestão inteligente da saúde, monitorização inteligente, tomada de decisões e ciência médica. No entanto, a falta de reconhecimento emotivo, aliada à escassez de aplicações de saúde personalizadas e difundidas e de dispositivos inteligentes emotivos, exige a integração de sensores inteligentes nos cuidados de saúde 5.0.

Notavelmente, as tecnologias emergentes de saúde digital estão sobrecarregadas com a conformidade regulamentar. Consequentemente, muitos sistemas de saúde, especialmente nos países em desenvolvimento, dependem em grande parte de processos baseados em papel para capturar, processar e gerir dados de saúde. Está a tornar-se cada vez mais difícil aceder, armazenar, processar e analisar enormes volumes de dados de saúde armazenados em sistemas de saúde baseados em papel, especialmente durante pandemias como a doença do coronavírus 2019 (COVID-19). O surto de COVID-19 surgiu como uma explosão estelar e apresentou desafios e oportunidades sem precedentes para transformar os sistemas de saúde a nível mundial por exemplo, a necessidade de prestar cuidados de saúde independentemente do número crescente de casos confirmados e mortes por COVID-19. Além disso, entre outras medidas da COVID-19, o distanciamento social, o confinamento, o uso de máscaras faciais, as restrições de viagem e a permanência em casa são medidas rigorosas que desencorajam

parcialmente, se não completamente, a prestação de cuidados presenciais. Nestas circunstâncias, a adoção de tecnologias digitais emergentes para facilitar a prestação de serviços de saúde virtuais tornou-se absolutamente inevitável. Portanto, há necessidade de incorporar sensores na área da saúde, especialmente na área da saúde 5.0, para apoiar a saúde virtual. Embora tenham sido feitos progressos significativos nos cuidados de saúde inteligentes e conectados, são necessárias mais inovações em investigação, divulgação e tecnologias para desagregar novas oportunidades e avançar em direção aos cuidados de saúde 5.0. Neste artigo, discutimos as funções e capacidades dos sensores, suas capacidades e outras tecnologias emergentes envolvidas na transição para a saúde 5.0, e também apresentamos serviços de saúde virtuais que podem ser oferecidos por meio de sensores e da saúde 5.0. Também são apresentadas barreiras à implementação, adoção e utilização eficazes dos cuidados de saúde 5.0.

2. A transição dos cuidados de saúde 4.0 para os cuidados de saúde 5.0 e capacidades significativas dos sensores nos cuidados de saúde 5.0

O subsequente ganho no impulso das tecnologias digitais e das tecnologias médicas levou ao desenvolvimento de sistemas avançados de imagens médicas e de rastreamento e de cuidados de saúde 4.0. Países como os Estados Unidos, a Alemanha e o Reino Unido transformaram os seus sistemas de saúde num sistema baseado em valores para melhorar os serviços de saúde centrados no paciente através de cuidados inteligentes, cuidados conectados e medicina personalizada.⁷ Healthcare 4.0 incorpora os princípios e aplicações da indústria 4.0 na área da saúde, permitindo a personalização em tempo real do atendimento a pacientes e profissionais. Como tal, os cuidados de saúde 4.0 apoiam o desempenho resiliente dos sistemas de saúde, o que se refere à sua capacidade adaptativa para lidar com a complexidade. As tecnologias digitais inovadoras adotadas na saúde 4.0 promovem a personalização em tempo real dos cuidados de saúde prestados aos pacientes e a comunicação entre os atores da cadeia de valor da saúde e a disseminação de informações relacionadas com a saúde; coleta de dados sobre processos, pacientes, equipamentos e materiais; processar e transformar dados de saúde em informação; e digitalização e automação de processos de saúde. Nesse contexto, o processo de prestação de cuidados de saúde torna-se um sistema ciberfísico equipado com IoT, identificação por radiofrequência, dispositivos médicos vestíveis inteligentes, sensores inteligentes e robôs médicos, que são integrados com computação em nuvem, big data, IA e decisões. técnicas de apoio para alcançar uma prestação de cuidados de saúde inteligente e interligada.⁴ No entanto, a falta de reconhecimento emotivo, aliada à escassez de aplicações de saúde personalizadas e difundidas e de dispositivos inteligentes emotivos, exige a integração de sensores inteligentes nos cuidados de saúde 5.0.

Os sensores são usados em todo o mundo para melhorar o transporte, o tratamento médico, a nanotecnologia, os dispositivos móveis, a realidade virtual e aumentada e a IA. As tecnologias de sensores melhoraram tremendamente os cuidados de saúde desde o seu advento. Sensores têm sido amplamente utilizados para capturar e traduzir dados de saúde em impulsos elétricos observáveis. Dados de saúde, como frequência cardíaca, nível de açúcar no sangue, taxa de estresse, taxa de saturação de oxigênio, temperatura, peso e pressão arterial, geralmente são capturados com dispositivos sensoriais inteligentes e transmitidos como pulsos elétricos para processamento posterior. Os sensores continuam a transformar os sistemas de saúde a nível mundial e a desbloquear novas oportunidades para prestar cuidados virtualmente, especialmente durante a pandemia da COVID-19. Os sensores foram integrados com sucesso a smartphones, dispositivos vestíveis inteligentes e IoMT com os recursos necessários para capturar e processar dados de saúde remotamente. Os sensores, especialmente os biossensores, tornam-se cada vez mais recursos indispensáveis para o monitoramento das atividades da vida diária na área médica para melhor diagnóstico clínico e monitoramento de moléculas biológicas. Entre outras funcionalidades, sensores vestíveis têm sido utilizados para monitoramento remoto de pacientes na área da saúde e são categorizados em flexíveis e não flexíveis. A Tabela 1 mostra os diferentes tipos de sensores que podem ser usados na área da saúde 5.0.

Tabela 1. Sensores em saúde.

Tipo de sensor	Sinais físicos vitais	Observações
Eletrodos de pele	Eletrocardiógrafo	Frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca
Sensor piezoelétrico	Respiração	Frequência respiratória, atividade física, inspiração e expiração
Acelerômetro	Atividade, mobilidade e queda	Postura corporal, movimento dos membros
Sensor de pressão do manguito	Pressão arterial	Estado do sistema cardiovascular, Hipertensão
Eletrodos colocados no couro cabeludo	Eletroencefalograma	Atividade elétrica do cérebro, potencial cerebral
Medidor de glicose	Glicose no sangue	Quantidade de glicose no sangue para monitoramento de glicose
Eletrodos de pele	Eletromiografia	Atividade muscular
Eletrodos metálicos tecidos ⁷	Resposta galvânica da pele	Condutividade elétrica da pele
Sensor eletroquímico	Atividade e mobilidade	Análise de suor, análise de biomoléculas,
Sensor de temperatura	Temperatura	Temperatura da pele, estado de saúde
Sensor esfigmomanômetro	Pressão arterial	Pressão arterial
O sensor de resposta galvânica da pele	Atividade e mobilidade	Monitore a transpiração
Sensores infravermelhos	Fluxo sanguíneo e pressão	Medir a radiação térmica

Existem diversas capacidades de sensores que poderiam ser exploradas na área da saúde 5.0 para melhorar e potencialmente proporcionar uma prestação de serviços de saúde com boa relação custo-benefício. Por exemplo, sensores flexíveis vestíveis coletam dados fisiológicos ao entrar em contato próximo com a pele humana. Eles coletam e enviam dados em tempo real usando tecnologias de comunicação sem fio, como Bluetooth e tecnologia de rede sem fio (Wi-Fi), para análise posterior. Para monitorar os sinais fisiológicos do paciente, dispositivos inteligentes podem ser utilizados para coletar os sinais corporais do paciente em tempo real usando sensores, como bandas inteligentes, coletes inteligentes, sapatos inteligentes, meias inteligentes, smartphones, relógios inteligentes, roupas inteligentes, túnel de desinfecção inteligente, máscara e escudo facial inteligente, capacete inteligente, etc. Por exemplo, dispositivos sensoriais inteligentes, como sensores de glicosímetro, smartwatches,

monitores de pressão arterial, oxímetros de pulso, acelerômetros, balanças e sensores de temperatura têm sido amplamente utilizados na área da saúde para monitorar doenças crônicas, como doenças cardiovasculares (por exemplo, ataque cardíaco, insuficiência cardíaca, acidente vascular cerebral e doença arterial coronariana), asma, câncer e diabetes. Com os smartphones se tornando cada vez mais difundidos e onipresentes, há enormes oportunidades para desenvolver aplicativos de saúde que utilizam sensores de smartphones para coletar dados de saúde, dados de proximidade do paciente e dados emotivos para monitoramento remoto eficaz e fornecimento de cuidados de saúde virtuais.

Os avanços nas tecnologias digitais emergentes, juntamente com sensores, estão a transformar os cuidados de saúde conectados em cuidados de saúde generalizados, permitindo a monitorização remota e o apoio a pacientes com doenças crônicas dentro e fora das unidades de saúde. Assim, os biossensores poderiam ser significativamente eficazes na prevenção, diagnóstico oportuno, controle e tratamento de doenças. Isto é evidente no crescente desenvolvimento de protótipos de biossensores vestíveis, como monitorização de pacientes, atletas, bebês prematuros, crianças, pacientes psiquiátricos, pessoas que necessitam de cuidados de longa duração, idosos e pessoas em regiões intransitáveis. Por exemplo, capacetes inteligentes baseados em sensores foram implantados na Nova Zelândia e na Dinamarca para melhorar o tratamento de pacientes com perturbação de stress pós-traumático que vivem longe dos serviços de saúde. Roupas inteligentes baseadas em sensores foram desenvolvidas para monitorar a transição da menopausa das mulheres, coletando e monitorando o fluxo sanguíneo, a temperatura corporal, eletroencefalograma, oxigênio, miocárdico e eletrocardiograma. Entre outras tecnologias vestíveis inteligentes baseadas em sensores, meias inteligentes, túneis de desinfecção inteligentes, roupas inteligentes, capacetes inteligentes, sapatos inteligentes, botas inteligentes, coletes inteligentes, protetores faciais inteligentes, bandas inteligentes e relógios inteligentes têm sido usados para vários fins, incluindo triagem de doenças e detectar sintomas de doenças automaticamente a partir da imagem térmica com menos interação humana. Além disso, dispositivos inteligentes baseados em sensores também são usados para verificar a temperatura e a pulsação, desinfetar objetos e superfícies contaminadas, manter o distanciamento social e rastrear contatos, prevenir e monitorar complicações psicológicas, atividades esportivas, lesões, estado físico no trabalho e durante o sono, corrigir anormalidades de movimento e reformar os padrões de caminhada das pessoas.

3. Tecnologias emergentes significativas e suas respectivas funções na saúde 5.0

As tecnologias digitais emergentes podem ser utilizadas na saúde 5.0, incluindo nanotecnologia, tecnologias 5G, tecnologia drone, blockchain, robótica, big data, IoT, IA e computação em nuvem.

3.1. Nanotecnologia

O Healthcare 5.0 beneficiará enormemente as aplicações da nanotecnologia. A nanotecnologia apresenta oportunidades sem precedentes para transformar os serviços de saúde. A nanotecnologia desempenha um papel crucial na terapêutica, no diagnóstico rápido, na vigilância e monitorização e no desenvolvimento de novas formas de equipamentos de proteção individual e vacinas. A nanotecnologia envolve a manipulação, fabricação, materiais, modos e uso de nanodispositivos em diversas aplicações. Esta tecnologia tem sido amplamente utilizada para terapia genética utilizando nanoestruturas não virais, entrega de medicamentos específicos para alvos, prevenção de doenças e tratamento de doenças. Isto é evidenciado pela inclusão da nanotecnologia nos cuidados de saúde através de nanomateriais, nanodispositivos, nanomedicina, nanoimplantes, nanobiossensores e a Internet das nano coisas (IoNT), que registou progressos significativos na prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças. A inclusão do conceito IoNT nos cuidados de saúde resultou numa monitorização e tratamento de saúde mais personalizados, oportunos e convenientes. No contexto da saúde, nano coisas referem-se à miniaturização de biossensores e implantes médicos inteligentes em nanoescala usando nanobiossensores e nanossensores. Esta tecnologia tem sido utilizada na área da saúde para cirurgias em nanoescala e administração inteligente de medicamentos. Os nanobiossensores detectam doenças nos estágios iniciais e no nível molecular ou unicelular com a ajuda de um sinal bioquímico e biofísico. Por exemplo, sensores baseados em nanotecnologia, como sensores ópticos/colorimétricos, eletroquímicos e quirais, têm sido

usados para detectar COVID-19. Assim, os nanosensores juntamente com a IoNT levarão ao desenvolvimento de aplicações de monitoramento de saúde baseadas em nano para diversos fins, incluindo glicose, colesterol e sódio.

3.2. IoT

A IoT tem sido amplamente utilizada na área da saúde para conectar dispositivos médicos e compartilhar dados de saúde pela Internet. Existem diversas variações emergentes de IoT baseada em sensores na área da saúde, cada uma com suas peculiaridades. Por exemplo, a IoT facilita a introdução da Internet de itens de saúde, internet das coisas vestível, IoMT, internet cognitiva de coisas médicas, IoNT e internet de itens de saúde móvel. IoNT é a interconexão entre dispositivos em nanoescala e as redes de comunicação existentes para realizar tarefas como detecção, atuação e transmissão via radiações eletromagnéticas. Portanto, estas variações da IoT fornecem cuidados de saúde em rede, que suportam a integração de dispositivos médicos inteligentes e a partilha abrangente de dados de saúde remotamente. Por exemplo, os dispositivos inteligentes permitem a monitorização remota em serviços de saúde e mudam o conceito de cuidados de saúde tradicionais para cuidados de saúde inteligentes. Assim, através de variações da IoT, os dados de saúde, percebidos por biossensores e dispositivos vestíveis inteligentes, são acessados, processados e analisados remotamente por profissionais de saúde para melhorar a prestação de serviços de saúde. Além disso, a internet das coisas de saúde, a internet das coisas vestíveis, a IoMT, a internet cognitiva das coisas médicas, a IoNT e a internet das coisas de saúde móvel fornecem cuidados de saúde onipresentes, projetados para apoiar o tratamento personalizado do paciente, a adesão, o monitoramento proativo, o diagnóstico eficaz, o tratamento precoce e detecção precisa de doenças, cuidados abrangentes e reabilitação inteligente.

3.3. IA

A inclusão da automação, juntamente com a IA, deverá revolucionar a prestação de serviços de saúde, infiltrando-se na saúde 5.0. Dispositivos incorporados de IA baseados em sensores altamente integrados, como dispositivos vestíveis inteligentes, ajudam a monitorar, coletar e diagnosticar doenças a partir dos sintomas extraídos dos dados sensoriais. Os sistemas inteligentes reconhecem o ambiente através de sensores e tomam medidas razoáveis. A IA na área da saúde 5.0 inclui diversos conceitos, como previsão automatizada e precisa de doenças, detecção, diagnóstico, desenvolvimento de medicamentos inteligentes, monitoramento remoto eficaz do paciente, utilização eficaz de sistemas cirúrgicos robóticos e desenvolvimento de dispositivos inteligentes de IA baseados em sensores emotivos. Notavelmente, os wearables inteligentes implantados na área da saúde carecem do aspecto cognitivo para monitorar as emoções dos pacientes, especialmente pacientes com transtorno de estresse pós-traumático. Na saúde 5.0, as funções cognitivas em sistemas de IA baseados em sensores incluirão o processamento de informações do ambiente, o pensamento, a interação com os seres humanos através de sensores e a reação de acordo com um comportamento coerente semelhante ao humano. Esses sistemas emocionais baseados em IA serão projetados como bioinspirados, altamente modulares, sistemas híbridos com modelagem emocional e capacidades de raciocínio de alto nível. Os sistemas de IA cognitiva baseados em sensores podem transformar a prestação de serviços de saúde de várias maneiras. Por exemplo, a incorporação de sistemas de IA cognitiva baseados em sensores no desenvolvimento de aplicações de monitorização da saúde mental que ouvem as chamadas móveis das pessoas e analisam a voz do orador para detetar sinais de ansiedade e alterações de humor pode melhorar os cuidados de saúde. A Emotion AI na área da saúde 5.0 também poderia ser estendida ao desenvolvimento de dispositivos vestíveis inteligentes que analisam o comportamento de pacientes com condições crônicas para determinar graus de depressão, estresse, ansiedade e dor. Isto também pode ajudar a prever o comportamento de risco de pacientes com condições crônicas para reduzir a readmissão e a prestação de cuidados personalizados. Assim, a IA, juntamente com outras tecnologias emergentes, poderia ser utilizada para melhorar o diagnóstico de imagens médicas, o desenvolvimento e o fabrico de medicamentos, promovendo a investigação e os ensaios clínicos, e a implementação eficaz da cirurgia robótica autónoma.

3.4. Tecnologia 5G

Para garantir a automação digital eficaz de dispositivos inteligentes na área da saúde 5.0, há necessidade de novos padrões globais sem fio que forneçam uma alta taxa de transferência de dados e largura de banda em uma arquitetura múltipla-entrada-múltipla-saída. A automação digital de tecnologias emergentes, como robôs, IA, dispositivos inteligentes, nanotecnologia e computação em nuvem, exige taxas de dados altas e contínuas para coletar, armazenar, reformatar e rastrear dados de saúde para fornecer acesso mais rápido e consistente. A tecnologia 5G tornou-se uma tecnologia primordial e essencial, pois fornece uma alta taxa de dados do usuário e uma enorme cobertura de sinal de rede e pode lidar com 1.000 vezes mais tráfego no canal de transmissão. Esta tecnologia é classificada como comunicação de baixa viabilidade e transmissão de dados altamente segura com latência ultrabaixa. Assim, a tecnologia 5G apresenta uma mudança de paradigma em relação às atuais redes móveis para fornecer conectividade universal de alta taxa e experiência de usuário perfeita. Com altas taxas de transferência de dados, os sistemas inteligentes baseados em sensores podem ser usados com eficácia para fornecer serviços clínicos remotos, como prestação de cuidados de saúde, diagnóstico, consulta e tratamento, onde os profissionais de saúde utilizam infraestrutura de comunicação para prestar atendimento a um paciente remotamente.

3.5. Robótica

A mudança abrupta para abordagens baseadas na tecnologia acelerou a procura de inovações e estratégias alternativas e ultrapassou os limites da tecnologia em quase todos os domínios, incluindo os cuidados de saúde. A integração de robôs nos cuidados de saúde 5.0 irá, sem dúvida, transformar os sistemas de saúde. Por exemplo, robôs e drones têm sido usados para entregar suprimentos médicos a instalações de saúde e medicamentos a pacientes infectados, consulta médica e reabilitação virtual durante o surto de COVID-19. Além disso, sistemas robóticos autônomos têm apoiado os profissionais de saúde na execução de tarefas repetitivas. Os avanços recentes na automação digital e na tecnologia robótica continuam a liderar o desenvolvimento de telerobôs, robôs colaborativos, robôs autônomos, robôs sociais, e robôs vestíveis. Estes robôs melhoraram substancialmente a prestação de serviços de saúde, realizando operações cirúrgicas, detectando e diagnosticando doenças e desenvolvendo vacinas. No entanto, a falta de reconhecimento emotivo, aliada à escassez de cuidados personalizados e de aplicações de saúde generalizadas, bem como dispositivos inteligentes emotivos, exige melhorias significativas na robótica, especialmente na saúde 5.0.

3.6. Tecnologia de drones

A utilização de máquinas autônomas, como drones e robôs, continua a revolucionar os setores da saúde a nível mundial. Isso é evidenciado por seu uso crescente durante a pandemia de COVID-19. Por exemplo, os drones têm ajudado as autoridades reguladoras a impor a adesão e o cumprimento das medidas da COVID-19, tais como o confinamento e as restrições à circulação de pessoas. No futuro, os drones serão possivelmente usados para transportar suprimentos médicos e alimentares e amostras de sangue, realizar vigilância, rastrear sintomas de infecção e conscientizar o público. Atualmente, os drones já são usados para desinfetar superfícies contaminadas em áreas de alto risco de COVID-19.

3.7. Grandes dados

A quantidade crescente de dados de saúde gerados a partir de tecnologias digitais tem valorizado as descobertas científicas no setor da saúde. As tecnologias digitais de saúde, como a telemedicina, os registros médicos eletrônicos, os registros de saúde eletrônicos, os registros de saúde pessoais, o software de gestão de práticas médicas e outras plataformas digitais de saúde, melhoraram significativamente a eficiência e os custos dos cuidados de saúde, juntamente com a redução de erros médicos e, o mais importante é a partilha remota de dados de saúde. Nos cuidados de saúde 5.0, a futura interligação de sensores inteligentes, dispositivos inteligentes e outras tecnologias digitais de saúde acabará por aumentar a quantidade de dados de saúde, o que resulta em big data. Esses dados serão eventualmente utilizados para prevenção, detecção e monitorização de doenças, bem como para prestação de cuidados personalizados. Assim, o big data posiciona os pacientes e os profissionais de saúde à beira de grandes perspectivas e prevê-se que impactem os sistemas de saúde de formas sem precedentes. Por exemplo,

no contexto da COVID-19, os modelos de IA analisaram dados de saúde (como sintomas, dados de atendimento ao paciente, relatórios de raios X, histórico de casos, contatos próximos e dados de proximidade) na forma de big data para detectar COVID-19. 19 a partir de imagens de raios X do tórax, rastreamento eficaz de contatos por meio de aplicativos móveis inteligentes e agrupamento e mapeamento de pontos críticos da COVID-19.

3.8. Computação em nuvem

A computação em nuvem envolve a entrega de recursos de sistema de computador, incluindo dados através da Internet e de servidores remotos para manter aplicativos e dados.⁵⁶ Ajuda a armazenar, processar, analisar e gerenciar dados de saúde dos pacientes com custos reduzidos de armazenamento de dados e maior eficiência. Essa tecnologia fornece métodos inovadores, flexíveis e rápidos para acessar recursos na nuvem. Os provedores de serviços em nuvem usam a infraestrutura da Internet para permitir a comunicação entre pacientes e profissionais de saúde por meio de aplicativos de saúde baseados em nuvem. Por exemplo,⁵⁷ desenvolveu um capacete inteligente para minerador baseado em nuvem com sensores que coletam o nível de ansiedade, fadiga e concentração do mineiro. Tais intervenções podem ser melhoradas para fornecer cuidados de saúde personalizados. Além disso, a computação em nuvem suporta potencialmente o armazenamento de dados de saúde online, a monitorização remota de pacientes, a partilha e edição de dados de saúde e, o mais importante, o fornecimento de tratamento e diagnóstico online. Isto é fundamental, pois os dispositivos e aplicações inteligentes serão integrados e sincronizados. No entanto, isto requer uma mudança drástica nos protocolos de comunicação e o desenvolvimento de interfaces robustas de programação de aplicações para interagir com outras tecnologias digitais de saúde.

3.9. Blockchain

O Blockchain ganhou popularidade na indústria de serviços financeiros porque permite a troca de moedas eletrônicas entre participantes de uma rede distribuída sem a necessidade de um terceiro centralizado e confiável, mas em uma rede peer-to-peer. Blockchain usa blocos que armazenam os dados prescritos publicamente e em ordem cronológica. É uma estrutura de dados somente anexada que armazena uma lista de transações em constante crescimento. A falta de reputação e a imutabilidade são duas características fundamentais do blockchain. A imutabilidade é obtida porque não é computacionalmente possível modificar e manipular quaisquer transações executadas no blockchain. As transações em um blockchain não são repudiáveis porque são replicadas por muitas entidades. Portanto, o blockchain é adotado nos sistemas de saúde para garantir a troca eficaz e segura de informações de saúde. Por exemplo, propôs a implementação de blockchain nos cuidados de saúde para melhorar as regras de acesso digital, melhorar a agregação e a liquidez dos dados e proteger a identidade e a privacidade dos pacientes, bem como a imutabilidade dos dados (transmissão segura de dados de saúde entre múltiplas entidades). Entre outras implementações de blockchain, tem sido amplamente utilizado em registros médicos eletrônicos, reivindicações de seguro saúde, monitoramento remoto de pacientes e cadeia de suprimentos farmacêuticos. No entanto, a futura implementação da blockchain nos cuidados de saúde 5.0 poderia promover a escalabilidade e a interoperabilidade semântica orientada para o paciente, estabelecendo ligações API robustas através de múltiplas tecnologias digitais de saúde.

4. Serviços virtuais de cuidados de saúde prestados através de sensores e cuidados de saúde 5.0

A construção de sistemas de saúde resilientes e robustos requer a integração múltipla de várias tecnologias emergentes para fornecer cuidados abrangentes e personalizados, cuidados centrados no paciente, detecção e previsão inteligentes de doenças e monitorização remota de pacientes.

4.1. Monitoramento e rastreamento remoto eficaz de pacientes e clínicas virtuais

O monitoramento e rastreamento remoto de pacientes é um mecanismo para fornecer serviços de saúde aos pacientes remotamente por meio de vários canais de telecomunicações e tecnologias digitais de saúde. Isto pode ser conseguido através da utilização de dispositivos portáteis inteligentes, dispositivos de inteligência baseados em sensores e aplicações de saúde inteligentes. Por exemplo, dispositivos vestíveis inteligentes baseados em sensores têm sido utilizados para monitorar parâmetros fisiológicos necessários para a detecção de COVID-19. Assim, o monitoramento remoto de pacientes foi implementado em vários

domínios de aplicação, como monitoramento cardiovascular, saturação de oxigênio no sangue, temperatura, monitoramento respiratório, sono e níveis de atividade. Os pacientes podem ser alertados quando suas alterações fisiológicas se tornarem motivo de preocupação, muitas vezes impedindo internações hospitalares. As clínicas virtuais planejam o contato digital por telefone, link de vídeo ou outras plataformas baseadas na web entre profissionais de saúde e pacientes para consulta clínica remota. Ao reduzir o contato direto com os pacientes, as clínicas virtuais podem ajudar a reduzir a propagação de doenças altamente contagiosas e os tempos de espera dos pacientes, além de melhorar o atendimento aos pacientes.

4.2. Telemedicina emotiva

A telemedicina é o diagnóstico e tratamento de pacientes por meio de tecnologia de informação e telecomunicações. A telemedicina possui diversos kits de ferramentas tecnológicas que podem oferecer soluções de ponta para a prestação de serviços de saúde. Teleconsulta, telemonitoramento, teleperícia, teledermatologia, telerradiologia, telecardiologia, tele-oncologia e telepsiquiatria são alguns dos diversos serviços prestados pela telemedicina. A telerreabilitação é um serviço pós-diagnóstico ou pós-admissão oferecido a pacientes que necessitam de reabilitação como parte de seu tratamento ou bem-estar geral. A reabilitação virtual inteligente é frequentemente usada para pacientes que sofreram lesões físicas e traumas. Os serviços não físicos incluem fonoaudiologia, audiologia e neurofisiologia. A necessidade de formação e educação adequadas das pessoas envolvidas nesta nova forma de intervenção não pode ser exagerada, e as intervenções baseadas na tecnologia para utilizadores mais velhos devem ser acessíveis, económicas e fáceis de utilizar. A telemedicina foi implementada para tratar várias doenças transmissíveis e não transmissíveis, reduzir a pressão sobre os serviços de saúde e aliviar a má qualidade dos cuidados de saúde. Estudos empíricos mostram que aspectos tecnológicos, organizacionais, legais e regulatórios, individuais, financeiros e culturais foram identificados como as principais barreiras para o sucesso da implementação da telemedicina. Em muitos países em desenvolvimento, o revés pode depender do desenvolvimento de infra-estruturas e do financiamento e, o mais importante, muitos pacientes não dispõem de dispositivos informáticos ou de ligação à Internet para aceder aos serviços de telemedicina. Porém, os atuais serviços de telemedicina carecem de aspectos emotivos para monitorar o estado emocional dos pacientes.

4.3. Vida ambientalmente assistida (AAL)

Com a aplicação de tecnologias como IA, robôs cirúrgicos e nanotecnologia, o diagnóstico e tratamento de doenças, bem como o monitoramento de pacientes, tornaram-se mais inteligentes. AAL é o uso da tecnologia para monitorar a saúde e auxiliar pacientes de todas as idades em suas atividades diárias, permitindo-lhes viver de forma independente, independentemente de suas condições médicas. Por exemplo, o uso de um sistema de apoio domiciliar inteligente para monitorar o estado de saúde dos pacientes e receber receitas médicas remotamente tem sido utilizado com sucesso na AAL. Um sistema integrado de casa inteligente desenvolvido para vida assistida por ambiente para pessoas que vivem com demência foi implementado com sucesso por Demir et al.,⁷³ embora os sistemas AAL sejam frequentemente usados para pacientes idosos, pacientes autistas, pacientes em recuperação e pacientes que vivem com deficiências. As tecnologias envolvidas na AAL incluem redes de sensores sem fio, redes de áreas corporais sem fio, sensores de monitoramento e dispositivos vestíveis que se comunicam com sistemas de informação médica relevantes para um monitoramento eficaz.

4.4. Autogestão inteligente e monitoramento e controle do bem-estar

A autogestão é um processo contínuo, talvez vitalício, que se concentra nas necessidades autoidentificadas que requerem monitoramento contínuo. A necessidade de automonitorização em tempo real dos pacientes, feedback imediato sobre os dados de saúde e intervenção oportuna do comportamento médico está a tornar-se cada vez mais um requisito indispensável nos cuidados de saúde 5.0. No entanto, sistemas inteligentes, como smartwatches, sensores vestíveis inteligentes, casas inteligentes, implantes inteligentes e plataformas inteligentes de informação de saúde ligadas à IoT, sem fios e bluetooth, foram introduzidos para responder à necessidade de monitorização inteligente do bem-estar. As implicações dos

protocolos de autogestão ou autotratamento informados por dados imprecisos ou inválidos gerados por aplicativos invalidados são importantes.

4.5. Lembretes inteligentes de tratamento, conformidade e adesão

O tratamento inteligente refere-se à prescrição e entrega online de medicamentos. Com tecnologias inteligentes trabalhando juntas, a conformidade e a adesão ao tratamento podem ser monitoradas usando aplicativos de saúde inteligentes e dispositivos vestíveis inteligentes. Por exemplo, um estudo realizado por Frangou et al. adesão ao tratamento monitorada remotamente usando um dispensador de medicamentos baseado em sensor.⁷⁶ Sempre que o paciente abrir o dispensador, as informações de adesão, como horário, número de comprimidos e data, serão transmitidas aos profissionais de saúde. Caso o paciente pule o horário da dosagem, um e-mail de alerta será enviado aos profissionais de saúde e aos pacientes.

4.6. Cuidados de saúde personalizados e conectados

Os dados de saúde recolhidos através de biossensores e dispositivos portáteis inteligentes podem ser acedidos, processados e analisados remotamente por profissionais de saúde para fornecer cuidados de saúde personalizados e conectados. Os cuidados de saúde digitais inteligentes melhorarão enormemente os cuidados de saúde ao incorporar tecnologias emergentes para responder às necessidades específicas de cuidados de saúde dos pacientes. Isto é conseguido conectando prestadores de serviços médicos, profissionais de saúde e pacientes por meio do compartilhamento e apresentação oportuna de dados de saúde precisos e pertinentes dos pacientes. Portanto, as tecnologias emergentes nos cuidados de saúde 5.0 liderarão a implementação de um modelo de cuidados de saúde mais proativo e episódico, que é totalmente diferente do modelo mais reativo dos cuidados de saúde convencionais.

5. Barreiras à implementação, adoção e utilização de cuidados de saúde 5.0

5.1. Heterogeneidade e fragmentação de dados

A inteligência dos sistemas digitais de saúde depende da disponibilidade de dados. Porém, diferentes instituições de saúde utilizam diferentes tipos de bancos de dados com formatos de dados heterogêneos, dificultando sua unificação e compatibilização e afetando a coleta e análise de dados e a aplicação de modelos computacionais de modelagem e otimização. A heterogeneidade afeta a disponibilidade de dados, afetando, portanto, a disponibilidade de conjuntos de dados necessários para o treinamento de modelos de IA em saúde.

5.2. Falta de padronização e interoperabilidade

A falta de padronização no desenvolvimento de ferramentas digitais de saúde dificulta a interoperabilidade.⁶³ Sem a padronização dos formatos de dados, seria difícil analisar os dados de saúde mesmo depois de terem sido agregados pela IoT. Isto afeta a partilha de dados dos pacientes por diferentes instituições de saúde e afeta a adoção de ferramentas de saúde inteligentes, uma vez que podem não estar integradas com os atuais sistemas digitais de saúde de uma instituição. Além disso, a falta de interoperabilidade semântica por parte dos registos médicos eletrónicos, exigindo inspeção manual e mapeamento de ontologias pré-definidas por especialistas humanos, é também uma barreira à adoção e utilização dos cuidados de saúde 5.0.

5.3. Intermitente ou sem conexão de rede

Um dos desafios perenes relativos à adopção e utilização de tecnologias digitais nos países em desenvolvimento é a ligação intermitente ou inexistente à Internet. Mesmo em áreas onde existe uma ligação à Internet, as ligações são por vezes instáveis. No entanto, os cuidados de saúde inteligentes dependem de ligações de rede, tornando as conexões de rede não confiáveis uma barreira à adoção e utilização dos cuidados de saúde 5.0. Além disso, os problemas de largura de banda nos países em desenvolvimento, os meios de comunicação imprevisíveis devido ao ruído biológico nos sensores e o alcance de comunicação da tecnologia Bluetooth, sensores e nanodispositivos também são potenciais impedimentos à utilização bem-sucedida dos cuidados de saúde 5.0.

5.4. Falta de confiabilidade e falta de validade dos dados do sensor

As decisões de saúde que excluem os profissionais de saúde com base em dados provenientes de sensores podem pôr em perigo a vida humana se tais dados forem inválidos ou não fiáveis. Na saúde 5.0, as decisões de saúde são tomadas com base em dados recolhidos de sensores e outros nanodispositivos. Se esses dados dos sensores não forem confiáveis, válidos ou precisos, isso poderá levar a consequências terríveis, como diagnósticos incorretos.⁸¹ É, portanto, importante ter mecanismos de validação dos dados recolhidos através de sensores. No entanto, faltam mecanismos de validação para dados de sensores, o que pode impedir a utilização e adoção de cuidados de saúde 5.0.

5.5. Privacidade, confidencialidade e consistência de dados

Confidencialidade e privacidade são considerações críticas ao lidar com dados de pacientes. Independentemente dos benefícios que a tecnologia possa trazer para a saúde, ela ainda poderá ser evitada se comprometer a privacidade e a confidencialidade. Mesmo com o blockchain mais seguro usado na área da saúde 4.0, os pacientes ainda têm preocupações com a privacidade, a quantidade e os ataques de conluio aos seus dados ao usar a saúde digital. A falta de segurança, privacidade e fugas de dados apresentam grandes desafios à utilização de serviços de saúde baseados na nuvem. As ferramentas de saúde inteligentes devem garantir a segurança dos dados tanto em repouso como em trânsito, uma vez que os canais de comunicação utilizados para transmitir os dados dos pacientes podem ser propensos a pirataria informática, expondo assim os dados dos pacientes.

5.6. Problemas de escalabilidade

Com o aumento dos dados de saúde coletados por meio de IoT e IoMT, as ferramentas de saúde 5.0 precisam ser facilmente escalonáveis. No entanto, as ferramentas de saúde baseadas em blockchain sofrem de problemas de escalabilidade porque é impraticável armazenar enormes dados de saúde na cadeia, pois isso leva a uma grave degradação do desempenho.

5.7. Consequências para a saúde

Os sensores são uma característica comum dos cuidados de saúde 5.0. No entanto, como os sistemas de sensores utilizam convencionalmente sensores eletrônicos ou eletromecânicos, eles são suscetíveis à sensibilidade a desalinhamentos, campos eletromagnéticos e menor compactidade e requerem calibração frequente. Tais fraquezas dos sensores eletrônicos e eletromecânicos são principalmente indesejáveis na robótica soft wearable. Com tais deficiências, o uso de sensores convencionais que utilizam sensores eletromecânicos ou eletrônicos pode dificultar a adoção e utilização bem-sucedida de sistemas de saúde 5.0.

5.8. Desafios clínicos

Apesar de uma infinidade de estudos em andamento sobre biossensores, existem vários desafios em relação à sua implementação prática. Algumas questões relativas à implementação clínica de biossensores incluem como e quando usá-los, bem como onde colocá-los no corpo humano. O local ideal para colocar um biossensor é um tecido subcutâneo ou mucosa superficial, onde os biossensores podem ser implantados com técnicas não invasivas, ao contrário de partes mais profundas do corpo, como coração, aorta ou algum outro sistema vascular, pois requerem técnicas invasivas. Embora o tecido subcutâneo seja o melhor local para implantar um biossensor, seu poder de detecção pode afetar a geração de tecido fibroso entre o sensor e o corpo, levando à falha do dispositivo.

5.9. Riscos à saúde impostos por nanossensores e biossensores

Apesar dos potenciais benefícios da nanotecnologia para a saúde, como o diagnóstico de doenças e o fornecimento imediato de medicamentos ao corpo, a implantação de nanodispositivos com sinais radiantes no corpo humano é uma preocupação para especialistas e cientistas em saúde, uma vez que existe a possibilidade de tais dispositivos poderem prejudicar o ser humano. corpo, sendo tais efeitos de longo prazo. Além disso, a exposição prolongada do corpo humano a nanodispositivos e biossensores feitos de silício ou prata pode alterar a funcionalidade de algumas partes do corpo, além de acumular-se no interior dos órgãos e bloquear o fluxo sanguíneo e de oxigênio. Este dano ao corpo humano é um perigo para a saúde que pode desencorajar a adoção e utilização de biossensores e nanossensores, afetando assim a utilização dos cuidados de saúde 5.0. Além disso, existe a probabilidade de que biossensores e

nanodispositivos sejam detectados como objetos estranhos pelo corpo, o que, por sua vez, gerará células patogênicas para os combater, e a geração repetida de tais células patogênicas pelo corpo pode enfraquecer o sistema imunitário.

5.10. Capacidades computacionais limitadas e ineficiência energética

Nanodispositivos e dispositivos móveis têm bateria de curta duração e, portanto, requerem recarga frequente. Além disso, os sistemas digitais de saúde que utilizam nanoprocessadores com transistores minúsculos também têm capacidade computacional limitada. Aumentar o número de nanoprocessadores pode melhorar a capacidade computacional, embora aumente o tamanho do dispositivo. Uma vez que o tamanho é grande, pode não ser apropriado implantá-lo no corpo humano.

5.11. Espaço de memória limitado

Nanodispositivos e sensores devem armazenar temporariamente os dados antes de encaminhá-los. Porém, tais dispositivos e sensores possuem pouca memória, e considerando que mais dados seriam gerados em tempo real, torna-se um desafio para tais dispositivos armazenar temporariamente todos os dados biológicos, pois não podem armazenar mais de um pacote de dados por vez.

5.12. Rigidez e complexidade dos modelos de tecnologia digital

Os modelos rígidos não são facilmente adaptáveis para atender às necessidades em constante mudança, enquanto os modelos complexos podem levar ao sobreajuste. Além disso, a complexidade dos modelos pode torná-los pouco amigáveis para os utilizadores. O overfitting é indesejável porque afeta a precisão do modelo.

5.13. Marcos regulatórios

As inovações tecnológicas estão sempre à frente das políticas públicas, das evidências e da prática clínica. Os decisores políticos lutam para acompanhar o ritmo da inovação. Os quadros regulamentares sobre tecnologias digitais devem proteger a privacidade e a segurança. No entanto, faltam quadros regionais e internacionais aprovados pela OMS para a integração de tecnologias digitais. Além disso, os quadros regulamentares são importantes para garantir a qualidade e a segurança das tecnologias, dispositivos e aplicações digitais. A falta de quadros regulamentares atrasa a aprovação de inovações digitais, afectando assim a adopção e utilização de cuidados de saúde inteligentes.

5.14. Infraestrutura de TI incorporada

A disponibilidade de infra-estruturas de tecnologias de informação e comunicação (TIC) é frequentemente um desafio nos países em desenvolvimento e com poucos recursos, e não apenas para a utilização dos cuidados de saúde. Os cuidados de saúde 5.0 requerem infraestruturas de TIC para a sua adoção e utilização bem sucedidas. Contudo, o apoio à infra-estrutura de TIC é muitas vezes insuficiente ou indisponível em algumas áreas dos países em desenvolvimento. A infra-estrutura de TIC é importante, especialmente para a análise dos dados recolhidos.

5.15. Desalinhamento com as estratégias de e-saúde dos países

A falta de alinhamento das inovações digitais em saúde com as estratégias de saúde electrónica dos países pode dificultar a adopção e utilização de tais inovações nos cuidados de saúde. Os inovadores devem alinhar as suas inovações com as estratégias de e-saúde dos países. É nos documentos da estratégia de e-saúde que as prioridades de saúde digital dos países são definidas; portanto, é fundamental alinhar as inovações em saúde digital com estratégias de e-saúde.

5.16. Custos de implementação

A introdução dos cuidados de saúde 5.0 exige um elevado investimento de capital e mão-de-obra qualificada, o que constitui uma barreira à adopção de tais tecnologias, especialmente em países em desenvolvimento que normalmente têm recursos limitados. Por exemplo, a execução de modelos de IA requer um elevado poder computacional, enquanto a formação dos utilizadores para utilizar os novos sistemas também requer um enorme financiamento. Pode-se argumentar que a saúde inteligente é mais barata no longo prazo; no entanto, os custos iniciais de configuração são elevados.

6. Recomendações para decisores políticos, profissionais de saúde e reguladores

6.1. Engajamento e envolvimento das partes interessadas

O sucesso dos cuidados de saúde 5.0 requer o envolvimento de muitas partes interessadas, incluindo especialistas de engenharia, ciências da saúde e educação e até dos próprios pacientes. Essas tecnologias devem ser centradas nas pessoas e envolver os pacientes como parceiros de design. O envolvimento de pacientes e profissionais de saúde na concepção de ferramentas de cuidados de saúde 5.0 é uma oportunidade que pode resultar em uma melhor intenção comportamental de usar as ferramentas digitais. Também é importante obter feedback dos utilizadores de tais sistemas e considerar as necessidades individualizadas na concepção de cuidados de saúde digitais.

6.2. Abordagem de regulamentação inteligente

Embora seja importante regulamentar as inovações digitais em saúde, recomendamos que as autoridades o façam de forma inteligente para evitar desencorajar as inovações digitais em saúde. Devem criar os melhores quadros que determinem quais os atributos tecnológicos que devem ser considerados para as inovações digitais.

6.3. Padronização e sincronização de protocolos

Recomendamos a padronização e sincronização de protocolos para abordar questões de compatibilidade e interoperabilidade através de uma abordagem sociotécnica e de interações homem-máquina ou homem-tecnologia. Também é importante utilizar bases de dados compatíveis para dados de saúde, para garantir que os formatos dos dados sejam compatíveis e, portanto, analisáveis. Isso ajuda a evitar silos de dados.

6.4. Insistência na troca de dados

Os decisores políticos devem insistir no intercâmbio de dados entre os registos de saúde eletrónicos existentes e quaisquer novas tecnologias e dispositivos digitais de saúde emergentes para garantir a compatibilidade, a partilha de dados, a normalização e a interoperabilidade. Isto pode ser um requisito para a aprovação de novas inovações em cuidados de saúde – para garantir a interoperabilidade e a compatibilidade.

6.5. Transparência em processos e equipas

Recomendamos que os seres humanos estejam no centro e não na periferia dos cuidados de saúde inteligentes e conectados, tanto na investigação como na prática. Esses seres humanos incluem pacientes, cuidadores e profissionais de saúde. A prestação de serviços de saúde envolve processos pré-definidos e diversas equipas de pessoas. As tecnologias inteligentes de cuidados de saúde devem concentrar-se nestes processos e equipas. Os inovadores devem incluir todos, incluindo os profissionais de saúde comunitários.

6.6. Padrões de segurança universais

Devem existir normas de segurança digital de saúde universalmente aceites para garantir ou promover a segurança e a privacidade dos dados dos pacientes. Isto é extremamente importante porque o medo de violações de dados e de segurança é uma das preocupações que as pessoas têm em relação ao uso da saúde digital.

7. Conclusão

As tecnologias digitais emergentes continuam a evoluir, criando oportunidades sem precedentes nos sistemas de saúde a nível mundial para melhorar a prestação de serviços de saúde e os cuidados virtuais. Foram feitos progressos significativos nos cuidados de saúde. No entanto, a falta de reconhecimento emotivo, aliada à escassez de aplicações de saúde personalizadas e difundidas e de dispositivos inteligentes emotivos, exige a integração de sistemas de saúde com sensores inteligentes através de tecnologias emergentes. Tais tecnologias desempenham um papel importante no desenvolvimento de um conceito inovador emergente conhecido como cuidados de saúde 5.0. Essa tecnologia está no início de uma mudança de paradigma para alcançar a nova era de controle e detecção inteligentes de doenças, cuidados virtuais, gestão inteligente da saúde, monitoramento inteligente, tomada de decisões e medicina de precisão. Esta revolução continua a redefinir a forma como as empresas modernas de alta tecnologia digital melhoram as operações de saúde e aumentam a eficiência em vários sistemas de saúde para fornecer serviços de saúde centrados no paciente através de cuidados inteligentes, cuidados conectados e medicina personalizada.

No entanto, a construção de cuidados de saúde 5.0 resilientes e robustos não está imune a limitações e desafios. Os desafios organizacionais, as barreiras tecnológicas e infraestruturais, a falta de quadros jurídicos e regulamentares e de políticas de e-saúde, as percepções individuais, a falta de financiamento e as barreiras religiosas e culturais foram identificadas como potenciais barreiras à implementação bem-sucedida dos cuidados de saúde 5.0. Existem também limitações envolvidas nos cuidados de saúde 5.0, por exemplo, questões éticas, como segurança, privacidade e desafios legais. Apesar de todas estas barreiras, os decisores políticos, os profissionais de saúde, as empresas de alta tecnologia e os reguladores precisam de construir sistemas de saúde resilientes e baseados na tecnologia. Há também a necessidade de expandir as infra-estruturas tecnológicas, fornecer apoio orçamental baseado em modelos de negócios sustentáveis, desenvolver políticas jurídicas e de saúde electrónica adequadas, normalizar e sincronizar protocolos e melhorar o envolvimento e envolvimento das partes interessadas.

Além disso, os cuidados de saúde 5.0 proporcionarão reconhecimento emotivo através de sensores, aplicações de saúde generalizadas e dispositivos inteligentes emotivos para melhorar a prestação de serviços de saúde. Por outro lado, ainda há um longo caminho a percorrer nos cuidados de saúde 5.0, apresentando oportunidades sem precedentes para melhorar os cuidados remotos, especialmente durante catástrofes naturais e pandemias como a COVID-19. Portanto, a investigação futura deve centrar-se no desenvolvimento de tecnologias emergentes que apoiem os cuidados de saúde 5.0. Há também a necessidade de incluir várias partes interessadas regionais e internacionais de diferentes áreas, tais como os sectores médico, empresarial, jurídico e político, para desenvolver quadros de cuidados de saúde 5.0 altamente fiáveis. Como parte do trabalho futuro, os especialistas em saúde devem encontrar estrategicamente formas de promover os serviços de saúde 5.0 nos países em desenvolvimento.