

Evolução dos Sistemas de Saúde

Gonçalo Almeida^[pg47212], Leonardo Marreiros^[pg47398], Maria Sofia Marques^[pg47489], and Pedro Fernandes^[pg47559]

Universidade do Minho, Braga, Portugal

Resumo O hospital é um centro de serviços de saúde que pode ser considerado uma corporação altamente tecnológica. O Hospital 4.0 estabelece uma nova visão promissora para a indústria da saúde alterando o modelo de negócio de saúde atual para proporcionar ao paciente um serviço de cuidado pessoal, envolvendo o paciente como sujeito ativo. Esta visão irá melhorar efetivamente a qualidade, flexibilidade, produtividade, custo-benefício e confiabilidade dos serviços de saúde para além de aumentar a satisfação dos pacientes. No entanto, construir e utilizar aplicações de saúde que sigam o conceito de Hospital 4.0 não é uma tarefa trivial ou simples. Neste artigo introduzimos a situação corrente dos hospitais e a sua transformação para centros integrados centrados no paciente. Apresentamos algumas das suas aplicações ligadas à inteligência artificial e, à medida que as estudamos, percebemos que existe um conjunto de desafios que a maioria destes necessitaria de ultrapassar como a recolha e transferência de dados, segurança e privacidade.

Palavras-Chave: Hospital 4.0 · Assistência médica 4.0 · Saúde 4.0 · Inteligência artificial

1 Introdução

O setor da saúde enfrenta atualmente vários desafios, incluindo custos cada vez mais elevados dos serviços de saúde, profissionais, e equipamento; falta de profissionais de saúde qualificados; crescente exigência por serviços de saúde de alta qualidade; necessidade de colaboração entre prestadores de cuidados de saúde, indústrias e organizações que os suportam; e intensa competição entre os prestadores de cuidados de saúde. Estes desafios estão a levar as organizações desta área a considerar a inclusão e utilização de novos modelos de saúde baseados na utilização de tecnologias de informação e comunicação inovadoras.

Um setor que já tem começado a tirar proveito dos avanços tecnológicos de informação e comunicação é a indústria utilizando tecnologias como sistemas ciber-físicos (CPS), internet das coisas (IoT) e analíticas para iniciar o que é conhecido como Indústria 4.0. A Indústria 4.0 visa melhorar operações, reduzir custos e aumentar a qualidade através da otimização, automação industrial e uso de serviços inteligentes.

Outro setor a beneficiar com a herança dos princípios da Indústria 4.0 é a saúde. A adaptação dos princípios da Indústria 4.0 à área da saúde criou o

que é atualmente conhecido como Hospital 4.0 (ou Saúde 4.0) que contempla a produção de conhecimento medicinal para assistências médicas personalizadas, tanto a pacientes quanto aos profissionais da área da saúde e o bem estar das pessoas.

Os benefícios da adoção do Hospital 4.0 no setor da saúde são numerosos. Estes incluem o aumento da flexibilidade, escalabilidade, confiabilidade, agilidade, custo-benefício e qualidade dos serviços e operações de saúde [1]. Estas características irão melhorar o sistema de saúde de várias formas criando um sistema capaz de lidar com pandemias como COVID-19 eficientemente.

É estimado que os gastos globais na saúde atinjam os 18.28 trilhões de dólares em 2040. [2]

Para atingir esta inovação, é necessário gerir como a mudança acontece. A mudança de um sistema não acontece sem uma mudança cultural, mas mudança cultural existe apenas se houver uma visão ousada e um forte compromisso. Com base nisto, neste artigo iremos discutir a mudança da situação atual dos hospitais como uma policlínica onde o paciente é objeto de tratamentos para o hospital como um serviço integrado até um cuidado mais virtual, distribuído que fortemente aproveita as mais recentes tecnologias em torno da inteligência artificial (IA), aprendizagem profunda, análise de dados, genómica, saúde domiciliar, robótica e impressão 3D de tecidos e implantes - Assistência médica 4.0 - e algumas das suas aplicações.

2 Hospital como uma policlínica - estrutura clássica

O modelo de hospital atualmente mais espalhado pelo mundo é o modelo hospital como policlínica. Neste modelo, um paciente não é considerado como um cliente do serviço prestado no hospital, mas como uma pessoa à qual os serviços de saúde tem de ser prestados. Seguindo este modelo, o paciente tem que escolher antecipadamente o serviço que pretende solicitar à unidade hospitalar. Assim uma pessoa dirige-se a uma policlínica à procura de um serviço em particular como por exemplo uma terapia ou exame, não tendo normalmente a possibilidade de expor o seu problema a uma equipa de atendimento. Embora a função de um único consultório possa desempenhar a sua função na perfeição, podem surgir alguns problemas ou omissões devido à divisão de funções adotada por este modelo. Assim, este modelo pode apresentar diversas fontes de descontentamento dos seus pacientes:

- O paciente pode ter dificuldades a orientar-se dentro de instalações deste tipo, quer pela sua organização complexa quer pela má orientação para as funções corretas dentro da estrutura, resultando em *stress* e demora no acesso aos serviços;
- É da responsabilidade do paciente guardar os dados médicos e o cronograma de intervenções médicas em formato físico, devido à inexistência de infra-estruturas informáticas dentro de cada instalação de saúde e/ou entre instalações diferentes. Isto leva a uma possível perda de dados uma vez que

informações sobre exames anteriores podem não ter sido guardadas parcialmente ou na totalidade, ou até mesmo os próprios pacientes podem perdê-los. Já que as informações fornecidas pelos pacientes podem estar incompletas, pode resultar em incertezas no diagnóstico.

- A inexistência de um repositório clínico centralizado relativamente a cada paciente, pode também causar intervenções desnecessárias ou repetidas devido a serem solicitadas por operadores diferentes e sem coordenação entre si.
- O paciente corre também alguns riscos acrescidos devido ao desperdício de tempo provocado por múltiplas intervenções não sincronizadas.
- A falta de repositórios locais dentro de cada instituição gera fragmentação de informação que dificulta não só o controlo do fluxo da mesma, mas também a gestão da eficiência e eficácia geral para o paciente.

3 Hospital 4.0

O Hospital 4.0 surge como uma extensão da Indústria 4.0 num cenário em que pacientes e profissionais de saúde estão estritamente ligados à organização, metodologia e tecnologia. O 4.0 no Hospital 4.0 foi herdado da sua origem na Indústria 4.0 e não significa a existência de Hospital 3.0, 2.0 e 1.0 visto que os sistemas de saúde progrediam de forma diferente aos sistemas industriais.

De acordo com Hermann *et al.* [3], Hospital 4.0 está intimamente ligado aos seguintes princípios: (1) Interoperabilidade, para permitir o fluxo contínuo de informações contextuais; (2) Virtualização, permitindo a monitorização dos processos de saúde física; (3) Descentralização, com o objetivo de conseguir um modelo distribuído centrado no paciente; (4) Capacidade em tempo real, para assegurar a orquestração adequada dos processos; (5) Orientação ao serviço, com uma visão geral de alto nível da agregação de serviços centrada no cliente; (6) Modularidade, produzindo um sistema capaz de se adaptar de forma flexível às mudanças de requisitos.

Hospital 4.0 pode ser definido como a implementação de plataformas integradas de saúde com assistência médica progressivamente virtualizada, distribuída e em tempo real para pacientes, profissionais e cuidadores formais ou informais. Tem como foco apoiar, habilitar e otimizar colaboração, coerência, e convergência para passar de assistência médica baseada em dados empíricos para medicina de precisão (ou seja, serviços de saúde personalizados). Isto alinha-se com a mudança global de um modelo orientado ao profissional baseado em hospitais para um modelo distribuído com o paciente como ponto central.

Neste modelo centrado no paciente, o paciente tem um único ponto de contacto referido como *atendimento ao cliente* que está encarregue de orientar o paciente e da transmissão de informação dentro da estrutura, interagindo com os diferentes profissionais do hospital quando necessário, planeando o percurso clínico e otimizando tempos de espera. Além de diminuir tempos de espera, o facto de haver um único ponto de contacto para cada paciente permite procedimentos administrativos simplificados para o utente; maior coordenação clínica,

evitando operações desnecessárias; e redução de custos tanto para a estrutura como para o paciente.

Neste modelo, a qualidade passa da função individual para o serviço integrado, isto é, a qualidade não é dada apenas pela soma da qualidade funcional de cada uma das suas partes mas sim pela qualidade do sistema de saúde como um todo. De facto, esta abordagem torna o paciente mais confortável com a qualidade geral dos serviços recebidos, ao gerar uma percepção de atenção à pessoa o que resulta numa maior satisfação do cliente.

De um ponto de vista tecnológico, esta visão já está a ser implementada com o desenvolvimento de, por exemplo, Registos de Saúde Eletrónicos (RSE). O RSE "visa reunir informação essencial de cada cidadão para a melhoria da prestação de cuidados de saúde; o RSE é construído por dados clínicos recolhidos eletronicamente para cada Cidadão e produzidos por entidades que prestam cuidados de saúde." [4]. RSEs vão além dos dados coletados numa unidade de saúde e incluem um histórico do paciente mais abrangente. Incluem dados do paciente, prescrições, sistemas de gestão clínica, sistemas de *e-booking*, imagens digitais e sistemas de arquivamento.

Isto é apenas uma pequena porção de toda a amplitude de inovação tecnológica num modelo hospitalar centrado no paciente. Alguns exemplos de inovação são: robôs colaborativos interconetados rapidamente programáveis; modelagem e simulação das interações entre funções do sistema hospitalar para otimizar processos; comunicação multidirecional entre o paciente e os processos de assistência médica, etc.

Afferni *et al.* [5] evoluem o conceito de modelo centrado no paciente e propõem um modelo com um ênfase ainda maior no paciente, originando o que chamam de "pacientes inteligentes".

Um paciente inteligente é um paciente que questiona as decisões da sua equipa de assistência médica para encontrar o melhor tratamento e procura estar informado sobre a sua condição ou doença. São pacientes que monitorizam a sua condição entre visitas e com isto são capazes de fornecer aos profissionais de saúde uma descrição mais completa da sua situação.

Esta abordagem tem como benefícios aumentar o envolvimento entre todos os envolvidos, levando a uma redução de custos; melhora o conhecimento e consciência dos pacientes em relação à sua saúde e bem-estar, levando a um maior cuidado; ao envolver e colaborar com os pacientes no processo de decisão, os profissionais de saúde podem tomar melhores decisões sobre a saúde dos pacientes.

3.1 Método de funcionamento

A figura 1 ilustra o pipeline geral do Hospital 4.0 para sistemas de monitorização interconetando pacientes com profissionais de saúde e hospitais. Sensores médicos podem ajudar a obter informação como a temperatura dos pacientes. Implantes inteligentes possibilitam a captura em tempo real de dados dentro do corpo humano tendo benefícios em cuidados pós-operatórios e reabilitação. Robôs são

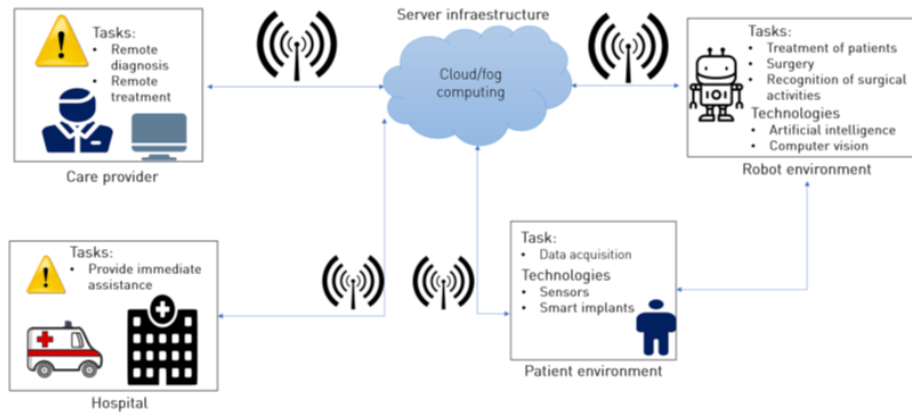


Figura 1. Stakeholders, tarefas e tecnologias no Hospital 4.0 [23]

agentes baseados em máquinas que interagem com o ambiente e podem ser adaptados para realizar determinadas tarefas. Robôs médicos podem auxiliar em diversas tarefas como o tratamento de pacientes, cirurgia, e reconhecimento de atividades cirúrgicas. A cirurgia assistida por robôs tem como vantagens invasão mínima, melhor visão, melhor controlo de instrumentos, permitindo assim a sua aplicação em condições ambientais difíceis e facilitando cirurgias complexas.

A integração de inteligência artificial, visão computacional, e outras tecnologias oferecem vantagens em diferentes tarefas do Hospital 4.0, como realizar os cuidados de saúde de forma mais preventiva, preditiva e personalizada.

4 Desafios em relação à Saúde 4.0

De acordo com o que foi abordado até esta secção não é segredo que adotar Saúde 4.0 pode ajudar substancialmente a melhorar várias áreas relacionadas com a saúde assim como pode adicionar maior valor às funcionalidades que os sistemas atuais não conseguem oferecer. Em linguagem simples, Saúde 4.0 torna possível aumentar consideravelmente a qualidade e eficácia de todas as áreas envolvidas com a saúde.

No entanto, para alcançar estes objetivos é necessário abordar diferentes aspectos presentes no sistemas de saúde atuais assim como futuros obstáculos que possam aparecer com a implementação desta nova estrutura.

4.1 Desafios a enfrentar com a implementação de Saúde 4.0.

Existem vários obstáculos relacionados com a implementação de uma estrutura baseado em Saúde 4.0. Os seguintes desafios devem ser superados antes de ser possível implementar em tempo real[22].

- **Gestão de Dados:** Aparelhos Médicos irão receber uma enorme quantidade de dados do paciente, o que enfrenta os *5Vs do big data*: valor de dados, volume, veracidade, variedade, e velocidade. Estes 5 desafios vão-se diretamente relacionar com a capacidade de receber, armazenar, processar e se comunicar do aparelho. Como os dados são fornecidos de diferentes fontes, como o telemóvel e/ou *smartwatch* é necessário protocolos padrão e possível formatação de dados, uma vez que diferentes fontes podem diferir em texto, arquivo de imagem etc. Por fim, dispositivos relacionados com saúde 4.0 devem estar cientes de um *routing* adequado para a transferência de dados de rotina e solicitação de dados urgentes.
- **Escalabilidade:** A coleção de dados será feita a partir de sensores ou aparelhos médicos portáteis. Esta coleção deve ser acedível por todo o hospital para que qualquer paciente possa utilizar serviços médicos e verificar atualizações do estado de saúde a partir do seu telemóvel.
- **Privacidade e Segurança:** Uma das principais preocupações consiste em manter a privacidade dos utilizadores finais e não tornar acessível a agências não autorizadas. Podendo assim garantir a segurança pessoal dos clientes.
- **Padronização e regulamentos:** Ao ser uma área inovadora ainda não existem regras e/ou regulamentos padrão para diversos produtos/serviços disponíveis na Saúde 4.0. Como solução, é necessário fazer esforços de padronização tal como uma organização dedicada para padronizar Tecnologias de Saúde. Esta ajuda a obter uma resposta em tempo real e consequentemente resolve os problemas de dissimilaridade nos dados. Por fim, regulamentos complexos devem estar redigidos antes dos produtos de saúde se encontrarem disponíveis para os pacientes.
- **Fator humano:** De modo a criar interfaces amigáveis e dispositivos médicos centrados em ajudar o paciente, utilizadores do aparelho, assim como *stakeholders* devem fazer parte da equipa de design e fornecer o seu *feedback*.

4.2 Problemas das estruturas atuais

Para uma boa implementação da estrutura Saúde 4.0 é necessário abordar/melhorar diferentes aspectos nos sistemas de saúde atuais. Alguns destes desafios são uma boa plataforma para possíveis melhorias relacionadas com a Saúde 4.0[24].

- Abordar problemas de incompatibilidade entre médicos e dados de saúde dos pacientes em divisões múltiplas dentro de um único e diferentes serviços de saúde.
- Encontrar melhores formas de colecionar dados contínuos para a maioria das áreas de saúde. Estes dados serão utilizados para análises avançadas e tomadas de decisão.

- Fornecer métodos seguros e eficazes para gerir partilhas e troca de registos médicos, dados de saúde e informações da organização de diferentes serviços de saúde e organizações relacionadas com políticas de acesso e questões de privacidade.
- Introduzir ferramentas de automação eficazes/eficientes e serviços de monitorização para registos de saúde, procedimentos, e operações.
- Ajudar os que gerem os sistemas de saúde a avaliar processos com maior dependência de tecnologia para alcançar operações otimizadas e custos mais baixos.
- Adicionar recursos e analisar despesas operacionais de forma a otimizar métodos que ajudam a melhorar a utilização e partilha de recursos .
- Utilizar recursos com o intuito de incluir técnicas/algoritmos para operações inteligentes, de previsão e melhores ferramentas de visualização.
- Permitir a mudança e a adoção de novas tecnologias à medida que surgem, facilitando integração perfeita de novos dispositivos, equipamentos e serviços.
- Fornecer técnicas de colaboração seguras e eficazes para facilitar diferentes prestadores de serviços de saúde e indústrias relacionadas a trabalharem juntas para agilizar o fluxo de trabalho, melhorar a cadeia de abastecimento, encontrar falhas, identificar tendências e prever necessidades futuras na área de sistemas de saúde.

5 Assistência Médica 4.0

Assistência Médica 4.0 representa a mudança do paradigma relativamente à prestação de serviço médico, passando do atendimento tradicional, centrado em hospitais, para um atendimento mais virtualizado e distribuído recorrendo às seguintes tecnologias e técnicas:

- inteligência artificial (IA)
- aprendizagem profunda
- análise de dados
- genómica
- cuidados de saúde em casa
- robótica
- implantes
- impressão 3D de tecidos

Embora ainda muito ligado ao método mais tradicional de policlínica, os cuidados de saúde, cada vez mais, têm tentado evoluir, não sendo propriamente fácil, uma vez que estas mudanças não só são muito dispendiosas como também existem muitas barreiras culturais e falta de confiança em máquinas para tratarem da saúde humana. No entanto espera-se que inúmeras tarefas realizadas por médicos no futuro sejam substituídos por máquinas. De momento existem já modelos de inteligência artificial que conseguem realizar um diagnóstico de cancro dos pulmões com muita mais precisão que qualquer outro ser humano.

A utilização de *Big Data* (uma coleção de dados que tem dimensões enormes e que cresce exponencialmente com o tempo) na saúde tem um potencial enorme no que toca na ajuda na tomada de decisão e na ineficiência nos ecossistemas de saúde atuais. Um exemplo simples seria armazenar todo o historial clínico das pessoas desde que nascem até à sua morte. Assim acompanhar os resultados de exames e fornecer um diagnóstico mais preciso não seria muito complicado. Um outro passo seria analisar os dados das pessoas com uma determinada doença e tentar perceber como reagem a determinados tratamentos, de modo a poder ajudar no futuro pessoas que tenham que passar pelo mesmo.

Hoje em dia, embora exista a promessa de que os dados clínicos que sejam necessários para o tratamento de um doente estejam presentes em todo o lado, estes dados ainda se encontram muito rigidamente controlados. Cada local hospitalar mantém os seus próprios dados, guardados à sua maneira, e quando é necessário fornecer esses mesmos a uma outra instituição, esta partilha é realizada através de processos inerentemente manuais, como por exemplo fax e *e-mail*. Uma solução para isto seria uma solução de partilha *cloud* global, que permitiria endereçar as propostas anteriormente referidos, no entanto iria também levantar alguns problemas relativamente à privacidade dos dados.

A assistência médica atualmente enfrenta grandes desafios como demonstrado na figura 2. A digitalização da saúde provoca diversos desafios relativamente à nossa concepção de privacidade e propriedade dos dados. A rápida evolução da ciência, e por conseguinte da medicina aumentam os preços dos tratamentos. Embora a saúde esteja um pouco atrasada no que toca a tratamento de *big data* em comparação com outros setores de indústria, no que toca à quantidade de dados gerados já não é o caso. A quantidade e complexidade dos dados oriundos deste setor é o fator limitante para o rápido avanço nesta área relativamente a outros tipos de indústrias.

No futuro os cuidados de saúde serão prestados de forma contínua fora de portas hospitalares e com um maior foco na prevenção e intervenção mais atempada. Os tratamentos serão focados em cada pessoa e no seu próprio ecossistema, gerando um impacto positivo nos pacientes.

6 Aplicações de Agentes e Sistemas Multiagente na Saúde 4.0

Várias disciplinas propuseram diferentes definições para o termo sistemas Multiagente (MAS, *Multi-Agent System*). Recentemente, este termo recebeu uma definição mais geral: todos os tipos de sistemas compostos por múltiplos componentes autónomos que apresentem as seguintes características: Cada agente (software, hardware ou de natureza humana) tem capacidades incompletas para resolver um problema; Não há controlo global do sistema; Os dados são descentralizados; A computação é assíncrona[26].

Atualmente, há muita pesquisa e procura no campo de aplicações de MAS relacionadas à saúde. Muitas aplicações interessantes de MAS atuais na área da

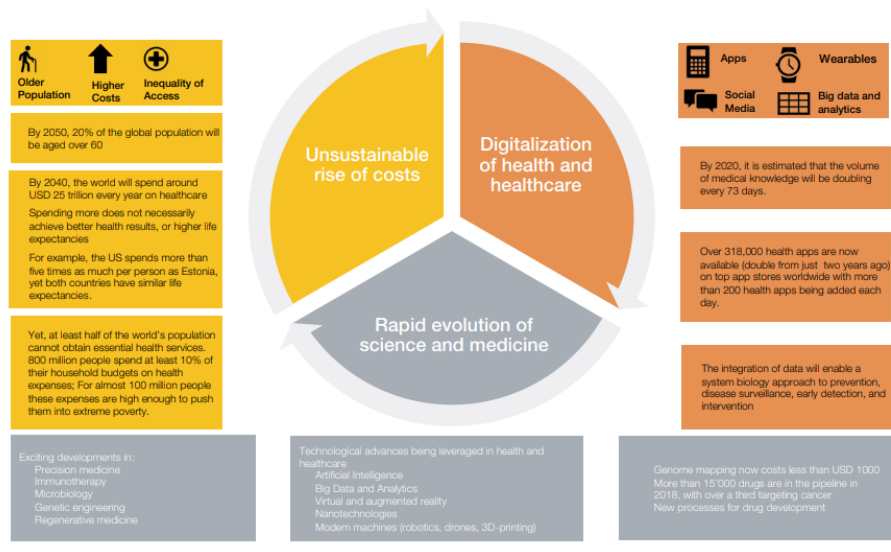


Figura 2. Desafios sistema de saúde - artigo [9]

saúde concentram-se na detecção de quedas, análise de marcha, monitorização da frequência cardíaca usando eletrocardiogramas (ECG), entre outras.

6.1 TeleCARE

O projeto TeleCARE visa a concepção e desenvolvimento de uma *framework* configurável focada em comunidades de apoio à população idosa [26]. Essas comunidades virtuais permitirão que os idosos fiquem em casa e mantenham, dentro de um certo limite, seu estilo de vida.

Neste projeto propõe-se o paradigma multiagente como uma infra-estrutura base em vez de TCP/IP na Internet por duas razões principais:

1. Mover o código para o local onde as ações são necessárias permite respostas em tempo real, autonomia e continuidade de prestação de serviços com dependência reduzida de disponibilidade de rede e atrasos;
2. Como novos agentes móveis podem ser criados e enviados para execução remota sempre que necessário, níveis mais altos de flexibilidade e escalabilidade são alcançados.

Como diferentes organizações tem desenvolvido diferentes produtos e serviços, em diversas áreas, há uma necessidade de uma plataforma comum à qual todos esses desenvolvimentos possam ser inseridos para que a interoperabilidade seja possível. Como tal, o TeleCARE tenta ser o mais aberto possível para que novos dispositivos possam se integrar à plataforma à medida que são desenvolvidos. Quanto à implementação deste projeto, a infraestrutura do mesmo está dividida em 3 níveis:

External Enabler Level: Suporta a comunicação pela rede e interface com dispositivos externos. Ou seja, este nível é responsável pela comunicação segura entre os nós da rede.

Core Multi-Agent System Platform Level: É o principal componente da plataforma básica e tem 2 funções principais: suportar a criação, lançamento, recepção e execução de agentes fixos e móveis, bem como receptivas interações e armazenar/manipulação de dados e informações a serem tratados no TeleCARE.

Vertical Services Level: Este é o nível de aplicação e consiste em dois conjuntos de serviços especializados: serviços horizontais de base e serviços verticais. Os serviços básicos fornecem funcionalidades para outros serviços verticais, tais como acesso a *webservices*, suporte à comunidade virtual e interfaces especializadas para idosos.

O sistema TeleCARE oferece uma plataforma robusta para a criação de aplicativos de saúde. Este sistema permite que idosos mantenham estilos de vida socialmente ativos e independentes, mantendo uma rede de segurança de serviços de saúde quando necessário.

7 Aplicações da Inteligência Artificial na Saúde 4.0

Com o recente progresso em diversas áreas tecnológicas como inteligência artificial, robótica, comunicação sem fios, entre outras, surgiram diversas novas aplicações das mesmas na saúde prestada em casa. Essas mesmas aplicações podem ser encontradas em seguida.

7.1 Hospital inteligente

Uma tendência atual é a pobre experiência dos utentes durante a hospitalização, muito provocada devido à falta de recursos de cuidados de saúde.

Em resposta a tal tendência, abordagens com assistência de inteligência artificial no tratamento médico, começaram a ser utilizadas um pouco por todo o mundo. Com o apoio da IBM, em 2016, a instituição *Thomas Jefferson University Hospital* lançou um hospital inteligente. A plataforma desenvolvida assiste a interação entre paciente e equipa de saúde, gravando conversas de modo a poderem ser reutilizadas em exames posteriores. [11]

Em Liverpool, Reino Unido, o hospital infantil *Alder Hey* criou o primeiro hospital "cognitivo" da sua região em colaboração com o centro *Hartree* do *Science and Technology Facilities Council*. Para tal aproveitou o poder da plataforma *Watson* da IBM em conjugação com *Big Data* para melhorar a experiência hospitalar dos seguintes modos:

- Melhorar a experiência dos pacientes, identificando as ansiedades dos mesmos e fornecendo informações e garantias sempre que necessário;
- Relembrar os jovens pacientes e respetivos pais sobre informações relativamente a consultas e cuidados posteriores;
- Fornecer *feedback* perspicaz aos médicos com base no tom e no sentimento das interações dos pacientes com o sistema;

Todo este sistema não só fornece um serviço mais personalizado os seus pacientes infantis, como também resulta em reduções de custos significativos. [12]

7.2 Previsão de doenças

Com o aumento de velocidade e precisão de diversos recursos ligados à inteligência artificial, determinados resultados médicos fora dos limites normais podem ser detetados mais cedo, podendo evitar sérias consequências ou complicações para os pacientes.

Em colaboração com a *Google DeepMind*, o hospital privado britânico *Moorfields Eye Hospital* desenvolveu um sistema de *machine learning* para rastrear de forma precoce, duas grandes causas para a perda de visão, a retinopatia diabética e a degeneração macular relacionada à idade.

Segundo o artigo [13] foi proposto um novo algoritmo de previsão de risco de doença multimodal baseado numa nova rede neuronal convolucional com dados reais de um hospital juntamente com uma experiência acerca da previsão de uma doença crónica regional de enfarto cerebral. A precisão desse modelo em concreto chegou a 94.8%.

Em conclusão, a análise precisa de dados médicos beneficia não só a deteção precoce de doenças, como também os serviços comunitários e o atendimento dos pacientes nesses mesmos serviços.

7.3 Diagnóstico assistido

O desenvolvimento progressivo nos últimos anos da tecnologia de processamento de imagem juntamente com *deep learning*, permite a sua utilização para o diagnóstico médico possibilitando ajudar os patologistas a fazer julgamentos mais objetivos e eficazes. O artigo [14] refere o desenvolvimento de uma *framework* de *machine learning* que simula a cognição do cérebro humano para analisar dados médicos complexos, e de seguida, automaticamente interpretar testes da função pulmonar e resultados de tomografia computadorizada de modo a diagnosticar algumas das doenças pulmonares obstrutivas mais normais.

Modelos de redes neurais profundas para diagnósticos assistidos por imagem médica foram também estudados e conseguiram obter altos níveis de precisão noutras áreas médicas como a classificação de *Parkinson* [15], retinopatia diabética [16] e ainda cancro da mama [17].

7.4 Terapia assistida

No que toca à terapia assistida, os mesmos avanços referidos nos tópicos anteriores, melhoram a qualidade e eficiência da mesma, reflectida maioritariamente na análise de *big data*, construção de bases de dados partilhadas inteligentes e fornecendo suporte de decisão clínica favorável.

Num futuro não muito longínquo, os médicos poderão usar análise inteligente para derivar dados específicos em cada fase do tratamento de um paciente. Antes

de um tratamento, o paciente será automaticamente analisado e retirado de si dados como peso, açúcar no sangue, alimentação e atividades, usando apenas um *app* de telemóvel ou um *wearable* para enviar os dados para registos de saúde electrónicos [18]. Será também possível fornecer ao médico uma avaliação mais específica de um determinado tratamento, através da análise automática de dados clínicos relativamente ao mesmo. Durante um tratamento um médico poderá tomar decisões de acordo com os resultados da análise, minimizando ou até mesmo evitando a ocorrência de eventos adversos para o paciente, caso este integre os dados em tempo real do processo de tratamento.

7.5 Reabilitação assistida

Depois de um tratamento, diversos dispositivos inteligentes analisam todos os dados (pré, durante e pós-tratamento) de modo a possibilitar os pacientes a perceber o seu estado de recuperação e poder antecipar alguma complicação que possa surgir.

Através do envolvimento das novas tecnologias inteligentes o processo de tratamento médico vai ser impactado. O uso destas mesmas, permitirá a aquisição de dados médicos com uma maior abrangência e precisão, com uma menor carga de trabalho humano quer em termos médicos, quer em termos de atendimento.

8 Exemplos

8.1 O Caso da Esclerose Múltipla

A esclerose múltipla (EM) é uma doença crónica e variável em questões de sintomas, curso clínico e resultados, para a qual ainda não existe cura. No entanto, nos últimos anos houve um enorme progresso no controlo da atividade da doença.

Durante as últimas décadas, uma série de medicamentos modificadores de doença (DMDs- *Disease-Modifying Drugs*) foram desenvolvidos e usados para controlo desta doença. Há evidências crescentes de que esses DMDs podem ser mais eficazes se houver uma monitorização mais precisa da própria doença ao longo de um período de tempo. Idealmente, os dados capturados seriam processados em tempo real a fim de sinalizar problemas para a equipa de atendimento e ainda antecipar défices motores e/ou cognitivos na tentativa de compensar défices neurológicos.

Um outro exemplo de aplicação na Saúde 4.0, também mencionado no artigo [25], consiste na identificação precoce de limitações funcionais provocadas pela EM. Sendo esta mais especificamente a capacidade de andar dos pacientes. A deficiência no andar é uma das manifestações mais visíveis e graves da EM, logo, é importante que haja uma intervenção rápida por parte da equipa medica. Idealmente, o paciente deveria ser capaz de fornecer tal aviso em tempo real e não após um período de tempo, até a consulta marcada com o médico. Recentemente foi relatado que o uso de sensores domésticos para analisar os parâmetros da marcha em tempo real é viável e pode levar a uma melhor análise da marcha em pessoas com EM.

Espera-se no futuro, poder ser possível apoiar pacientes com défices motores e/ou cognitivos em tempo real por meio de estimulação neuronal ou interfaces de usuário. Em última análise há uma chance realista de até mesmo prever surtos e deterioração subsequente, minimizando assim os danos e retardar uma deterioração geral que de outra forma poderia ser irreversível.

8.2 Pandemia do Covid-19

A pandemia gerada pelo alastramento do vírus Covid-19 trouxe enormes desafios de proporções globais em todos os setores. Sendo o setor da saúde um dos mais impactados e tendo este um papel fundamental na resposta ao vírus, considera-se a pandemia do Covid-19 como sendo a primeira crise global de saúde na era digital. Desta forma seria um bom alvo para as melhorias trazidas por parte da assistência médica 4.0 sendo por isso apresentada uma tabela na figura 3 que, de forma esquemática, estabelece uma relação entre estes dois tópicos salientando soluções e tecnologias necessárias para as suas implementações.

9 Conclusão

A Indústria 4.0 em geral visa automatizar a indústria sob a qual atua. A Saúde 4.0 (ou Hospital 4.0) é uma área onde as abordagens da indústria 4.0 são consideradas extremamente benéficas. A introdução de serviços de saúde inteligentes, autônomos e melhorados irá ter grande impacto na qualidade e eficiência da saúde ao mesmo tempo que reduz os seus custos. Oferece a capacidade de integrar organizações de cuidados de saúde, tecnologias, extensa quantidade de dados de saúde e usá-los para fornecer cuidados aprimorados ao paciente, melhores instalações e gestão de recursos, e uma colaboração entre organizações mais eficaz.

Além disso, o uso de dados elimina suposições, motiva pacientes, economiza tempo, aumenta a transparência e ajuda os pacientes a definir as suas expectativas. De facto, dados deveriam ser usados para mostrar aos pacientes os potenciais resultados de cada decisão, facilitando a comparação com pacientes com processos patológicos semelhantes. Isto distanciaria o modelo do médico com um papel paternalista, onde provedores dizem aos pacientes o que fazer e esperam concordância, introduzindo um modelo de tomada de decisão colaborativa alimentado por dados.

Por exemplo, considerando a atual pandemia do COVID-19, muitos dos esforços para a combater foram fortemente suportados por tecnologias, análise de dados, aplicações de rastreamento e pesquisa médica. Se Saúde 4.0 estivesse implementada em todos esses setores e muitos outros, todos os envolvidos poderiam colaborar, partilhar dados e recursos perfeitamente. Como resultado, mais soluções, vacinas, protocolos de tratamento, e planos de proteção teriam sido alcançados, decisões mais informadas tomadas, melhor consciencialização e proteção alcançada, e abordagens mais eficazes para resolver o problema encontradas mais rápido com menor uso de recursos e tempo.

Tarefas de Saúde 4.0	Problema da pandemia COVID-19	Solução potencial	Tecnologias e Inteligência Artificial
Diagnóstico assistido	<ul style="list-style-type: none"> Falta de médicos especializados em lugares remotos Quarentena parcial ou rígida 	<ul style="list-style-type: none"> Diagnóstico automático 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Machine learning</i> Computação <i>cloud</i> Computação <i>fog</i> Sensores <i>Deep learning</i>
Ambientes aumentados	<ul style="list-style-type: none"> Restrições de contato Quarentena parcial ou rígida Aulas online 	<ul style="list-style-type: none"> Planeamento de procedimentos de rastreamento de lesões Simulação de tele-cirurgia Treino 	<ul style="list-style-type: none"> Realidade Virtual Realidade Aumentada <i>Blockchain</i> Comunicação holográfica Visão computacional tátil Sensores <i>Kinect</i> Computação móvel
Robótica médica	<ul style="list-style-type: none"> Restrições de contacto 	<ul style="list-style-type: none"> Robôs de ambulância Cirurgia assistida Enfermagem Robôs rececionistas Tratamento baseado em robótica Esterilização em superfícies Tele-cirurgia Acompanhamento de atividades cirúrgicas 	<ul style="list-style-type: none"> Internet tátil 5G <i>Deep learning</i> Máquina de impressão a laser Robótica
Serviços clínicos remotos	<ul style="list-style-type: none"> Falta de médicos especializados em lugares remotos Quarentena parcial ou rígida 	<ul style="list-style-type: none"> Estudos de sintomas COVID-19 Prescrições eletrônicas Juntar informação Monitoramento de saúde Comunicação holográfica <i>Drones</i> médicos Avaliação pós-operatória Reabilitação Cirurgia remota Tele-odontologia Plataforma virtual de atendimento 	<ul style="list-style-type: none"> Redes 5G <i>Big data</i> <i>Bluetooth</i> Computação <i>cloud</i> <i>Deep learning</i> Computação <i>fog</i> de drones HTTP de alto desempenho Aplicações móveis Processamento de linguagem natural Redes de sensores Termômetros inteligentes <i>Wearables</i> Wi-Fi

Figura 3. tabela baseada no artigo [23]

Neste artigo discutimos a necessidade de mudança do conceito de hospital. Para isso começamos por analisar o estado atual da situação com os hospitais como uma policlínica seguido de duas visões inovadoras centradas no paciente: Hospital 4.0 e Assistência Médica 4.0.

Estas abordagens para serem bem sucedidas precisam inerentemente de acesso a dados e recursos ubíquos. Com isto surgem diversos desafios como garantir elevados níveis de segurança e a proteção da confidencialidade e privacidade de todos os envolvidos que levantam outras questões de ética que não foram discutidas neste artigo.

Referências

1. N. Mohamed , J. Al-Jaroodi. *The impact of industry 4.0 on healthcare system engineering* (2019)
2. J. L. Dieleman, T. Templin, N. Sadat, P. Reidy, A. Chapin, K. Foreman, A. Haakenstad, T. Evans, C. J. L. Murray, C. Kurowski. *National spending on health by source for 184 countries between 2013 and 2040, Lancet* (387), 2521-2535 (2016)
3. Hermann, M., Pentek, T., Otto, B., Pentek, T., Otto, B. *Design principles for industry 4.0 scenarios: A literature review.* (2015).
4. Serviço Nacional de Saúde , <https://www.spms.min-saude.pt/2020/07/registo-de-saude-eletronico/> [consultado em 20-03-2022].
5. P. Afferni, M. Merone, P. Soda: *Hospital 4.0 and its innovation in methodologies and technologies* (2018)
6. G. Tortorella, F. Fogliatto, K. Espôsto, A. Vergara, Roberto Vassolo, D. Mendoza, G. Narayanamurthy : *Measuring the effect of Healthcare 4.0 implementation on hospitals' performance* (2020)
7. M. Wehde : *Healthcare 4.0* (2019)
8. D. Sudana, A. Emanuel : *How Big Data in Health 4.0 Helps Prevent the Spread of Tuberculosis* (2019)
9. A. Goy, S. Nishtar, V. Dzau, C. Balatbat, R. Diabo : *Health and healthcare in the Fourth Industrial Revolution: Global Future Council on the Future of Health and Healthcare 2016-2018* (2019)
10. G. Yang , Z. Pang, S. Member, M. Deen, M. Dong, Y. Zhang, N. Lovell, A. Rahmani : *Homecare Robotic Systems for Healthcare 4.0: Visions and Enabling Technologies* (2020)
11. H. Madduri, N. Gomes : *Designing a cognitive concierge service for hospitals* (2017)
12. A. Hey's : *"cognitive hospital" aims to turn NHS use of AI on its head* (2018)
13. M. Chen : *Disease prediction by machine learning over big data from healthcare communities* (2017)
14. D. K. Das : *Automated screening methodology for asthma diagnosis that ensembles clinical and spirometric information* (2016)
15. R. R. Shamir, : *Machine learning approach to optimizing combined stimulation and medication therapies for Parkinson's disease* (2015)
16. H. Pratt : *Convolutional neural networks for diabetic retinopathy* (2016)
17. F. A. Spanhol : *Breast cancer histopathological image classification using convolutional neural networks* (2016)
18. P. B. Jensen : *Mining electronic health records: Towards better research applications and clinical care* (2012)
19. S. Paul, M. Riffat, A. Yasir, M. Mahim, B. Sharnali, I. Naheen, A. Rahman, A. Kulkarni : *Industry 4.0 Applications for Medical/Healthcare Services* (2021)
20. M. Javaid, A. Haleem, R. Vaishya, S. Bahl, R. Suman, A. Vaish : *Industry 4.0 technologies and their applications in fighting COVID-19 pandemic* (2020)
21. J. Al-Jaroodi, N. Mohamed, E. Abukhousa : *Health 4.0: On the Way to Realizing the Healthcare of the Future* (2020)
22. Aparna Kumari, Sudeep Tanwar, Sudhanshu Tyagi, Neeraj Kumar: *Fog computing for Healthcare 4.0 environment: Opportunities and challenges* (2018)
23. Ameela AL-Jaroodi, Nader Mohhmed, Eman Abukhousa: *Health 4.0: On the Way to Realizing the Healthcare of the Future* (2020)
24. Cecilia-Irene Loeza-Mejía, Eddy Sánchez-DelaCruz, Pilar Pozos-Parra, Luis-Alfonso Landero-Hernández: *The potential and challenges of Health 4.0 to face COVID-19 pandemic: a rapid review* (2021)

25. Nikolaos Grigoriadis, Christos Bakirtzis B' Dept. of Neurology and the Multiple Sclerosis Center: *Health 4.0: The Case of Multiple Sclerosis*
26. Elhadi Shakshuki, Malcolm Reid: *Multi-Agent System Applications in Healthcare: Current Technology and Future Roadmap* (2015)
27. Byung-Mo Han, Seung-Jae Song, Kyu Min Lee, Kyung-Soo Jang, Dong-Ryeol Shin: *ulti Agent System based Efficient Healthcare Service*