

O paradoxo atual dos humanos a se tornarem máquinas versus as máquinas a se tornarem humanas.

Versão final após defesa

Marcia Dayane Maciel Aragão

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Ciências Biomédicas

(2º ciclo de estudos)

Orientador: Professor Doutor José António Menezes Felipe de Souza

Co-orientador: Mestre Bianca Gonçalves Magalhães

novembro de 2023

Declaração de Integridade

Eu, Marcia Dayane Maciel Aragão, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M10583 do 2º ciclo de estudos de mestrado em Ciências Biomédicas da Faculdade de Ciências da Saúde, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referência de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 23 /11 /2023



(assinatura conforme Cartão de Cidadão ou preferencialmente assinatura digital no documento original se naquele mesmo formato)

Agradecimentos

Nesta secção, gostaria de expressar a minha gratidão a todos os que contribuíram de diversas formas e me apoiaram no processo de desenvolvimento e escrita desta dissertação. Por estes motivos, vou expressar os meus sinceros agradecimentos:

Antes de tudo, agradeço à Deus. Aos meus pais, que são meus exemplos e sempre estão ao meu lado apoiando as minhas decisões. Ao meu marido Loureiro, que me apoia e me dá forças para alcançar meus sonhos. Ao meu filho que está em meu ventre suportando junto de mim a carga emocional. A minha família, que está sempre me encorajando a ser melhor. Aos meus avós, que aonde quer que estejam, sempre olham por mim.

Ao meu orientador, Professor Doutor J.A.M Felipe Souza, primeiramente por aceitar orientar-me, pela constante disponibilidade, ajuda prestada, paciência, ensinamentos e sabedoria que me transmitiu ao longo destes meses de colaboração. Admiro muito todo o seu conhecimento, a sua capacidade de dedicação profissional e a permanente sede de atualização científica.

O mundo dá voltas e, como já dizia Saramago, “sempre chegamos ao sítio aonde nos esperam”. Mas apenas consegui chegar aonde hoje estou graças às pessoas que estiveram ao meu lado, nesse percurso que muitas vezes se tornou bastante árduo para apenas uma pessoa suportar.

Um “super” agradecimento aos amigos que fiz do lado de cá do oceano, minha rede de apoio em Portugal, que tornam a vida mais leve e divertida. Agradeço imensamente à minha co-orientadora Bianca por dividir comigo o desespero da revisão de literatura e me auxiliar no caminho certo.

A todos fica o meu carinho e um grande beijinho!

Resumo

Estamos, cada vez mais, a usar dispositivos tecnológicos para realizar tarefas e obter informações. Graças à tecnologia estamos a assistir a um aumento da saúde e bem-estar, com a criação de dispositivos como os já comuns rastreadores de exercícios físicos que ajudam as pessoas a monitorar as suas atividades diárias e manter-se saudáveis.

A tecnologia também nos permite aproveitar o que a vida tem para nos oferecer, proporcionando-nos a possibilidade de viajar a qualquer lugar do mundo. A tecnologia veio a tornar a vida mais simples, tornando a comunicação mais acessível e permitindo-nos ficar conectados com o mundo.

Enfim, a tecnologia veio para melhorar a qualidade de vida dos seres humanos. Portanto, os pesquisadores estão com desafios de desenvolver máquinas melhores e inteligentes, fazendo com que a interação Humanos-Máquinas fique cada vez mais natural. É evidente que a tecnologia nos permite evoluir, permitindo-nos usufruir de vidas mais longas e saudáveis, aproveitar o que a vida tem para oferecer e melhorar a nossa comunicação entre máquinas e humanos.

Palavras-chave

Inteligência Artificial; Humanos; Robôs; Máquinas; Próteses; Órgãos Artificiais

Abstract

We are increasingly using technological devices to perform tasks and obtain information. Thanks to technology, we are seeing an increase in health and well-being, with the creation of devices such as the now common fitness trackers that help people monitor their daily activities and stay healthy.

Technology also allows us to enjoy what life has to offer, giving us the ability to travel anywhere in the world. The technology has made life simpler, making communication more accessible and allowing us to stay connected with the world.

Finally, technology came to improve the quality of life of human beings. Therefore, researchers are faced with the challenge of developing better and intelligent machines, making the interaction between Humans and Machines increasingly natural. It is clear that technology allows us to evolve, allowing us to enjoy longer and healthier lives, enjoy what life has to offer and improve our communication between machines and humans.

Keywords

Artificial Intelligence; Humans; Robots; Machines; Prosthetics; Artificial Organs

Índice

Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1 Revolução Industrial 4.0	1
1.2 O uso da inteligência artificial na medicina	2
Capítulo 2	5
Objetivos	5
2.1. Objetivo do Estudo	5
2.2 Estrutura e organização do trabalho	5
Capítulo 3	7
Máquinas tornando-se humanas	7
3.1 Classificação de um robô	8
3.2 Funcionamento de um robô	9
3.3 Robôs Industriais	11
A. Aplicações	13
B. Automação	13
3.4 Robôs inteligentes	14
A. Machine Learning	15
B. Teste de Turing	16
C. Agentes inteligentes	17
D. Aplicações	19
E. Previsões Futuras	22
F. Questões Éticas	24
Capítulo 4	26
Humanos tornando-se máquinas: Próteses e Implantes	26

4.1 Membros artificiais	27
A. Mão Biônica	28
B. Braço biônico	31
C. Perna biônica	36
4.2 Próteses e Implantes	38
4.2.1 Órgãos Artificiais	39
A. Método de Bio impressão.	40
B. Fígado Artificial	48
Capítulo 5	53
Aplicação <i>WEB</i> para uso em serviço de urgência hospitalar seguindo o Sistema de Triagem de Manchester.	53
5.1 Redes Neurais Artificiais (RNA)	54
5.2 Visual Studio Core (VSC)	56
5.3 Apresentação dos resultados e testes.	59
Capítulo 6	63
Conclusão	63
Referências	65

Lista de Figuras

Figura 1: Densidade de vendas de robôs de serviço no mundo.

Figura 2: Esquema de funcionamento de um robô

Figura 3: (esquerda) braço robótico do Carnegie Mellon University e (direita) robô Asimo da Honda

Figura 4: Representação da semelhança entre o braço de um Homem e os robôs manipuladores industriais

Figura 5: Representações dos movimentos humanos

Figura 6: Tarefa humana (esquerda), mesma tarefa feito por um AGV (direita).

Figura 7: Tipos de inteligência-consciência

Figura 8: Ciclo do Machine Learning

Figura 9: Alan Turing (esquerda) e a esquematização do teste de Turing (direita).

Figura 10: Agentes interagem com o ambiente através de sensores e atuadores. Na figura o rover Perseverance em Marte

Figura 11: Evolução do robô Asimo da Honda.

Figura 12: Robô Sophia imitando expressões faciais humanas.

Figura 13: O CyberOne em feira de demonstração para compra

Figura 14: Um crescimento linear entre número de transístores e tempo.

Figura 15: Demonstração de um crescimento linear entre número de transístores e tempo.

Figura 16: Evolução das próteses humanas.

Figura 17: 1) mão biônica da Suíça 2) mão biônica da Suécia

Figura 18: Mostrando um estímulo nervoso para dar o comando á prótese e a pele eletrônica dando sensação de toque a mão biônica.

Figura 19: Protótipo de um braço biônico

Figura 20: Ilustra uma prótese mio elétrica

Figura 21: Soquete para um braço e elétrodos para uma prótese mio elétrica

Figura 22: Braço biônico MPL

Figura 23: (A) Rede Eletrocorticográfica Epidural - altamente invasivo, (B) Matriz de Microelétrodos Flutuantes - altamente invasivo, (C) Matriz de elétrodos inclinados de Utah – moderadamente invasivo

Figura 24: Hugh Herr, professor associado no MIT e na Universidade de Harvard e responsável pelo Grupo de Pesquisa em Mecatrónica do Media Lab do MIT

Figura 25: Protótipo da perna biónica do projeto de Hargrove

Figura 26: Bio-impressão 3D da orelha

Figura 27: 1) Bio-impressão de um coração - 2019 2) Bio-impressão de uma córnea artificial - 2018

Figura 28: Implante retiniano da Argus II

Figura 29: Primeiro coração artificial total

Figura 30: (á esquerda) o coração artificial total - modelo Akutsu-III, e (á direita) o coração humano

Figura 31: Ilustração do mecanismo do Jarvik-7

Figura 32: (A) Abiocor e os seus componentes adjacentes, (B) imagem de um Abiocor e (C) representação do fluxo sanguíneo com o Abiocor

Figura 33: (A) exemplo de um LVAD (no ventrículo esquerdo) e os seus componentes e (B) LVAD num raio X

Figura 34: Componentes do HeartMate II e composição do motor mecânico

Figura 35: Componentes do HeartMate III e composição do motor de indução magnética

Figura 36: Ilustração do funcionamento de dispositivos Bio-artificiais do suporte do fígado (BAL)

Figura 37: Ilustração do funcionamento do dispositivo MARS

Figura 38: Ilustração do Neurônio biológico simplificado

Figura 39: Exemplo de uma rede neural com multicamadas

Figura 40: Exemplo de uma MVC para aplicações

Figura 41: Representação do processo de desenvolvimento da aplicação WEB elaborada pela autora

Figura 42: Parte do código-fonte que mostra a função *getInfoBasedOnScore*, na fase de testes, desenvolvida pela autora

Figura 43: Interface da Aplicação Web desenvolvida pela autora

Lista de Tabelas

Tabela 1: Sensores e atuadores mimetizados para agentes inteligentes a partir de humanos.

Tabela 2: Prótese MPL e os vários tipos de elétrodos consoante a sua invasividade.

Tabela 3: Percentagem de erros cometido pelas próteses com e sem os sensores EMG.

Tabela 4: Dispositivos comercializados de suporte de fígado.

Tabela 5: Categorias do Sistema de Triagem de Manchester.

Tabela 6: Requisitos Funcionais.

Tabela 7: Requisitos Não-Funcionais.

Lista de Acrónimos

IA	Inteligência Artificial
CEII-ACC	Centro de Estudos e Investigação em Inteligência Artificial e Ciências Comportamentais
RNA	Redes Neurais Artificiais
3D	Tridimensional
EHRs	Sistemas de registo eletrónico de saúde
B-On	Biblioteca do Conhecimento Online
BCI	Brain-computer interface
RAPL	Robótica Avançada de Linguagem
AGV	Veículos guiados automaticamente
QI	Quociente de inteligência
Asimo	Advanced Step in Innovative Mobility
IoT	Internet das coisas
APL	Applied Physics Laboratory
MPL	Modular Prosthetic Limb
EMGs	Eletromiografia de Superfície
Tactor	Estimulador sensorial táctil
IMES	Sensor mioelétrico implantável
USEA	Matriz de elétrodos inclinados de Utah
ECoG	Rede Eletrocorticográfica Epidural
FMA	Matriz de Microelétrodos Flutuantes
UEA	Matriz de elétrodos de Utah
EMG	Eletromiográficos
TAH	Coração Artificial Total
VAD	Dispositivos de assistência ventricular
FDA	Food and Drug Administration
RVAD	Dispositivo de assistência do ventrículo direito
LVAD	Dispositivo de assistência do ventrículo esquerdo
BiVAD	Dispositivo de assistência do ventrículo direito e esquerdo
ALSS	Sistema de suporte do fígado artificial
BAL	Dispositivos Bio-artificiais de suporte do fígado

NBL	Dispositivos Artificiais de suporte do fígado
MARS	Sistema de recirculação adsorvente molecular
ELAD	Dispositivo de assistência de fígado extracorporal
BLSS	Sistema de suporte de fígado bio-artificial
RFB	Biorreator de fluxo radial
FPSA	Sistema de separação e adsorção de plasma fracionado
SPAD	Diálise de albumina de passagem única
SEPET	Terapia seletiva de filtração de plasma
AMC-BAL	Fígado bio-artificial
MELS	Suporte hepático extracorpóreo modular
TECLA-HALSS	Sistema Artificial de Suporte Hepático Artificial TECA-Híbrido
FHF	Insuficiência hepática fulminante
SU	Serviço de Urgência
STM	Sistema de Triagem de Manchester
VSC	Visual Studio Core
MVC	Model-View-Controller
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
JS	Java Script
CSS	Cascading Style Sheets

Capítulo 1

Introdução

1.1 Revolução Industrial 4.0

O mundo está a passar por uma mudança com o avanço da tecnologia, chamada de 4ª revolução industrial ou Indústria 4.0. Esta revolução está criando oportunidades de negócios para as empresas, aumentando a produtividade, melhorando a qualidade dos produtos e serviços e criando novos empregos. A Indústria 4.0 está mudando a forma como as pessoas trabalham, pensam e se relacionam com a tecnologia, bem como a forma como os negócios são realizados. Ela é baseada em quatro pilares principais: conectividade, automação, inteligência artificial (IA) e realidade virtual ou realidade aumentada. Estes pilares permitem que as empresas se conectem aos seus clientes, automatizem processos, incorporem inteligência artificial e criem experiências imersivas para seus usuários. A Indústria 4.0 também oferece uma plataforma para a tomada de decisões de negócios otimizada, criação de novos mercados e serviços, análise de dados e inteligência artificial aplicada para analisar dados e informações.

A tecnologia está fornecendo maneiras diferentes e mais inovadoras de nos aprimorar, permitindo-nos responder melhor a um mundo que se move em um ritmo mais rápido e garantir com mais facilidade essa vantagem competitiva tão importante para empresas e indústrias. Esses desafios e aspirações pressionam os pesquisadores a ultrapassar os limites da tecnologia para desenvolver máquinas mais inteligentes, uma vez que essas construções inteligentes representam a maneira mais prática de aumentar nossas capacidades. Criamos máquinas que podem aprender por conta própria, observando-nos, entendendo o *big data* e observando as experiências à medida que se desenrolam na web. Igualmente importante é a capacidade dessas criações inteligentes de testar seu conhecimento recém-adquirido contra outras máquinas e internamente por meio do uso de clones virtuais. (26)

Certamente, a Inteligência Artificial progrediu significativamente, embora seja mais em termos de aplicabilidade do que em termos de progresso teórico absoluto. As máquinas evoluíram além de suas origens mecânicas e provavelmente ultrapassarão os humanos em um número crescente de áreas. O Centro de Estudos e Investigação em Inteligência Artificial e Ciências Comportamentais (CEII-ACC), é um centro multidisciplinar que reúne filósofos, psicólogos, advogados e cientistas da computação, com o objetivo da investigação na área de IA e Comportamental. O conceito de inteligência artificial não é contemporâneo. Já a Inteligência artificial fraca, trata-se da noção de como lidar com problemas não determinísticos. É a investigação na criação de inteligência artificial que não é capaz de, verdadeiramente, raciocinar e resolver problemas sozinha. Uma máquina com esta característica de inteligência agiria como se fosse inteligente, mas não tem autoconsciência ou noção de

si. Um dos campos da IA fraca é o processamento de linguagem natural, que consiste no estudo da compreensão automática de línguas humanas naturais. (27)

1.2 O uso da inteligência artificial na medicina

A IA, incluindo as Redes Neurais artificiais, são um campo da ciência que constrói uma linguagem que conecta as máquinas com os humanos. Há relações entre a lógica, a anatomia, a álgebra matemática na construção da IA na medicina para a leitura dos sinais vitais humanos. O corpo humano é uma máquina biológica que inspirou a era das máquinas tecnológicas. Embora os humanos sendo vistos como seres orgânicos construímos um mundo sintético regido por máquinas totalmente artificial.

A vida cotidiana exige muito conhecimento sobre o mundo e o nosso conhecimento na área de ciências biomédicas está sempre a se expandir de maneira ativa e dinâmica e não é possível ser processado ou armazenado por um único cérebro humano. Dessa forma, é bem difícil para o médico contemporâneo manter-se atualizado com um amplo espectro de novos dados e descobertas, bem como em relação à utilização dessas informações com facilidade e em tempo hábil. Podemos adicionar nesse quadro as significativas taxas de *burnout* entre profissionais de saúde e o importante impacto de erros médicos – que nos Estados Unidos representam a terceira principal causa de morte. (31)

Uma maneira de lidar com esse desafio é utilizar a tecnologia para acessar e processar grandes volumes de dados de saúde. Com o avanço da inteligência artificial e da computação em nuvem, é possível desenvolver sistemas de informação médica que ajudem os profissionais de saúde a tomar decisões mais atualizadas e precisas. Esses sistemas podem analisar dados de pacientes, assim como informações atualizadas sobre diagnóstico e tratamento, para auxiliar os médicos na tomada de decisões clínicas. Por exemplo, algoritmos de aprendizado de máquina podem identificar padrões em dados de pacientes para auxiliar no diagnóstico de doenças ou prever o risco de complicações.

Além disso, esses sistemas também podem ajudar os profissionais de saúde a se manterem atualizados. Eles podem fornecer acesso rápido a literatura científica atualizada, resumos de estudos clínicos e recomendações de prática clínica baseadas em evidências. Isso pode ajudar os médicos a se manterem informados sobre as últimas descobertas e aprimorarem sua prática clínica de acordo com as melhores evidências disponíveis.

Um exemplo de aplicação da IA na área da saúde é o uso de algoritmos para analisar exames de imagem, como radiografias e tomografias. Com base em um banco de dados de milhares de imagens, a IA consegue identificar com alto grau de precisão a presença de doenças, como tumores ou lesões, mesmo antes que sejam detetadas em estágio inicial por um médico humano. Isso possibilita um diagnóstico mais rápido e preciso, aumentando as chances de sucesso no tratamento. (28)

Além disso, a IA também pode ser utilizada para acompanhar a evolução de pacientes e identificar possíveis complicações. Através da monitorização de dados como sinais

vitais e resultados de exames regulares, a IA pode detetar alterações e alertar os médicos, permitindo um acompanhamento mais eficaz e a intervenção precoce. (29)

Outra área em que a IA tem se mostrado promissora é na realização de cirurgias. Através de robôs auxiliados por algoritmos de IA, é possível realizar procedimentos cirúrgicos com maior precisão e menor risco de complicações. Os cirurgiões auxiliados por robôs são capazes de realizar movimentos mais precisos e delicados do que um cirurgião normalmente seria capaz, além de terem uma visão em 3D que permite uma melhor visualização do campo cirúrgico. (28)

Sendo assim, a Inteligência Artificial na área da saúde está relacionada ao uso de algoritmos e tecnologias avançadas para auxiliar no diagnóstico de doenças, no planejamento de tratamentos e na realização de cirurgias. Através da análise de grandes quantidades de dados, a IA consegue identificar padrões e características específicas que podem, conforme já dito, ajudar os médicos a tomar decisões mais precisas e efetivas. (30)

No entanto, apesar de todos os benefícios e avanços trazidos pela Inteligência Artificial para a área da saúde, é importante ressaltar que ela ainda não substitui o papel dos médicos e outros profissionais de saúde. A IA deve ser vista como uma ferramenta complementar, auxiliando na tomada de decisões e no aumento da eficiência dos serviços, mas sempre com a supervisão e orientação dos especialistas humanos (29). Os médicos cada vez mais necessitam ter um sólido conhecimento base e habilidades clínicas para interpretar e aplicar as informações fornecidas pelos sistemas de informação.

Em suma, a utilização da Inteligência Artificial na área da saúde traz inúmeros benefícios, como maior precisão no diagnóstico, planejamento de tratamentos mais eficazes e realização de cirurgias mais seguras. No entanto, é importante que haja um equilíbrio entre o uso da tecnologia e a prática clínica, garantindo sempre a supervisão e o conhecimento humano (28). A IA pode ser uma aliada poderosa para a saúde, mas nunca deve substituir integralmente o cuidado humano e a relação médico-paciente.

Há uma relação intrínseca entre a IA com a Medicina em toda história da tecnologia e no aprendizado de máquinas. A proficiência das técnicas de IA tem sido explorada em quase todos os campos da medicina.

Além disso, a tecnologia também pode desempenhar um papel na prevenção de *burnout* entre os profissionais de saúde. Sistemas de registo eletrónico de saúde (EHRs, na sigla em inglês) podem ser projetados de maneira a reduzir a carga de trabalho administrativa dos médicos, permitindo que eles se concentrem mais no atendimento aos pacientes. Além disso, o uso de ferramentas de comunicação digital, como telemedicina, pode facilitar o acesso mais rápido a cuidados médicos, reduzindo potencialmente o estresse e a sobrecarga de trabalho.

Em suma, a vida cotidiana de um médico moderno é desafiadora devido à quantidade crescente de conhecimento e ao volume de dados em saúde em constante expansão. No entanto, a tecnologia pode ser uma aliada nesse processo, fornecendo acesso a informações atualizadas. A integração adequada entre o conhecimento médico e a

tecnologia pode levar a melhores resultados de saúde e cuidados mais efetivos para os pacientes.

Portanto, este estudo analisou desde a perspectiva histórica até algumas analogias entre o cérebro humano e a inteligência de computadores, os olhos humanos que foram copiados para máquinas filmadoras, as mãos que inspiraram robôs mecatrônicas de linhas de montagem, os tecidos dérmicos que possibilitaram a medicina regenerativa e a impressão tecidual. Assim como foi elaborado um programa *WEB* para uso de triagem médica em ambiente hospitalar.

Capítulo 2

Objetivos

2.1. Objetivo do Estudo

Com a evolução da inteligência artificial, as máquinas têm sido capazes de desempenhar tarefas que antes eram exclusivas dos seres humanos. Isso levanta a questão do que acontecerá quando as máquinas se tornarem capazes de realizar todas as tarefas que os humanos podem fazer. Por um lado, isso traz benefícios, já que as máquinas podem realizar tarefas de forma mais eficiente e precisa do que os humanos. Por exemplo, na indústria, a robótica tem sido utilizada para automatizar processos, reduzir erros e aumentar a produção. Na medicina, a inteligência artificial tem sido usada para fazer diagnósticos mais precisos e desenvolver tratamentos mais eficazes. No entanto, ao mesmo tempo em que as máquinas estão substituindo os seres humanos em várias áreas, os próprios humanos estão buscando melhorar suas habilidades ou compensar deficiências físicas através da incorporação de tecnologias biônicas. Assim, o objetivo geral deste trabalho é evidenciar o paradoxo que as máquinas estão a desempenhar tarefas humanas com o uso da inteligência artificial em diversas áreas e os humanos estão cada vez mais a substituir os seus órgãos e membros naturais por sistemas biônicos em busca de uma melhor qualidade de vida.

A metodologia adotada nesta pesquisa foi observacional, não analítica, seguido de uma revisão bibliográfica de artigos científicos, revistas e notícias em bases de dados. Apesar da pesquisa ter sido realizada em língua portuguesa, os artigos que porventura foram encontrados em espanhol, inglês ou outra língua também foram considerados no processo de seleção desta revisão sistemática. E por fim temos a criação de uma aplicação *WEB* para uso em triagem médica hospitalar.

Para tal, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Estudo de trabalhos, artigos e publicações realizando pesquisas nos principais sites, por exemplo, Scielo, Scopus, Web of Science, PubMed, Wiley, Science Direct, e B-On (ferramenta portuguesa de investigação, Biblioteca do Conhecimento Online).
- Pesquisar artigos relacionados com a "inteligência artificial", "robôs médicos", "redes neuronais", "*Big Data* em Saúde", "Engenharia Tecidual", "Impressora de Pele", "robótica industrial", "membros artificiais", "triagem médica".
- Programar a aplicação *WEB* usando o programa *Visual Studio Core*.

2.2 Estrutura e organização do trabalho

Esse trabalho está dividido em tópicos, sendo cada um deles explicando assuntos diferentes do tema principal. Sendo eles:

- Máquinas tornando-se humanas: É apresentado uma visão geral sobre a inteligência artificial, como ela é classificada e como as máquinas se estão a tornar cada vez mais humanizadas;
- Humanos tornando-se máquinas: É apresentado os conceitos relacionados com a “maquinização” dos humanos, fazendo uso de utilização de próteses e implantes;
- Aplicação WEB para uso em serviço de urgência hospitalar seguindo o Sistema de Triagem de Manchester: É apresentada uma aplicação que pode ser usada por humanos para auxiliar na agilidade do atendimento de utentes em emergências hospitalares.

Capítulo 3

Máquinas tornando-se humanas

O avanço da tecnologia não só contribui para o desenvolvimento da robótica como também permite a implementação de novas tecnologias como a Internet das Coisas, Inteligência Artificial e *Big Data*. Estas tecnologias ampliam o âmbito da robótica, permitindo criar robôs mais inteligentes e capazes de realizar tarefas com maior precisão e assertividade. Todavia, é importante ter em conta os desafios da implementação destas tecnologias. Por exemplo, a inteligência artificial tem provocado controvérsia devido ao seu potencial para substituir o ser humano, causando desemprego e a redução de mão-de-obra na produção industrial. Além disso, a implementação destas tecnologias também implica o aumento de custos. (1)

Portanto, é necessário haver uma abordagem equilibrada entre o avanço da tecnologia e os desafios que ela gera. Por outro lado, é importante que os países invistam na formação de profissionais qualificados para a área de robótica, a fim de que possam aproveitar melhor os benefícios que a tecnologia pode oferecer. O uso da tecnologia da robótica exige certos níveis de conhecimento em áreas como a engenharia, e os países que mais prosperam nesta área são os que neste momento estão mais preparados tecnologicamente, pois não encontram tantas dificuldades.

Na Alemanha e Japão percebemos os avanços tecnológicos, uma vez que a Alemanha é líder na área de engenharia mecânica, eletrônica e automotiva. Além disso, a Alemanha também detém um dos maiores parques tecnológicos da Europa, o qual incentiva a inovação e o desenvolvimento de novos produtos. Os avanços tecnológicos nestes dois países têm contribuído para o aumento da produtividade, melhorando a qualidade de vida dos seus cidadãos. Estes avanços também têm permitido ao Japão e à Alemanha se tornarem líderes mundiais em tecnologia, o que é evidente em várias áreas, desde a robótica e engenharia, até a ciência da computação, inteligência artificial e biotecnologia. (2)

De acordo com a *World Robotics*, publicada recentemente pela Federação Internacional de Robótica (2022), O aumento nas vendas de robôs de serviço foi impulsionado principalmente pela demanda cada vez maior por robôs de limpeza doméstica e profissional, bem como robôs de entrega e atendimento ao cliente. Os robôs de limpeza doméstica tiveram um crescimento de 41%, enquanto os robôs de limpeza profissional cresceram impressionantes 50%. Além disso, os robôs de entrega tiveram um aumento de 41%, enquanto os robôs de atendimento ao cliente aumentaram 21%. A China foi o maior mercado de robôs de serviço em 2021, com uma participação de mercado de 35%, seguida pela Alemanha com 16% e Estados Unidos com 10%. A Alemanha foi responsável por 39% das vendas de robôs de limpeza doméstica, enquanto a China foi responsável por 25%. A Alemanha também foi responsável por 35% das vendas de robôs de limpeza profissional, com a China em segundo lugar com 11%. Os Estados Unidos foram responsáveis por 25% das vendas de robôs de entrega e 39% das vendas de robôs de atendimento ao cliente. (4)

Percebemos o destaque que o mercado de robôs de serviço deve crescer mais nos próximos anos, com o aumento da demanda por robôs de limpeza profissional, entrega e atendimento ao consumidor. Além disso, o uso de robôs inteligentes para fins médicos e educacionais também deve aumentar. Portanto, o crescimento do mercado de robôs de serviço é impulsionado por vários fatores, incluindo a crescente demanda por soluções de eficiência, o aumento da adoção de tecnologias inteligentes e o aumento da conscientização sobre os benefícios da automação (3). Além disso, o custo dos robôs caiu drasticamente nos últimos anos, o que também contribuiu para o crescimento do mercado. O relatório conclui que, com o aumento da adoção de robôs de serviço, as empresas enfrentarão desafios, como a segurança, a proteção da privacidade e a regulamentação. Além disso, as empresas precisam desenvolver soluções tecnológicas para garantir que os robôs de serviço sejam seguros e eficientes.

Como resultado, as empresas de robótica devem investir na integração de sistemas de segurança e privacidade em seus produtos. Além disso, as empresas devem se envolver com os governos para desenvolver leis e regulamentos mais adequados para o setor. A Federação Internacional de Robótica prevê que a penetração de robôs de serviço aumentará significativamente nos próximos anos, à medida que as empresas continuarem investindo em robôs de serviço. (4)

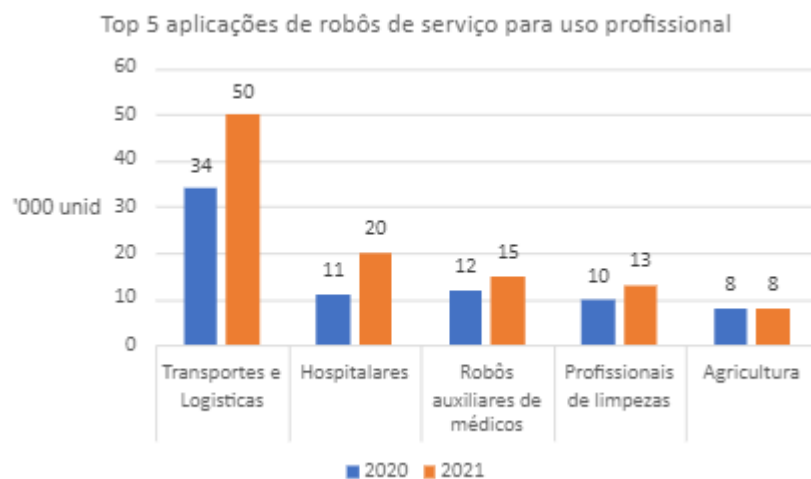


Figura 1: Densidade de vendas de robôs de serviço no mundo.

Atualmente, existem alguns projetos de robótica em Portugal, com destaque para o projeto que visam desenvolver robôs capazes de aumentar qualidade da vida humana, desenvolvido na Universidade de Coimbra, que tem como objetivo desenvolver robôs que possam auxiliar na melhoria da mobilidade, incluindo a mobilidade assistida por robótica móvel e veículos autónomos. (5) No entanto, ainda há muito trabalho a ser feito para que a robótica em Portugal possa alcançar o nível de desenvolvimento de outros países.

3.1 Classificação de um robô

Devido a elevada quantidade de aplicações que surgem, não temos uma única forma de classificação de uma máquina. Portanto, podemos classificar os robôs de acordo com o grau de interatividade com agentes externos. Então, podemos classificar:

Tipo de Autonomia: Alguns robôs são capazes de tomar decisões por conta própria, enquanto outros são controlados por humanos.

- Controlo e ações pré-definidas,
- Telo operados (telecomandados),
- Semi-autónomo (Telo operado + ações independentes),
- Autónomo (sem intervenção humana).

Tipo de Mobilidade: Existem robôs que são capazes de se locomover livremente em um ambiente, ao contrário de outros que dependem de um guia.

- Base fixa (manipuladores, braços robóticos);
- Base móvel (grua ou veículo).

Tipo de Local de Atuação: Alguns robôs foram criados para trabalhar em ambientes externos, enquanto outros são projetados para trabalhar em ambientes internos.

- Indoor (veículos, humanoides),
- Outdoor (Terrestres, marinhos, aéreos, interplanetários).

Tipo de Mecanismo de Locomoção: Os robôs podem usar mecanismos de locomoção diferentes, como rodas, pernas, vários membros, etc.

- Pernas,
- Rodas,
- Esteiras,
- Propulsão.

3.2 Funcionamento de um robô

Para um funcionamento de um robô/máquina são necessários elementos principais: controlador, sensores, atuadores e a unidade de potência.

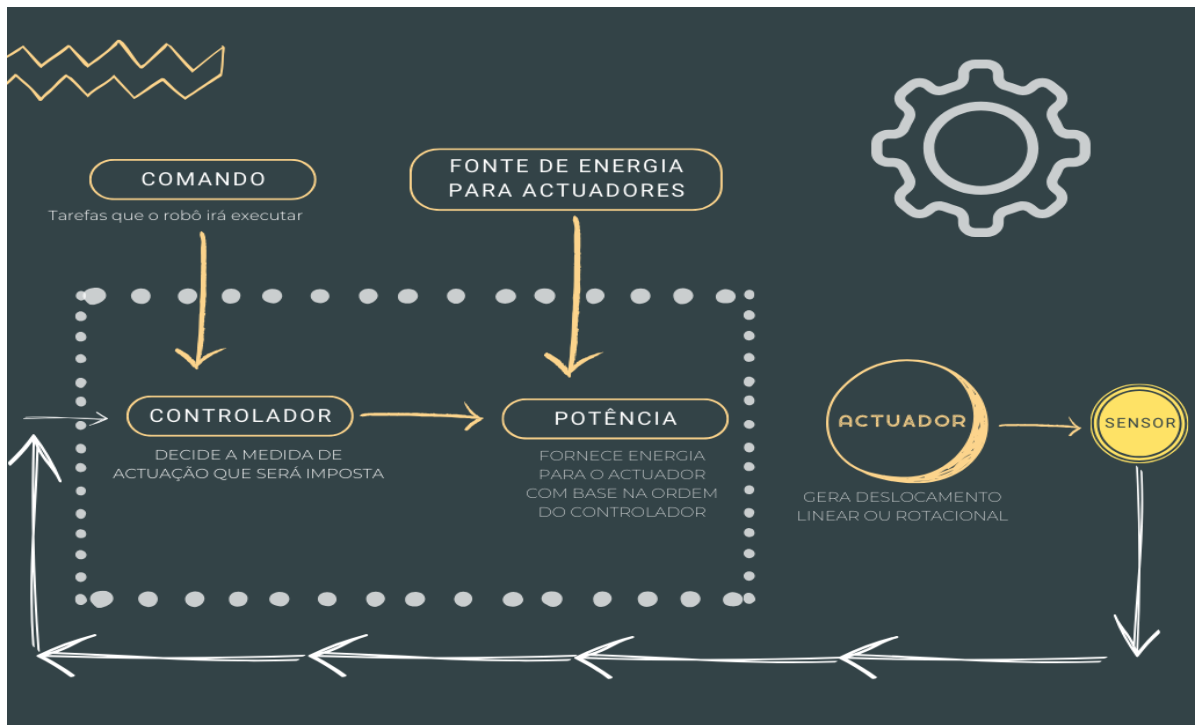


Figura 2: Esquema de funcionamento de um robô.

Controlador: Um dispositivo responsável por interpretar os sinais de entrada, processá-los e gerar o sinal de saída necessário para controlar o movimento do robô. Ele também pode gerar os sinais necessários para controlar outros dispositivos, como motores, servomotores, sensores, etc. Pode ser controlado por um humano (braço robótico controlado por BCI, brain-computer interface) ou por percepções/decisões (robô Asimo) como uma máquina jogando futebol.



Figura 3: (esquerda) braço robótico do *Carnegie Mellon University* e (direita) robô Asimo da *Honda*.

Sensores: São dispositivos para simular os sentidos humanos como a visão, o tato, a audição e o olfato. Eles servem para colher a informação e enviar ao controlador o que deve ser feito a seguir com essa mensagem. Existem sensores externos, como o óptico, para passarem informação sobre o ambiente e os

internos fornecem a mensagem de temperatura ou velocidade a percorrer (7). Alguns exemplos de sensores:

- Sensores Óticos: Usado para medir grandezas físicas (temperatura, pressão, velocidade, aceleração, força, rotação, radiação, etc),
- Sensores de tato e posição: Através do tato calculam as posições do robô,
- Sonar ou sensor ultrassônico: Deteta obstáculos e pode determinar a dureza dos objetos através da ecolocalização,
- Acelerômetros: detetam movimentos, vibrações e ângulos.

Atuadores: Dispositivo importante para fornecer energia mecânica para o movimento. Os atuadores podem ser hidráulicos, pneumáticos ou elétricos. Os hidráulicos caracterizam-se por terem como fonte de energia “óleo” ou “água” que se desloca por um tubo com uma pressão adequada. Os pneumáticos têm como fonte de energia o ar comprimido. Já os elétricos usam energia elétrica (8).

Unidade de potência: É um dos principais dispositivos que tem por objetivo proporcionar energia aos atuadores.

3.3 Robôs Industriais

Nos princípios da década de 60 surgem os primeiros robôs industriais. A tecnologia desenvolvida por *George Devol* e *Joe Engelberger* permitiu que robôs fossem programados para realizar tarefas, tornando-os mais úteis e acessíveis. *George Devol* recebeu em 1961 a patente do primeiro braço robótico programável operado digitalmente. Esta tecnologia deu origem às primeiras máquinas de uso industrial, que foram usadas para trabalhos previsíveis e repetitivos, como a montagem de componentes. *Joe Engelberger* criou a empresa *Unimation Inc.* e foi o primeiro a comercializar estas máquinas, ganhando por esse motivo o título de “Pai da Robótica” (9).

A maioria dos robôs atuais é do tipo "manipuladores" industriais. Um robô manipulador tem as características de um braço humano – ombro, antebraço, cotovelo, braço, mão e dedos. A sua aplicação na indústria automóvel tem sido cada vez mais frequente, pois os robôs permitem uma maior precisão no que toca ao manuseamento de objetos e a sua capacidade de se adaptar ao ambiente de trabalho e as condições de produção. Além disso, as máquinas são capazes de trabalhar por horas consecutivas e com maior rapidez do que os humanos. Outras aplicações de robôs manipuladores incluem a limpeza de edifícios, tarefas de montagem, soldadura, pintura, manuseamento de materiais e embalagem.

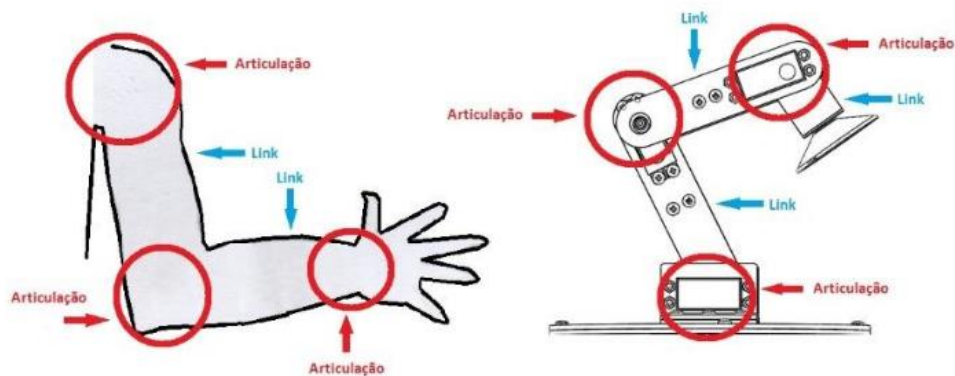


Figura 4: Representação da semelhança entre o braço de um Homem e os robôs manipuladores industriais.

Cada junta do braço industrial tem uma tarefa e função específica. A junta de ombro é responsável por rotações acerca do eixo y, enquanto a junta do cotovelo é responsável por rotações acerca do eixo z. A junta do pulso é responsável por translações acerca do eixo x. Além disso, o pulso pode também realizar rotações acerca do eixo y (10), conforme podemos analisar na figura abaixo. A programação destes robôs industriais é realizada através da língua de programação “RoboTalk que permite ao programador especificar os movimentos desejados para cada junta.

Uma vantagem de se utilizar robôs com movimentos humanos é que eles podem realizar tarefas em espaços restritos, meios complexos ou em ambientes perigosos. Estes robôs também têm a capacidade de se mover com maior precisão e rapidez, ao mesmo tempo que economizam muito tempo e energia. O uso de robôs com movimentos humanos também ajuda na redução de custos, pois eles podem ser programados para realizar tarefas que são difíceis ou perigosas para as pessoas. Além disso, estes robôs podem ser usados para realizar tarefas que são repetitivas e cansativas para os seres humanos.

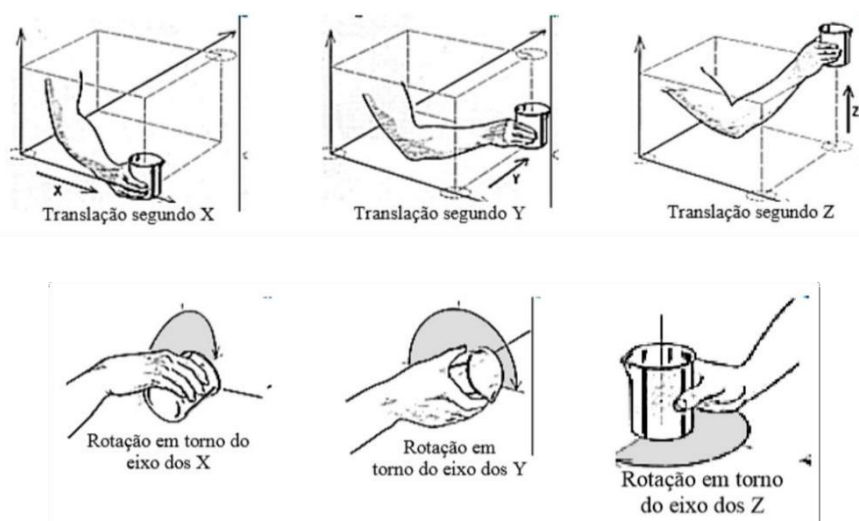


Figura 5: Representações dos movimentos humanos.

A. Aplicações

As aplicações mais importantes e tradicionais de robôs manipuladores nas indústrias são:

- Montagem de peças: robôs são usados para operar em tarefas repetitivas e precisas, como montar peças em linhas de montagem.
- Soldagem: robôs são usados para soldar peças em linhas de produção com maior precisão e velocidade do que um humano.
- Embalagem e paletização: robôs são usados para colocar produtos em caixas e paletes, além de embalar e etiquetar os produtos.
- Manutenção e inspeção: robôs são usados para fazer manutenção preventiva e inspeção de produtos, como detectar defeitos.
- Movimentação de materiais: robôs são usados para mover materiais em linhas de produção, como peças, componentes e outros materiais.

B. Automação

A automação destes robôs é feita de duas maneiras: rígida (ou fixa) e flexível (ou programável). A automação rígida é normalmente usada para aplicações repetitivas que não necessitam de muita adaptação às condições do ambiente. É programada com instruções pré-programadas, que não podem ser alteradas durante a execução do programa. Por outro lado, a automação flexível é usada para aplicações que exigem maior adaptabilidade. Esta é programada usando línguas de programação específicas para robôs, software, como o Robótica Avançada de Linguagem (RAPL). Estas línguas permitem aos programadores definir regras específicas para o comportamento do robô, o que lhes permite responder de forma adaptada a mudanças no ambiente. O software além da programação das tarefas, também armazena e gera dados, permitindo fazer estatísticas da viabilidade econômica da produção (11).

O trabalho desenvolvido pelos robôs manipuladores consiste em operar numa área correspondente ao comprimento do seu braço robótico, visto que a sua base é fixa. Devido essa falta de motilidade surgiram, portanto, os veículos móveis de maneira a solucionar esse problema – os chamados AGV (veículos guiados automaticamente).



Figura 6: Tarefa humana (esquerda), mesma tarefa feito por um AGV (direita).

Estes veículos conseguem mover-se autonomamente na linha de produção, e possuem sensores que permitem que o veículo mude a sua direção de forma a não colidir com nenhum objeto. Deste modo, os AGV conseguem trabalhar em parceria com os robôs manipuladores, recebendo os produtos e transportando-os para as etapas seguintes da produção. Além disso, os AGV também podem ser programados para trabalhar de forma autónoma, executando tarefas sem a necessidade de supervisão humana. Em suma, os AGV são essenciais para o funcionamento das linhas de produção modernas, uma vez que permitem que os produtos sejam transportados de forma eficiente e segura (12).

3.4 Robôs inteligentes

A complexidade humana pode ser definida através da inteligência. A inteligência é definida como a capacidade de compreender e usar informações para resolver problemas, tomar decisões, e se adaptar a novas circunstâncias. Ela é considerada um dos principais fatores para o sucesso e é medida por testes padronizados, tais como o teste de QI. Existem vários tipos de inteligência, incluindo inteligência lógica, intelectual, intrapessoal e interpessoal. Algumas pessoas também acreditam que existem tipos de inteligência emocional, moral e espiritual. Ela também está associada a capacidade de aprender rápido e resolver as exigências e problemas decorrentes da nossa interação com os outros. (13)

A inteligência interpessoal refere-se à capacidade de entender as intenções, sentimentos e motivações das outras pessoas, e a inteligência lógico-matemática é a capacidade de raciocinar, organizar e resolver problemas lógicos e matemáticos. Estas duas consciências, quando combinadas, permitem que as pessoas compreendam, interajam e trabalhem com outras pessoas para alcançar um objetivo comum. Estas consciências também são importantes para a tomada de decisões eficazes e o desenvolvimento de relacionamentos saudáveis. Desta maneira, muitos autores consideram que existem diversas consciências, conforme figura abaixo.



Figura 7: Tipos de inteligência-consciência.

Para compreensão da inteligência existem dois componentes chave, a Genética e o Ambiente. A genética refere-se à hereditariedade, ao conjunto de informações genéticas herdadas de nossos pais que influenciam nossa inteligência. Esta genética fornece a nós e aos outros um conjunto de características que nos tornam únicos. Por exemplo, somos geneticamente programados para adquirir conhecimentos em áreas específicas com maior facilidade. O ambiente refere-se ao conjunto de influências externas que afetam nossa inteligência. Estas influências podem incluir fatores como a educação, a experiência, as relações interpessoais, a classe social, a cultura, a história e muitos outros fatores. Estas influências externas podem fornecer níveis adicionais de inteligência, bem como capacidades que não são herdadas geneticamente. Por exemplo, a educação pode ajudar a desenvolver habilidades de pensamento crítico, enquanto a experiência pode ensinar habilidades práticas. Podemos indicar que os dois componentes por si só não podem explicar a complexidade da inteligência. Precisa haver uma interação do indivíduo com o meio e receber estímulos para definir a funcionalidade dos recursos mentais. Podemos dizer que a inteligência é "educável" e as duas componentes têm igual importância (13).

A. Machine Learning

Enquanto os humanos precisam ler, treinar e estudar para aprender uma informação, a máquina tem o *Machine Learning*. Ele é um ramo da IA que tem o intuito de desenvolver algoritmos que aprendem a partir dos dados fornecidos. Esses algoritmos são capazes de realizar tarefas sem que sejam explicitamente programados para isso. Alguns exemplos são reconhecimento de padrões, previsão de resultados e classificação de dados.

Uma vez que os padrões são descobertos, eles podem ser usados para prever resultados futuros, classificar novos dados e tomar decisões automatizadas baseadas em dados. Os modelos de *Machine Learning* podem ser divididos em três categorias principais: aprendizado supervisionado, aprendizado não-supervisionado e aprendizado por reforço. Aprendizado supervisionado envolve treinar um modelo de *Machine Learning* com dados já etiquetados para prever resultados futuros. Aprendizado não-supervisionado usa algoritmos para procurar padrões nos dados sem etiquetas. Aprendizado por reforço usa algoritmos de *Machine Learning* para fazer escolhas e tomar decisões, aprendendo com suas ações e recebendo feedback de suas escolhas (14).

Em resumo, o *Machine Learning* é um ramo da Inteligência Artificial que permite que os sistemas aprendam por meio de exemplos fornecidos, sem necessitar de serem programados para executar tarefas específicas. Ele pode ser usado para solucionar problemas complexos, reduzindo os custos e acelerando os processos. Além disso, ele oferece aos programadores uma forma mais eficiente de desenvolver soluções, permitindo que a máquina aprenda por meio de dados e se adapte ao contexto.

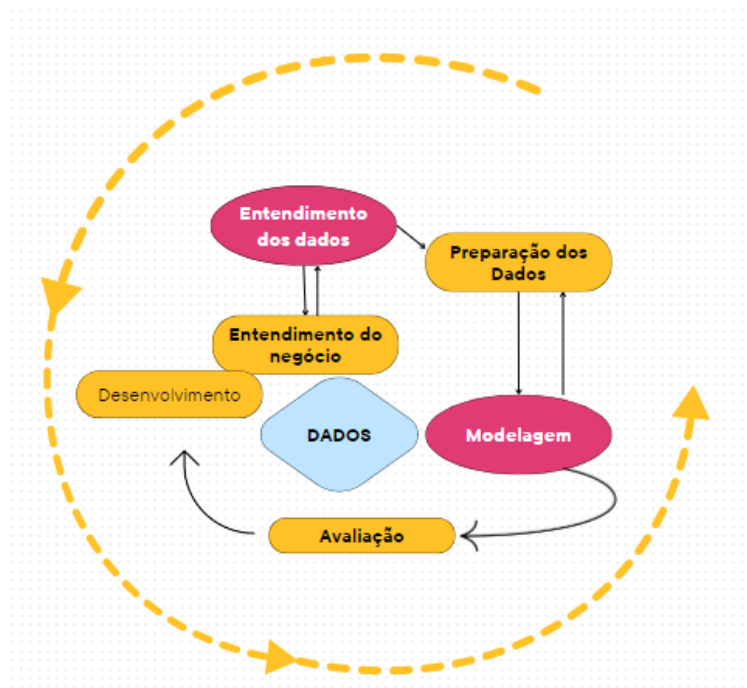


Figura 8: Ciclo do Machine Learning

B. Teste de Turing

Atualmente, as máquinas inteligentes são cada vez mais complexas e capazes, com a capacidade de efetuar tarefas que antes eram consideradas exclusivas dos seres humanos. Por exemplo, cada vez mais robôs conseguem realizar tarefas domésticas como limpar, passar roupa e até mesmo preparar refeições. A inteligência artificial também tem sido aplicada em áreas como saúde, educação, finanças e comunicações. Os avanços tecnológicos também têm permitido a criação de *chatbots* virtuais, que conseguem compreender e responder às perguntas de forma humana. Estas máquinas

tornam-se assim cada vez mais familiares para nós, dada a sua semelhança com a forma como os humanos se comportam.

Nos anos 50 foi criado pelo *Alan Turing*, um teste para testar a inteligência artificial, o qual chama-se Teste de Turing. O teste é projetado para testar se um computador é capaz de exibir comportamento inteligente semelhante ao de um ser humano. O teste envolve duas partes: um conversador humano e um computador. O objetivo do teste é determinar se o computador é capaz de enganar o conversador humano, fazendo com que eles acreditem que estão conversando com outro humano. O teste é realizado de forma que o humano e o computador conversam, alternando perguntas e respostas. Se o computador conseguir enganar o humano até que eles não consigam diferenciar se estão conversando com outro humano ou um computador, então o computador é considerado inteligente (15).

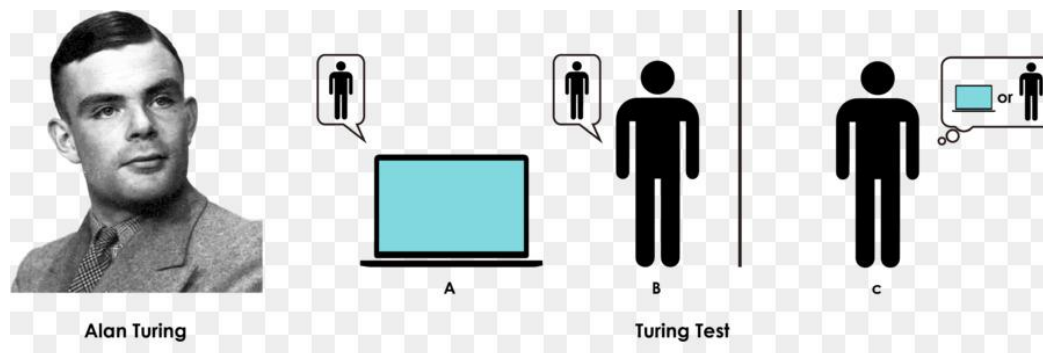


Figura 9: Alan Turing (esquerda) e a esquematização do teste de *Turing* (direita).

Pelas considerações de *Alan Turing* se 30% dos humanos consultados acreditarem que se trata de outro humano, a máquina passa no teste de *Turing*. Até então nenhuma máquina passou no teste. Entretanto, em 2014 circulou diversas notícias sobre um *software* chamado *Eugene Goostman* que tinha passado no teste. O *Eugene* é de uma companhia russa e fez-se passar por um menino ucraniano de 13 anos e convenceu mais de 33% dos humanos no teste de que era um humano, contudo, ele é apenas um *ChatBot* e não é considerado uma máquina inteligente (15).

C. Agentes inteligentes

O comportamento inteligente é gerado através da interação entre milhões de células. Um agente é um programa que efetua uma determinada tarefa de forma autónoma. Tarefas mais complexas envolvem a interação entre vários agentes, tal como no sistema humano. O mesmo acontece em sistemas artificiais (por exemplo nas redes neuronais artificiais), onde a modelagem de um problema inclui definir os dados de entrada, os parâmetros, as funções de ativação, os pesos, etc. Depois disso, o modelo é treinado com os dados disponíveis para que possa ser usado para fazer previsões ou para otimizar o desempenho de um determinado processo. O ajuste de parâmetros é a parte do processo de treinamento que se concentra na otimização dos parâmetros para que o modelo produza os melhores resultados. Isso envolve ajustar os parâmetros para que a saída do modelo se aproxime o mais

possível da saída desejada. O ajuste de parâmetros é fundamental para garantir que o modelo produzirá resultados precisos e confiáveis. Esse agente consegue identificar o ambiente através de sensores e atua nesse ambiente através de atuadores, como por exemplo, o robô *Perseverance* da *Nasa* (16).

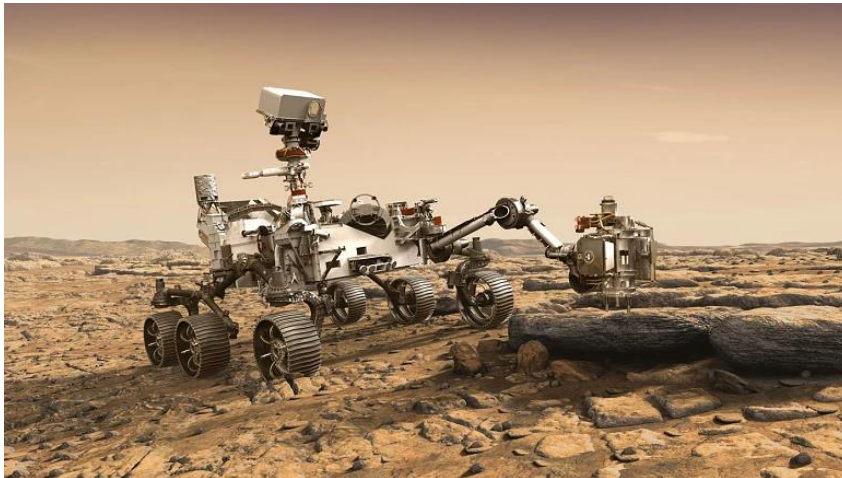


Figura 10: Agentes interagem com o ambiente através de sensores e atuadores. Na figura o rover *Perseverance* em Marte.

Os agentes inteligentes usam meios mecânicos que bio-mimetizam as propriedades humanas de maneira a replicá-las no desempenho de tarefas humanas. Por exemplo, eles podem ser programados para aprender, tomar decisões, planejar, comunicar e interagir com outras entidades. Essas características permitem que os agentes inteligentes sejam usados em várias áreas, desde a vigilância de segurança até a criação de veículos autônomos. Assim, os agentes inteligentes podem ser usados para automatizar tarefas complexas, tornar os processos mais eficientes e aumentar a produtividade.

	Atuadores	Sensores
Agente Inteligente	Diferentes tipos de Motores.	Sensor infravermelho, câmaras, microfones de ruídos
Humano	Pernas, braços, mãos, voz, etc.	Ouvidos, olhos, tato, etc.

Tabela 1: Sensores e atuadores mimetizados para agentes inteligentes a partir de humanos.

Estes agentes foram classificados em 2003 por *Russell e Norvig* que agruparam os agentes inteligentes em cinco classes, tendo como base o grau de inteligência e a capacidade de percepção:

1. Agentes Reativos Simples: Estes agentes reagem apenas às informações presentes no ambiente, sem qualquer lógica ou racionalização. Eles não têm memória, e, portanto, não podem usar dados passados para tomar decisões. Estes são os agentes mais simples e são usados principalmente para tarefas simples, como limpar a casa (17).

2. Agentes Reativos Baseados em Modelo: Estes agentes possuem alguma memória e usam o seu conhecimento passado para tomar decisões. Eles possuem um modelo interno do ambiente que eles usam para inferir o que está acontecendo ao seu redor. Estes agentes são usados para tarefas um pouco mais complexas, como jogar xadrez (17).

3. Agentes Baseados em Objetivos: Estes agentes têm um objetivo específico e são programados para atingir esse objetivo. Eles usam dados passados e presentes para inferir o que eles devem fazer para atingir seus objetivos. Estes agentes são usados para tarefas mais complexas, como recomendar produtos para usuários (17).

4. Agentes Baseados em Regras: Estes agentes usam lógica para tomar decisões. Eles possuem uma lista de regras que eles usam para inferir o que eles devem fazer. Estes agentes são usados para tarefas altamente complexas, como reconhecer imagens (17).

5. Agentes Baseados em Aprendizagem: Estes agentes usam técnicas de aprendizagem para adquirir conhecimento sobre o seu ambiente. Eles são capazes de aprender com as suas experiências e usar esses conhecimentos para tomar decisões. Estes agentes são usados para tarefas altamente complicadas, como a condução autônoma (17).

D. Aplicações

Podemos ver alguns exemplos de robôs inteligentes e autônomos:

- Asimo;
- Sophia;
- CyberOne;
- Zenbo.

Asimo (Advanced Step in Innovative Mobility)

É um robô humanoide criado pela Honda e lançado em 2000. O trabalho da equipa de inovação da *Honda* começou em 1986, com a criação do *EO*, que posteriormente batizaram de *Honda Asimo*. Ele é capaz de andar, correr, subir e descer escadas, reconhecer vozes e faces humanas, detetar objetos e movimentos, se comunicar de forma inteligente e executar tarefas simples. Ele também pode evitar colisões e identificar e reagir a movimentos humanos. O seu principal objetivo é ajudar as pessoas.

O *Asimo* é projetado para trabalhar em ambientes altamente interativos, como hospitais, escolas, casas e fábricas. Ele também pode ser usado para ajudar pessoas com mobilidade reduzida. Além disso, o robô pode ser programado para realizar diversas tarefas, incluindo o gerenciamento de arquivos, o monitoramento de processos e o manuseio de materiais. Atualmente é um dos mais avançados robôs humanoides no mundo. Ele é frequentemente usado em demonstrações e exposições em todo o mundo, e tem atraído muita atenção, destacando-se entre outras formas de tecnologia de robótica. Ele também pode se comunicar usando uma variedade de sons e expressões faciais, pode seguir instruções de voz e responder a perguntas. Além

disso, ele pode ler textos em voz alta, reconhecer objetos e se movimentar em diferentes ambientes. *Asimo* é um robô que pesa cerca de 48 kg e tem 56 graus de liberdade (cabeça: 3; braço: 7x2; mão: 13x2; torso: 2; pé: 6x2).

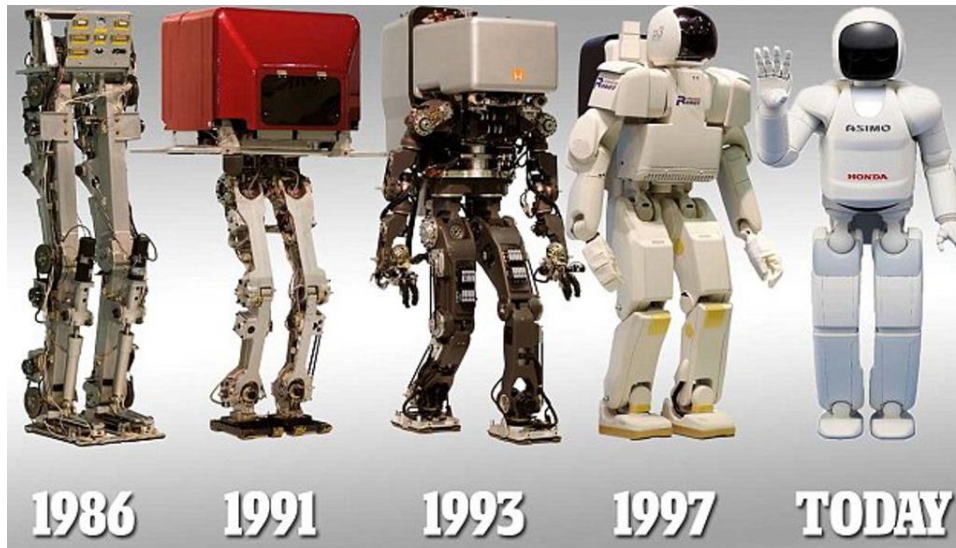


Figura 11: Evolução do robô *Asimo* da *Honda*.

Desde então, a equipe de inovação da *Honda* tem trabalhado em muitos outros projetos, como o U3-X, o Walking Assist Device, o UNI-CUB, o HondaJet e o Robot Hand. Estes projetos todos têm como objetivo melhorar a vida das pessoas, tornando a sua vida mais simples, prática e segura. A *Honda* também está a trabalhar na criação de carros autónomos e no uso da realidade virtual para melhorar a experiência do cliente. Além disso, a *Honda* está a desenvolver novas tecnologias que podem ajudar a melhorar a saúde e a qualidade de vida das pessoas (17).

Sophia

A *Sophia* é um robô altamente avançado e altamente humanoide com uma aparência e comportamento próximos às pessoas. Ela foi projetada para interagir com seres humanos de maneiras significativas, como ter conversas naturais, responder às perguntas e reconhecer rostos e expressões faciais. Ela tem a capacidade de falar em mais de 20 línguas, identificar o humor humano, lembrar informações e aprender com o comportamento humano (*Machine Learning*). Ele também pode ler sinais verbais, responder a comandos de voz e usar a inteligência artificial para tomar decisões (19). O *Sophia* também possui um sistema de câmaras de visão artificial que lhe permite reconhecer objetos e criar imagens. A *Sophia* também foi projetada para ajudar os humanos a resolver problemas complexos, como ajudar na prevenção e tratamento de doenças. Em outubro de 2017, tornou-se o primeiro robô a receber a cidadania de um país (Arábia Saudita) (18). Ela está sendo usada para detetar e prevenir a propagação de doenças infecciosas, melhorar o tratamento de pacientes com transtornos mentais e ajudar na educação de crianças.

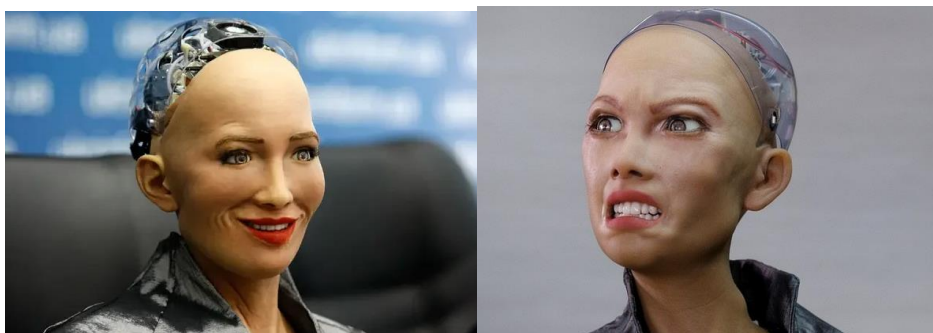


Figura 12: Robô Sophia imitando expressões faciais humanas.

CyberOne

O CyberOne é um robô humanoide criado pela *Xiaomi Robotics Lab* desenvolvido para entretenimento e educação. Ele é equipado com inteligência artificial, reconhecimento de voz, sensores de movimento e sensores de toque. Ele também tem recursos como reconhecimento facial, reconhecimento de ambiente e interação com usuários. O CyberOne também vem com uma variedade de aplicativos e jogos que os usuários podem usar para interagir com o robô.

Ele foi projetado para ajudar a humanidade em tarefas domésticas, comerciais e educacionais, ajudando a tornar o local de trabalho mais eficiente, seguro e produtivo. O robô pode realizar tarefas domésticas como limpar o chão, cozinhar, limpar o banheiro e até dar aulas para crianças. Ele tem a capacidade de entender e responder a comandos de voz, reconhecer objetos e se mover com segurança. Ele também pode se conectar à internet para acessar informações e oferecer suporte às pessoas. Ele também tem a capacidade de se comunicar com outros robôs e humanos. Sua capacidade de se comunicar e aprender são impressionantes, e ele ainda tem muito a oferecer (20).



Figura 13: O CyberOne em feira de demonstração para compra.

Zenbo

O *Asus Zenbo* foi lançado em 2016 pela empresa *Asus*. O *Zenbo* foi projetado para funcionar como um companheiro para as pessoas em suas casas. É equipado com o sistema operacional *Android* e tem uma variedade de recursos, como reconhecimento de voz, capacidade de responder a comandos de voz, comunicação de vídeo de alta

qualidade, navegação por mapas, leitura de histórias para crianças, controle de dispositivos inteligentes e muito mais. O objetivo do robô é fornecer uma experiência mais interativa e personalizada dentro do lar.

O *Asus Zenbo* é projetado para ajudar os membros da família na realização de tarefas diárias, como ajudar os mais velhos a realizar compras, a fazer reservas, a gerir agendas, a contar histórias, a ouvir música, a ligar para amigos e familiares, entre outras. O robô também pode ajudar os mais jovens com tarefas escolares, como ajudar a pesquisar informações, a encontrar respostas para questões e a aprender conteúdos do ensino básico. Ele também possui a capacidade de se mover sozinho e deslocar-se para qualquer lugar da casa, para que possa acompanhar os membros da família. Com os seus diversos recursos pode ajudar a melhorar a qualidade de vida das pessoas, sobretudo dos mais velhos, permitindo-lhes realizar as suas tarefas de forma mais fácil, prática e autónoma.

E. Previsões Futuras

Desde o início da tecnologia que são várias as previsões feitas pelos responsáveis pelo desenvolvimento tecnológico. Em 1965, *Gordon Moore* que é um dos responsáveis pelo desenvolvimento tecnológico proporcionado pelos transístores afirma que o poder de processamento dos computadores dobraria a cada ano. Esta previsão se tornou conhecida como a Lei de Moore, e, desde então, tem sido usada como um marco para a previsão de novas tecnologias. Esta lei tem sido uma importante força motriz para a inovação, pois estimula o desenvolvimento de soluções cada vez mais avançadas.

Além disso, a Lei de Moore estimula a criação de computadores mais rápidos, mais eficientes e mais baratos. Isso pode ajudar a reduzir o custo de computação para empresas e consumidores, permitindo que os usuários aproveitem os benefícios da tecnologia a um preço acessível. A Lei de Moore também ajudou a estimular a inovação na área de computação, como a computação em nuvem, inteligência artificial, realidade virtual e muito mais. Estas tecnologias estão mudando rapidamente a forma como as pessoas trabalham e jogam, e a Lei de Moore ajudou a tornar isso possível (21).

Embora bastante ousada para a época, a previsão de *Gordon Moore* não apenas se confirmou, como se manteve precisa por cinco décadas. Segundo a sua previsão, um semicondutor de 0.25 polegadas teria até 65 mil transístores embarcados, gerando uma relação linear entre complexidade e o tempo, a que *Moore* chamou de "inteligência de circuito e dispositivo".

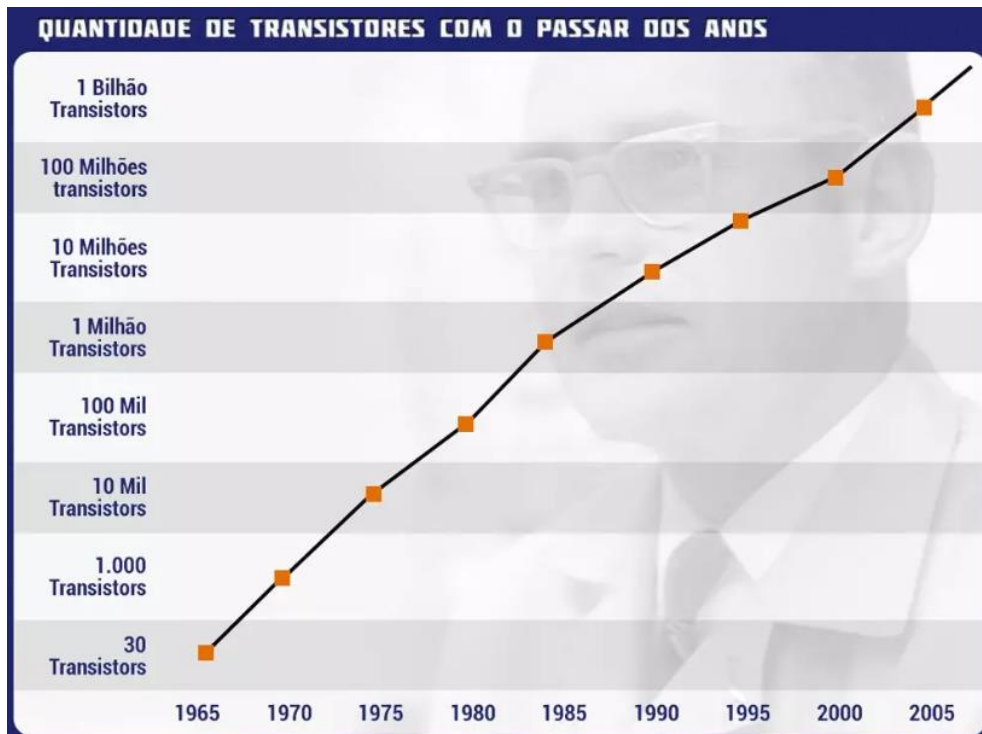


Figura 14: Um crescimento linear entre número de transístores e tempo.

Devido essa lei, o pesquisador *Ray Kurzweil* chegou a conclusão de que as invenções baseadas nas tecnologias atuais estariam ultrapassadas quando chegassem ao mercado. O *Kurzweil* também argumentou que a tecnologia está se desenvolvendo a um ritmo cada vez mais rápido, o que significa que os avanços tecnológicos daqui a alguns anos superarão em muito os avanços tecnológicos de hoje, ele explica isso na obra *The Age of Intelligent Machines* (1990) (22).

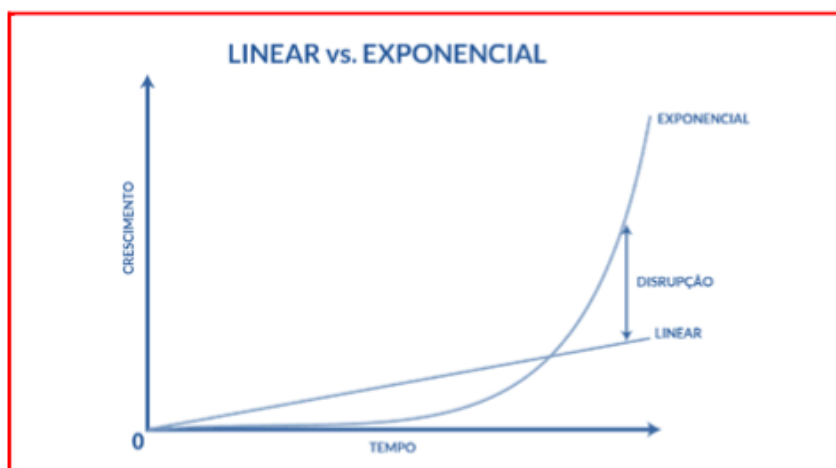


Figura 15: Demonstração de um crescimento linear entre número de transístores e tempo.

A previsão mais recente de *Kurzweil* é a “Singularidade” que é o momento no tempo em que a inteligência artificial ultrapassará a inteligência humana. Para *Kurzweil*, a inteligência artificial atingirá os níveis humanos por volta de 2029, quando será capaz de passar por um Teste de Turing válido.

Além desta, outras previsões importantes que ele fez foram a descoberta de um novo planeta (Plutão, em 1930), o surgimento de tecnologias como a televisão a cabo, a realização de cirurgias cardíacas em humanos, o desenvolvimento de medicamentos para o tratamento de doenças graves, o uso de computadores na educação, o surgimento da era da informação, o desenvolvimento de tecnologias de biotecnologia e a criação do homem artificial (23). Também previu o surgimento de um novo tipo de combustível para veículos e a redução da poluição atmosférica. Além disso, previu o surgimento de relações entre culturas diferentes devido à globalização e o uso de tecnologias para melhorar a qualidade de vida das pessoas.

O futuro da tecnologia até 2030 promete revolucionar a maneira como vivemos, trabalhamos e nos divertimos. Estamos cada vez mais próximos de viver num mundo conectado, onde os dispositivos inteligentes, a inteligência artificial, a realidade virtual e a computação em nuvem se tornarão cada vez mais comuns. A internet das coisas (IoT) permitirá que os dispositivos se conectem entre si e sejam controlados remotamente. A inteligência artificial e a robótica avançarão muito, permitindo que carros autônomos e outros dispositivos sejam usados em todos os lugares. (24) A realidade virtual se tornará comum, permitindo que as pessoas experimentem outros mundos sem sair de sua casa. A computação em nuvem se tornará ainda mais importante, permitindo que as empresas armazenem e compartilhem dados em qualquer lugar. Isso permitirá que as empresas sejam responsivas mais rapidamente às tendências do mercado e forneçam serviços ainda melhores para seus clientes.

Além disso, a tecnologia de biometria atualmente já permite que os usuários desbloqueiem seus dispositivos com impressões digitais, reconhecimento facial ou outras formas de autenticação, que era uma previsão para ficar pronta após 2030 e já fazemos uso em 2023 de forma natural. Isso fornece maior segurança para os usuários e ajudará a prevenir fraudes. Enfim, a tecnologia continuará avançando rapidamente nos próximos anos e possivelmente mudará completamente a maneira como vivemos.

F. Questões Éticas

Podemos fazer diversas perguntas de questões éticas quando o assunto é a inteligência artificial. Podemos dizer que a inteligência artificial é uma representação do contexto cultural, dos valores e da ética que validam as relações humanas, incorporados em robôs/máquinas e, portanto, passíveis de julgamento. (25)

Alguns questionamentos que podemos fazer:

1. O que é aceitável para a inteligência artificial e o que não é?

2. Como podemos garantir que a inteligência artificial esteja em conformidade com as leis, costumes e códigos de conduta dos seres humanos?
3. Quais são as responsabilidades éticas associadas ao uso da inteligência artificial?
4. Como garantir que a inteligência artificial não seja usada para fins malignos ou que prejudiquem outros seres humanos?
5. Como podemos construir sistemas de inteligência artificial que sejam responsáveis e previnam a discriminação e o preconceito?
6. Quais são os limites éticos da liberdade de expressão à medida que a inteligência artificial se torna mais autônoma?
7. Quais são os limites éticos de privacidade e segurança no uso da inteligência artificial?
8. Como podemos assegurar que a inteligência artificial seja usada de maneira responsável e não seja abusada?
9. Como podemos garantir que os dados pessoais dos usuários sejam tratados de forma segura e responsável?
10. Como podemos garantir que os sistemas de inteligência artificial sejam usados responsabilmente para fins sociais e ambientais?

Apesar de não termos todas as respostas, podemos perceber que atualmente tudo o que envolve humanização ou sentimentos como a empatia ou características como dedicação está dependente de uma interação entre o homem e a máquina.

Na questão de empregos, com a troca de mão humana por braços robóticos, se faz necessário um investimento em pessoas responsáveis pelo reparo da máquina, ou seja, investir na educação e treinamento, para que todos possam acompanhar a evolução e permanecer competitivos. Portanto, os profissionais terão de acompanhar a evolução tecnológica e estar preparada para ela, isto é, os trabalhadores terão de ter uma formação acadêmica mais avançada de modo a poder responder facilmente tanto à manutenção como à monitorização das máquinas do futuro.

Capítulo 4

Humanos tornando-se máquinas: Próteses e Implantes

O nosso corpo humano é uma máquina biológica muito complexa e nada se compara com a complexidade dele. Quando algum problema acontece durante a sua formação embrionária, podendo ser um acidente ou influência externa que quebre tal relação harmoniosa, nosso organismo apresenta o que talvez seja a mais importante de suas características, a adaptação.

A adaptação é um processo de mudança de comportamento ou estrutura do corpo humano para se adaptar ao meio ambiente. É um mecanismo de sobrevivência que permite às pessoas se adaptarem às mudanças do ambiente e aos seus novos desafios. Quando ocorrem mudanças no ambiente, o corpo humano se adapta para sobreviver. Por exemplo, quando uma pessoa está exposta ao frio intenso, o corpo humano se adapta para produzir mais calor. Quando o corpo humano é exposto a um agente patogênico, o sistema imunológico se adapta para produzir células e anticorpos que combatem a doença. Além disso, o corpo também se adapta para compensar a falta de alguma parte do corpo devido a lesões ou doenças.

Quando pensamos em evolução dos humanos já podemos ter uma ideia de melhoramento genético. Exemplos como as tecnologias de clonagem e terapias genéticas avançadas mostram-nos como nos estamos a aproximar muito rapidamente de um mundo onde os seres humanos podem mudar a sua forma de viver e morrer.

Portanto a Biônica faz o estudo das funções, características e fenômenos observados nos seres vivos e aplica esses conhecimentos na concepção de novas técnicas e na criação de novos aparelhos.

Podemos dizer que a substituição das partes do nosso corpo por sistemas biônicos poderá proporcionar:

- Qualidade de vida/saúde;
- Memória melhorada, através de dispositivos bio-eletrónico;
- Tecnologias genéticas que geram resistência ao cancro;
- Interface cérebro-máquina (permitindo controlar as máquinas á distancia);

4.1 Membros artificiais

A ausência de membros causada por distúrbios congênitos ou acidentes pode afetar a vida humana. Tarefas cotidianas como vestir-se, cozinhar ou caminhar podem se tornar extremamente difíceis ou até impossíveis de serem executadas. Não há dúvida que a melhor solução para a perda de um membro é o desenvolvimento de alguma espécie de manipulação genética que estimule a regeneração do mesmo (32). Contudo, enquanto isto ainda não é possível, o melhor que podemos fazer e restabelecer parte da funcionalidade perdida através de membros artificiais. Á cerca de 20 anos as próteses de membros eram primitivas, mas hoje temos as próteses inteligentes.

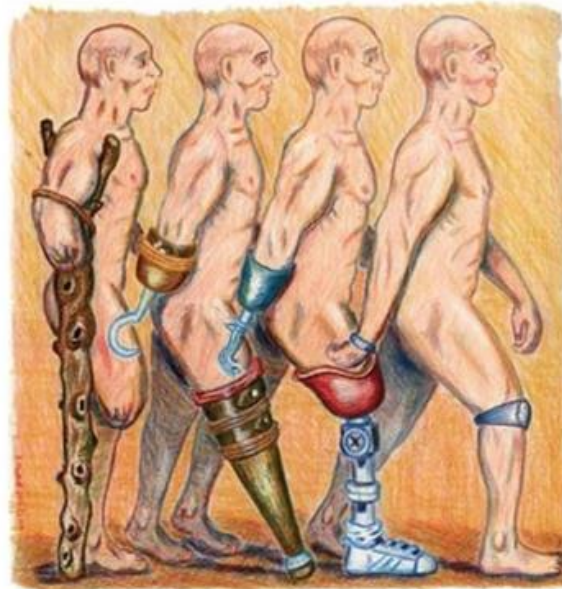


Figura 16: Evolução das próteses humanas.

A ausência de membros causada por distúrbios congênitos ou acidentes pode afetar a vida humana. Tarefas cotidianas como vestir-se, cozinhar ou caminhar podem se tornar extremamente difíceis ou até impossíveis de serem executadas. Não há dúvida que a melhor solução para a perda de um membro é o desenvolvimento de alguma espécie de manipulação genética que estimule a regeneração do mesmo (32). Contudo, enquanto isto ainda não é possível, o melhor que podemos fazer e restabelecer parte da funcionalidade perdida através de membros artificiais. Á cerca de 20 anos as próteses de membros eram primitivas, mas hoje temos as próteses inteligentes.

O homem está sempre buscando soluções quando submetido em situações difíceis. Os egípcios desenvolveram próteses avançadas para substituir membros perdidos, como braços e pernas. Utilizavam diferentes materiais, como madeira, couro e metal, para criar dispositivos que permitiam que as pessoas continuassem a funcionar normalmente. Essas próteses eram geralmente simples e não tão avançadas como as tecnologias protéticas que

vemos em 2023. No entanto, é importante reconhecer que os egípcios exploraram a ideia de substituir membros perdidos por meio de dispositivos artificiais, e essa contribuição na história da prótica é notável. Acredita-se que os primeiros registros de próteses foram encontrados na Babilônia, atualmente parte do território do Iraque, datando de cerca de 3.000 a.C. Essas próteses eram feitas de materiais como bronze e prata e eram usadas para substituir membros perdidos (32). Os avanços tecnológicos subsequentes permitiram o desenvolvimento de próteses cada vez mais sofisticadas e funcionais ao longo do tempo e mostram como os seres humanos sempre buscaram soluções para superar desafios físicos e melhorar a qualidade de vida.

É importante destacar que ao contrário de animais artificiais que têm movimentos mecânicos predeterminados, as próteses têm que reagir a alguns dos mesmos comandos de movimentos que se usam para controlar os membros humanos reais. O utilizador controla os movimentos da prótese artificial de forma direta, usando os movimentos dos seus membros remanescentes, através de sensores que são perfeitamente posicionados na prótese, que respondem às variáveis de pressão, comando de voz, luz, temperatura, umidade, e muitos outros. Os sensores podem interpretar as informações, para que os movimentos possam ser executados na prótese artificial (34).

Além disso, como o cérebro não é capaz de se comunicar diretamente com simplesmente qualquer prótese, é necessário usar algum tipo de dispositivo para codificar os sinais do cérebro em sinais elétricos que podem ser entendidos e interpretados pelas próteses. Por exemplo, o uso de elétrodos com sensores de movimento a cerâmica, pode ajudar a detetar a energia estática causada por atividades neuromusculares e controlar a prótese.

O uso destes dispositivos não apenas permite o controle direto dos membros do utilizador, como também a capacidade de fazer ações complexas, tais como decodificar sinais de trabalho musculares, para permitir que a prótese realize um conjunto diferente de movimentos, adaptando-os aos movimentos dos membros reais. À medida que a tecnologia se desenvolve, estas próteses cada vez mais se assemelham a membros reais, tirando partido de materiais especialmente fabricados capazes de responder aos movimentos mais simples, permitindo que sejam implantados em pacientes portadores de amputações.

A. Mão Biônica

Podemos destacar a mão como o membro superior com uma importância na evolução humana derivado do bipedismo. Portanto, é um membro que tem influência de diversos estudos na engenharia para pessoas amputadas. As mãos biônicas mio-elétricas são as mais avançadas que existem no mercado hoje. Eles atuam como próteses para pessoas amputadas ou com doenças neurológicas,

permitindo que eles façam o que antes não era possível. Esses dispositivos consistem em sistemas de controle baseados em computadores que interpretam os movimentos de sua mão. Os sensores detectam e decodificam os sinais de movimento que incluem contratos e relaxamentos musculares, resultando em pequenos movimentos dos dedos, que podem ser usados para ações como pegar e soltar objetos, articular sílabas, digitar em um teclado ou aperfeiçoar golfo.

O avanço e a popularidade das mãos biônicas mio-elétricas também permitiu que o bem-estar social do usuário aumente significativamente, permitindo os mesmos aposentarem sua vida com dignidade. A habilidade adquirida através desse dispositivo também aumentou a qualidade de vida, pois eles podem realizar todas as tarefas diárias de forma independente. A parte sensorial é a principal característica que os bios-engenheiros buscam integrar nestes sistemas, dado que é este que garante uma experiência mais aproximada á do membro natural. Desde 2018 estão a decorrer diversos estudos com resultados positivos no desenvolvimento destes sistemas, mas iremos focar em dois que já obtiveram sucesso nos testes clínicos:

- Mão biônica, desenvolvida por *Edoardo D'Anna e Silvestro Micera* da *École Polytechnique Fédérale de Lausanne* (Suíça).
- Mão biônica, desenvolvida pelo professor Dr. *Max Ortiz Catalan*, diretor fundador do *Center for Bionics and Pain Research* (Suécia).

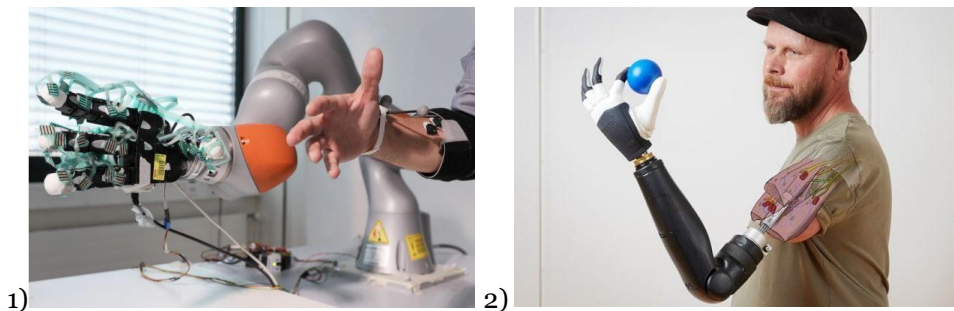


Figura 17: 1) mão biônica da Suíça ³⁶ 2) mão biônica da Suécia ³⁷.

O projeto do Dr. *Max Ortiz Catalan* focou-se na sensação de toque mais precisamente no estudo da aderência. Os pacientes conseguiram sentir quando um objeto estava a escorregar da mão e reagir rapidamente (35). O projeto da *École Polytechnique Fédérale de Lausanne* também teve o foco na sensação de toque, no entanto, ficou direcionado para a sensação de propriocepção (sensação da posição relativa dos dedos). Os pacientes conseguiram distinguir a diferença entre quatro cilindros de vários diâmetros e sentir a diferença entre objetos moles e duros (37).

A montagem de mãos biônicas tem uma composição base que funciona em todos

os modelos. São colocados elétrodos eletromiográficos no coto amputado do paciente, e estes detetam os impulsos gerados pela atividade muscular. Esses sinais são traduzidos e enviados através de fios para o membro artificial, que é equipado com um conjunto de peças mecânicas controladas por motores. Estas partes podem permitir a mão reproduzir as principais funções (abertura e fecho das mãos, movimentos de agarrar, apertar, fletir e flexão do cotovelo, entre outras). A montagem da mão biônica inclui também o uso de baterias para operar os motores, bem como uma interface de computador de código aberto que pode ser programada para determinar as principais funções. O código aberto é convertido em pulsos de estimulação elétrica fornecidos ao sistema nervoso (a partir dos músculos do coto) e, finalmente, esses impulsos chegam ao cérebro (feedback sentido pelo cérebro de que a mão se está a mover) (37). Uma segunda bateria pode ser associada ao dispositivo para acionar sensores usados para dar feedback da força aplicada. O dispositivo é montado à base de coto e fixado com parafusos, sujeito a um cabo de ligação. Por último, para finalizar a montagem, é feita uma ligação dos fios elétricos à bateria externa.

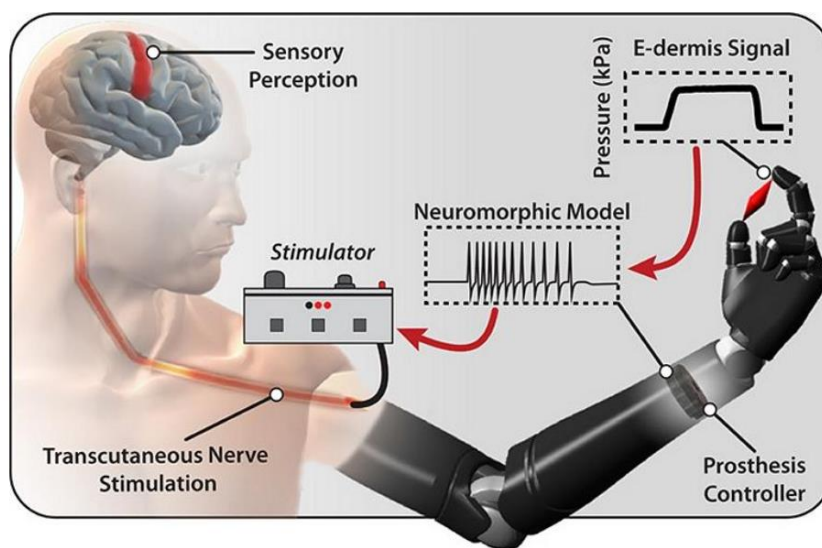


Figura 18: Mostrando um estímulo nervoso para dar o comando à prótese e a pele eletrônica dando sensação de toque a mão biônica.

músculos do coto) e, finalmente, esses impulsos chegam ao cérebro (feedback sentido pelo cérebro de que a mão se está a mover) (37). Uma segunda bateria pode ser associada ao dispositivo para acionar sensores usados para dar feedback da força aplicada. O dispositivo é montado à base de coto e fixado com parafusos, sujeito a um cabo de ligação. Por último, para finalizar a montagem, é feita uma ligação dos fios elétricos à bateria externa.

O maior problema nessa tecnologia está sendo o elevado preço que rondam entre 9 e 22 mil euros. O preço extremamente elevado destas mãos biônicas é devido ao elevado custo de produção e investigação envolvidos na construção destes dispositivos. Além disso, muitas vezes os materiais usados, como tecidos estéreis, alumínio e outras

aplicações avançadas, são dispendiosos para produzir. Como alternativa ao preço extremamente elevado destas mãos biônicas, os cientistas têm estado a desenvolver métodos alternativos para tornar os custos de produção destes dispositivos mais acessíveis ao público em geral. Por exemplo, desenvolveram uma solução de impressão para fabricar os elementos elásticos internos de uma mão biônica. Esta técnica é considerada mais barata, pois permite a imediata criação de itens personalizados em massa, economizando tempo e dinheiro. Outra novidade que tem desempenhado um papel importante na redução de custos é a "customização por impressão 3D". Esta técnica permite aos médicos esculpir o dispositivo à medida do utilizador, a partir de planos 3D, criando uma mão biônica altamente personalizada. Esta abordagem reduz o custo de fabricação da mão biônica para cerca da metade, tornando-a mais acessível para pessoas com necessidades especiais.

Alguns cientistas acreditam que, permitindo aos utilizadores imprimir suas próprias mãos biônicas com materiais mais baratos, eles têm uma possibilidade ainda maior de obter uma mão biônica a preços acessíveis. Com o avanço da tecnologia, os desenvolvedores esperam que a venda de mãos biônicas se torne mais acessível, permitindo a pessoas de todo o mundo obter este tipo de dispositivo.

B. Braço biônico

Como estamos falando de membros superiores humanos não podemos deixar de falar do braço. As próteses de braços modernos são normalmente feitas de materiais leves, como plástico, metal leve e fibra de carbono, e algumas próteses usam peças mecânicas como motores elétricos, molas e engrenagens para simular o movimento dos membros.



Figura 19: Protótipo de um braço biônico.

O braço usa sensores para detetar e responder à pressão dos dedos, o que permite aos usuários executar atividades simples, como segurar um copo, manusear um botão, escrever, abrir portas, trabalhar com computadores ou pegar e soltar objetos. Além disso, alguns tipos de braços podem fornecer sensações táteis, permitindo que os usuários possam sentir se estão segurando algo ou quando

algo está entrando em contato com a prótese. Também existem próteses interativas que usam reconhecimento de voz para reagir aos comandos dos usuários. Além de sua função prática, as próteses de braço também fornecem maior confiança e autoconfiança para as pessoas que as usam (39). É importante ressaltar que, apesar das próteses avançadas, as habilidades motoras ainda devem ser esforçadas através de exercícios de reabilitação adequados para que o paciente obtenha o melhor benefício das próteses (40).

Elas permitem a reabilitação ao longo do tempo, pois os seus sistemas se tornam mais adaptados às necessidades do paciente, sendo possível anexar diversos acessórios, como luzes, câmara, pinças, etc., de acordo com as capacidades específicas de cada um. Além disso, elas permitem que o usuário possa controlar os diversos movimentos do membro novo, o que significará a recuperação de funções desaparecidas.

O avanço científico muda completamente o potencial dos membros prostéticos anteriormente utilizados, que ofereciam uma funcionalidade muito limitada nos pacientes. Atualmente os braços biônicos podem ser aplicados através de dois métodos:

- Processos artesanais,
- Processos cirúrgicos.

➤ Processo Artesanal

É um método não-invasivo e antigamente era a única maneira de um paciente voltar a estar com membros completos. As próteses eram feitas com os moldes do membro amputado e não tinham muitos graus de liberdade. Hoje, estes tipos de próteses são mais evoluídos. O desenvolvimento destas próteses envolve a intervenção de um médico ortopedista e um engenheiro elétrico para produzir os mecanismos que simulem a contração e a flexão dos músculos dos membros, contudo não interagem com o corpo do paciente biologicamente (39).

A estas próteses podem ser adicionados elétrodos de eletromiografia, que captam os impulsos da atividade muscular de forma superficial. Através da inteligência artificial que cria um algoritmo, os sinais captados no braço são descodificados informando a prótese biônica da sua intenção de mover o braço. A partir deste sinal é possível configurar os elétrodos, para uma interação mais simples entre o cérebro e a prótese. Uma vez que os sinais são acompanhados por computadores, a prótese pode ser acionada de acordo com os impulsos cerebrais. Uma vez configurado, os elétrodos são aplicados ao tecido muscular eficientemente. Os elétrodos podem ser usados em locais que contenham pouca gordura, como ombros, bíceps, quadris e outras articulações com movimentos sutis. Esta interface irá detetar os sinais musculares e os enviar para a prótese biônica para acionar.

Ao receber os sinais, a prótese pode, então, ser comandada para a execução de movimentos controlados, como levantar o braço a certo ângulo, fazer gestos com a mão, flexões e extensões musculares. A grande vantagem dessa tecnologia é que

permite que o usuário tenha mais controle sobre seu próprio movimento, proporcionando maior autonomia e independência. Esta técnica pode ser usada também em dispositivos robóticos, como braços robóticos usados na indústria, mas também em dispositivos ortológicos, conforto e reabilitação (40).



Figura 20: Ilustra uma prótese mio elétrica.

A Figura 20 ilustra uma prótese mio elétrica atual. Seu funcionamento pode ser descrito da seguinte forma: o cérebro envia a ordem para que a musculatura do braço se contraia através de impulsos que trafegam pelos nervos e atingem a placa motora de um dado músculo, que por sua vez provoca a contração muscular. A atividade muscular é então captada por eletrodos e utilizada para ativar o sistema atuador da prótese. O soquete (adaptador mecânico da prótese ao corpo) e os eletrodos para uma prótese mio elétrica estão mostrados na Figura 21.

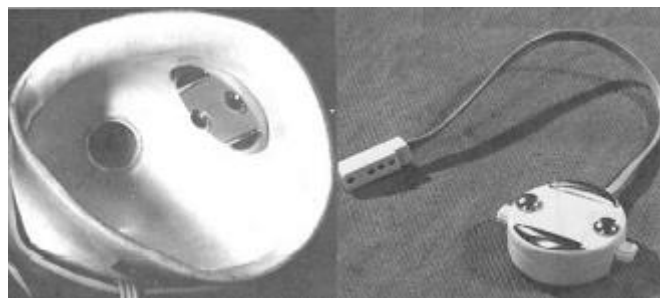


Figura 21: Soquete para um braço e eletrodos para uma prótese mio elétrica.

A Figura 20 ilustra uma prótese mio elétrica atual. Seu funcionamento pode ser descrito da seguinte forma: o cérebro envia a ordem para que a musculatura do braço se contraia através de impulsos que trafegam pelos nervos e atingem a placa motora de um dado músculo, que por sua vez provoca a contração muscular. A atividade muscular é então captada por eletrodos e utilizada para ativar o sistema atuador da

prótese. O soquete (adaptador mecânico da prótese ao corpo) e os elétrodos para uma prótese mio elétrica estão mostrados na Figura 21.

➤ Processo Cirúrgico

Este processo envolve cerimônias cirúrgicas para se associar os componentes biomecânicos ao corpo do paciente. Primeiro, o médico cirurgião identifica as áreas nos quais os componentes mecânicos serão anexados. O comprimento e a orientação dos componentes biomecânicos estão sendo ajustados. Então, implante os componentes mecânicos em partes específicas do corpo do paciente, para que os impulsos nervosos e musculares sejam passados através dos componentes, reequilibrando os sinais tanto para o movimento quanto para a sensação. Os componentes mecânicos são controlados através da interação entre o sistema nervoso do paciente e o cérebro (40).

Os procedimentos invasivos também podem variar de acordo com o paciente, já que diferentes pacientes necessitarão de diferentes tipos e tamanhos de componentes mecânicos. Por exemplo, alguns pacientes podem necessitar apenas alguns parafusos de titânio para prender o componente mecânico ao corpo, enquanto outros precisarão de tornos cirúrgicos para ajustar as peças mecânicas. Além disso, o implante de material sintético pode ser necessário para que os componentes funcionem adequadamente.

Um projeto norte-americano desenvolvido pela APL (Applied Physics Laboratory) iniciado em 2010, apresenta braços biônicos com vários tipos de dispositivos de registro de dados (impulsos elétricos da atividade muscular). Este projeto é apelidado de Modular Prosthetic Limb (MPL) (42).



Figura 22: Braço biônico MPL.

Modular Prosthetic Limb (MPL)

Em português, membro protético modular (MPL), é um braço biônico com destreza, peso, amplitude de movimento e geração de força, de nível humano. Este sistema usa algoritmos de decodificação neural que traduzem sinais elétricos recebidos do corpo em comandos para os sistemas de membros artificiais. Os sistemas de controle MPL e de feedback sensorial são projetados para acomodar interfaces com diferentes graus de invasividade (42).

Dispositivos não invasivos	Dispositivos de entrada convencionais (interruptores e transdutores), Eletromiografia de Superfície (EMGs), Estimulador sensorial tátil (Tactor).
Dispositivos minimamente invasivos	Sensor mioelétrico implantável (IMES)
Dispositivos moderadamente invasivos	Matriz de elétrodos inclinados de Utah (USEA)
Dispositivos altamente invasivos	Rede Eletrocorticográfica Epidural (ECoG), Matriz de Microelétrodos Flutuantes (FMA), Matriz de elétrodos de Utah (UEA).

Tabela 2: Prótese MPL e os vários tipos de elétrodos consoante a sua invasividade.



Figura 23: (A) Rede Eletrocorticográfica Epidural - altamente invasivo, (B) Matriz de Microelétrodos Flutuantes - altamente invasivo, (C) Matriz de elétrodos inclinados de Utah – moderadamente invasivo.

A decodificação do sinal e a codificação da informação são feitas da mesma forma para todas as próteses MPL. A implantação dos elétrodos é que mudam consoante a opção feita pelo paciente. O paciente pode escolher qual o grau de invasividade a que se compromete. Quanto mais invasivo é, mais fiel é a simulação dos sinais biológicos, ou seja, mais parecido é com a transmissão de sinais no sistema humano, apesar das desvantagens associadas á invasividade no corpo (42).

C. Perna biônica

A perna é composta de músculos, ossos, articulações, tendões e ligamentos. O fêmur é o osso principal da perna que liga o quadril ao joelho. Os músculos trabalham em conjunto para ajudar a movimentar a perna. Os músculos flexores na parte de trás da perna ajudam os joelhos a dobrar, e os músculos extensores na parte da frente ajudam a esticar o joelho. Os tendões conectam os ossos aos músculos, enquanto os ligamentos conectam os ossos entre si. Portanto, a perna humana é o membro inferior do corpo humano desde o quadril até o tornozelo.

A perna é responsável por nos permitir correr, cavar, andar, subir, caminhar, saltar entre outras ações. Estas são atividades que requerem coordenação motora e equilíbrio, além de flexibilidade e força, que são necessárias para manter movimentos eficazes e relativamente seguros. A mobilidade é significado de qualidade de vida, principalmente para quem teve um membro inferior amputado.

Além disso, a fabricação de próteses necessita de materiais que são leves, resistentes e de fácil manutenção. O uso de liga metálica para construir as estruturas internas, geralmente em alumínio, é muito comum. As próteses também requerem almofadas de amortecimento para evitar dores nos membros em contacto com a prótese durante o processo de andar ou movimentos mais vigorosos.



Figura 24: Hugh Herr, professor associado no *MIT* e na Universidade de Harvard e responsável pelo Grupo de Pesquisa em Mecatrônica do Media Lab do *MIT*.

Atualmente, a tecnologia desenvolvida para as próteses de pernas melhorou muito, usando recursos como sensores, inteligência artificial e até controle remoto para ajudar o paciente a andar naturalmente. Os usos de sensores no interior das pernas permitem a detecção e ajuste de força necessária para movimentar a prótese de forma mais realista, com movimentos de talão e de joelhos que imitam os movimentos humanos. Além disso, o ajuste da altura da prótese e o controle remoto permitem ao usuário realizar tarefas diárias com muito mais facilidade.

Os cientistas aprimoram as próteses motorizadas com algoritmos que respondem aos sinais elétricos dos músculos. As descobertas sugerem que as pernas biônicas que dependem de sensores mecânicos para controlar os movimentos seriam muito melhoradas pela inclusão de dados eletromiográficos (EMG) e os algoritmos que os interpretam.

Num estudo orientado por *Hargrove* e a sua equipa do Instituto de Reabilitação de Chicago e da *Northwestern University* experimentaram o sistema desenvolvido por *Michael Goldfarb*, professor de engenharia mecânica da *Universidade Vanderbilt de Tennessee*, em sete pessoas amputadas (43). Cada participante foi equipado com 9 sensores EMG nas coxas e quadris conectados a um computador. Os participantes usaram um protótipo de prótese acionado por 13 sensores mecânicos que mediam inércia, carga, posição, ângulo, aceleração, velocidade e toque. O estudo consistia em colocar as próteses nos pacientes em estudo. Aos participantes foi pedido que percorressem diferentes tipos de terrenos - rampas, escadas e terreno plano. Esses foram os resultados obtidos:

Tipo de próteses	Apenas com sensores mecânicos	Com sensores mecânicos e com sensores EMG
Erros	14,1% do tempo	7,9% do tempo

Tabela 3: Percentagem de erros cometido pelas próteses com e sem os sensores EMG (43).

O algoritmo desenvolvido leu o sinal EMG do longo dos músculos e separou o sinal para mover a panturrilha tanto para frente como para trás, possibilitando uma marcha mais fluida, especialmente ao subir e descer a rampas. Os participantes reportaram que a prótese era mais eficiente, enquanto também mencionaram que estavam satisfeitos com a previsibilidade do sinal de controle da perna.

Esta pesquisa levou a redução do número de queixas de fadiga e desconforto, relacionados ao uso com a prótese. A inclusão deste algoritmo com base em EMG nas próteses motorizadas, simboliza uma enorme vitória na tecnologia de saúde, já que melhora a qualidade de vida das pessoas amputadas em todo o mundo. Além disso, a pesquisa forneceu aos profissionais de saúde informações valiosas sobre o uso seguro e eficaz de próteses motorizadas.



Figura 25: Protótipo da perna biônica do projeto de Hargrove.

4.2 Próteses e Implantes

A diferença entre prótese e implante diz respeito ao tamanho deles. A principal diferença entre prótese e implante é que uma prótese é usada para substituir um corpo inteiro ou uma parte substancial de um corpo, enquanto um implante é usado para substituir uma única parte, geralmente, menor do que a prótese. Próteses são maiores e mais visíveis que implantes, embora isso possa variar dependendo do tipo de dispositivo.

Uma prótese é um substituto artificial de um órgão ou parte do corpo perdido ou deficiente. Por outro lado, um implante é um dispositivo médico que é solto dentro do corpo para substituir ou suprimir alguma função suprimida por um trauma ou doença. Algumas próteses já estão a ser utilizadas em humanos, enquanto outras ainda estão em fase de desenvolvimento e estudo.

A grande dificuldade de ter um órgão biônico funcional é devido á sua elevada complexidade, uma vez que é difícil reproduzir todas as suas funções com sucesso exatamente como os naturais (44).

No entanto, as próteses artificias têm vindo a possibilitar que algumas destas funções possam ser restauradas, permitindo aos seres humanos irem adquirindo novas capacidades e habilidades. Estes dispositivos atuam como auxiliares e facilitadores de algumas das atividades que seres humanos teriam de realizar de forma mais limitada devido a incapacidade. Além disso, algumas próteses possuem a capacidade de adaptar-se às mudanças externas, reestruturando automaticamente a sua forma, ou funcionando em conformidade com as alterações dos parâmetros do ambiente.

Atualmente a produção de próteses automatizadas tem vindo a crescer. Neste momento nem todas as próteses estão ao alcance de qualquer pessoa, visto que o custo de algumas delas é mais elevado do que os métodos tradicionais. Estas

próteses devem passar por rigorosos testes antes da sua aplicação clínica. Este processo inclui um bom número de verificações, como a correta aplicação do dispositivo na parte correta do corpo, o monitoramento da atividade do usuário, se assim for necessário, a verificação da compatibilidade com o usuário e, por fim, os testes de eficácia em termos de melhorias geradas na qualidade de vida do usuário.

4.2.1 Órgãos Artificiais

Ainda há um longo caminho a ser percorrido na produção de órgãos e tecidos — particularmente no que diz respeito ao seu emprego clínico significativo —, entretanto, esses avanços na tecnologia de bioengenharia já constituem uma grande conquista. O uso deste tipo de tecnologia permitirá que os cientistas produzam tecidos em laboratório e substituam órgãos que estavam defeituosos, além de fornecer aos médicos a capacidade de implantar órgãos artificiais nos pacientes, bem como revitalizar ou substituir tecidos que foram danificados. Alguns órgãos que já foram produzidos em laboratório já são inclusive utilizados em humanos.

Alguns exemplos de avanços na bioengenharia incluem o desenvolvimento de tecidos com células estaminais para a reparação dos tecidos, a produção de células especializadas para o tratamento de algumas doenças, o desenvolvimento de pequenos dispositivos eletrônicos para tratamento de doenças e o emprego de nanotecnologia para o aprimoramento de drogas e procedimentos médicos (46).

De acordo com o ministério da saúde, todos os anos as filas de espera para transplantes de órgãos são enormes para a quantidade de órgãos doados. Com os órgãos artificiais esse problema acaba porque podem ser produzidos tantos quantos necessários. No entanto, os órgãos artificiais ainda não são totalmente eficazes e não representam a melhor solução, pois estão longe de ter as mesmas funções e qualidade dos órgãos humanos. Além disso, os órgãos artificiais são extremamente caros e exigem medicamentos complexos para a sua manutenção (47). Por isso, embora os órgãos artificiais possam ajudar a reduzir as filas de espera, eles ainda representam apenas uma alternativa limitada e não substituem a necessidade de mais doadores de órgãos para salvar mais vidas. Além de que existe o problema da questão da compatibilidade entre os indivíduos quando se trata de doação de órgãos. Quando o órgão implantado não é compatível com o corpo, os anticorpos começam a atacar, destruindo o que consideram um “agente invasor” e o paciente acaba por falecer. Neste aspecto os órgãos artificiais não possuem esse problema uma vez que são produzidos com células do próprio paciente e conseguem exercer todas as funções do órgão original (46).

Atualmente, a tecnologia já permite que tecidos mais simples sejam fabricados

em laboratório: valvas cardíacas, vasos sanguíneos, pele, ossos e outros tecidos. Para que o órgão artificial possa substituir o de origem, são usadas biomoléculas que são fragmentos de células estaminais do paciente, que são fatores de crescimento e, assim, conseguem aumentar a produção de células nesse órgão. Depois de algum tempo ocorre uma diferenciação específica e as células passam a apresentar as características de uma determinada parte do corpo (44).

Além disso, processos de biotecnologia modernos possibilitam a criação de órgãos artificiais usando impressão 3D, métodos de fabricação aditiva, e outras tecnologias que usam elementos de software avançados para construir miniaturas de órgãos ou tecidos. Esses procedimentos permitem que os cientistas criem estruturas praticamente complexas e mais precisas em comparação com tecidos mais simples (46). No entanto, muitas estruturas biológicas ainda não podem ser criadas por essas tecnologias. O uso da robótica é fundamental na criação de órgãos artificiais. O uso desses dispositivos reativos à força e das técnicas de manipulação mecânica ajudam a criar um ambiente que possa replicar com precisão a anatomia humana, incluindo suas partes musculares, nervosas, circulatórias e metabólicas (45).

Muitas vezes, elementos reativos à força são usados em conjunto com microscópios computadorizados e sistemas de realidade aumentada para monitorar e manipular órgãos artificiais durante o desenvolvimento. Dessa forma, os órgãos são criados com um nível mais alto de precisão e flexibilidade.

A. Método de Bio impressão.

Uma das tecnologias mais promissoras para a fabricação de órgãos e tecidos é a impressão em 3D ou bio impressão. Existem 2 métodos, sendo o método biológico e o método de engenharia de tecido. O primeiro usa células vivas, material de matriz extracelular de origem animal ou culturas de tecidos para criar os órgãos e tecidos. O segundo é baseado em materiais artificiais como polímeros biodegradáveis ou os criados por computador. Esta tecnologia pode ser usada para salvar vidas, substituindo órgãos defeituosos com o tecido e os órgãos dentro de estruturas precisas que imitem as suas funções no corpo humano.

Uma das técnicas que é bastante estudada é o impresso de uma estrutura num biomaterial degradável (polímero) e poroso do formato do órgão e posteriormente nessa estrutura são colocadas células com a especialização do órgão em questão. À medida que a estrutura se vai degradando, as células multiplicam-se e fixam-se nas reentrâncias até a estrutura polímera ser 100% substituída pelas células vivas.

No entanto, nem sempre será possível obter as células do órgão a replicar, por

isso recorre-se à utilização de células estaminais que conseguem especializar-se em qualquer tipo de célula. Um exemplo, é que na criação de uma orelha as células vivas só são substituídas por completo ao fim de 6 meses (48).



Figura 26: Bio-impressão 3D da orelha.

Essa orelha foi impressa num polímero biodegradável e foi implantada num rato, de maneira a manter vivas as células. O plástico foi-se degradando dando lugar aos tecidos, e ao fim de 2 meses já era visível o crescimento de nervos. Ao fim de 5 meses era possível observar vasos sanguíneos (48).

Uma outra técnica estudada é a impressão do órgão usando uma biotinta (bio-ink) que é composta por células vivas do paciente do órgão em questão ou células estaminais. Essas células são cultivadas para se multiplicarem até haver células suficiente para a impressão do órgão. Podemos ver exemplos na impressão do mini-coração ou córnea.

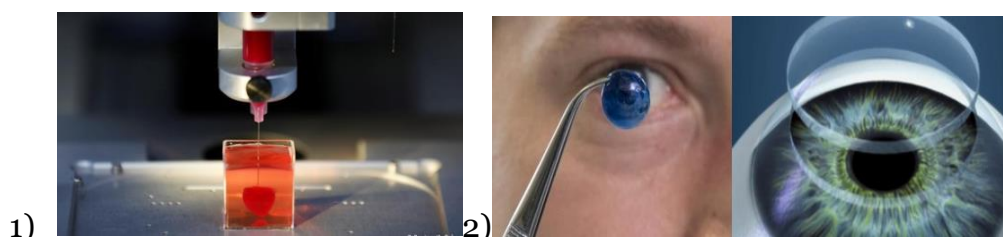


Figura 27: 1) Bio-impressão de um coração - 2019 2) Bio-impressão de uma córnea artificial - 2018.

O coração tem cerca de 3 cm e foi possível projetar e imprimir um coração inteiro, repleto de células, vasos sanguíneos, ventrículos e câmaras. Os cientistas israelitas usaram células estaminais de um paciente e especializaram-nas para que fossem células cardíacas e células de vasos sanguíneos, utilizando-as como a biotinta na impressão do coração (49).

Para a impressão 3D da córnea, foram usadas células estromais da córnea humana de uma córnea doadora saudável misturadas com um gel de alginato e colagénio. Essa mistura foi empregue como biotinta para a impressão (50). O gel mantém as células estaminais vivas enquanto produz um material que é rígido o suficiente para manter a sua forma, mas macio o suficiente para ser impresso pelo injetor de uma impressora. Demorou cerca de 10 minutos para impressão. A impressão de órgão ainda está numa fase inicial, mas já é possível imprimir células estaminais embrionárias humanas, vasos sanguíneos, tecido cardíaco, pele, cartilagem e ossos (51).

Podemos citar alguns exemplos de órgãos biónicos:

- Olho biónico

Como exemplo de um olho biónico temos a prótese de retina *Argus II* que é um implante retiniano eletrónico fabricado pela empresa americana *Second Sight Medical Products*. É usado como uma prótese visual para melhorar a visão de pessoas com casos graves de retinite pigmentosa (52).



Figura 28: Implante retiniano da *Argus II*.

A Retinite Pigmentosa afeta primeiramente os fotorreceptores (células sensíveis à luz) responsáveis pela visão periférica e noturna. Devido à doença, os fotorreceptores começam a degenerar-se, sofrem atrofia e morrem, dando origem a pigmentos na retina. O implante *Argus II* devolve um pouco da capacidade de identificação de luz ao globo ocular, mas não restaura completamente a visão. Permite às pessoas que perderam a visão em função da retinite pigmentosa detetar faixas de pedestres na rua, presença de pessoas ou carros, e até mesmo grandes números ou letras (52).

- Coração Artificial

As doenças cardiovasculares em Portugal são a principal causa de morte em Portugal, e representam um terço de toda a mortalidade da população portuguesa (cerca de 35 mil mortes anualmente) (53).

As principais causas são as enfermidades coronarianas, que representam cerca de 26% dos óbitos; seguidas pelo infarto do miocárdio (cerca de 23%) e a doença arterial coronariana (cerca de 8%). Além desses três tipos principais, também

são consideradas doenças cardiovasculares a hipertensão arterial, a insuficiência cardíaca, a arritmia cardíaca e o derrame cerebral. Para prevenir a ocorrência destas doenças, é importante adotar um estilo de vida saudável. É aconselhado o consumo de alimentos saudáveis, o manter-se ativo com atividades físicas regularmente, e antes de usar medicamentos prescritos pelo médico, sempre é aconselhável consultar um profissional de saúde para realizar um diagnóstico correto.

O coração humano divide-se em quatro cavidades. Na parte superior situam-se as aurículas direita e esquerda e, na parte inferior, os ventrículos direito e esquerdo. Num coração saudável, as válvulas cardíacas fazem com que o sangue dentro do coração flua em sentido único, impedindo o seu refluxo. Contudo quando o coração não consegue bombear sangue adequadamente, chama-se insuficiência cardíaca, e o coração artificial vem solucionar esse problema de forma temporário. Existem 2 tipos de insuficiência cardíaca:

- Insuficiência cardíaca sistólica: ocorre quando o músculo cardíaco não consegue bombear ou ejetar o sangue para fora do coração adequadamente.
- Insuficiência cardíaca diastólica: ocorre quando os músculos do coração ficam rígidos e não se enchem de sangue facilmente.

Um dos principais problemas na obtenção de um coração artificial total (TAH) é a reprodução funcional da vascularidade do órgão. Um coração artificial total serve apenas como recurso enquanto o paciente espera pelo transplante ou em casos de doentes com insuficiência biventricular grave. Para proporcionar funcionalidades do coração, é necessário que as artérias e as veias que circundam o órgão sejam engenhosas e precisas. Até o momento, os fabricantes têm enfrentado um desafio ao criar um sistema vascular tão complexo, pois a anatomia interna de um coração humano é difícil de mapear e replicar de forma exata.

Para criar artificialmente a vascularização que pode fornecer sangue e oxigênio ao órgão, os cientistas e engenheiros têm usado técnicas avançadas de impressão 3D. Essas impressões 3D criam um modelo tridimensional do órgão, o que permite que cada artéria, veia e tubo seja minuciosamente criado para se encaixar perfeitamente no órgão. Além da impressão 3D, outras técnicas de fabricação aditiva, como a usinagem e fundição, também são usadas para criar os componentes do sistema vascular.

Apesar dos avanços recentes, ainda falta muito antes de um coração artificial total ser eficientemente testado em seres humanos. Os desafios que causam esses problemas científicos e de engenharia são a redução do tamanho dos componentes e o aumento da eficiência cardíaca. No entanto, acredita-se que um dia essas barreiras serão superadas, dando às pessoas uma nova esperança e

oferecendo uma nova qualidade de vida.

Os dispositivos que complementam a função dos ventrículos são os VAD (dispositivos de assistência ventricular), enquanto os dispositivos que substituem os ventrículos são os TAH (coração artificial total), geralmente em forma de cápsula de plástico (54).

O primeiro TAH foi implantado há 50 anos em um homem com insuficiência cardíaca terminal e funcionou 64 horas até ao transplante cardíaco. Em 1969, o cirurgião cardiotorácico norte-americano *Denton Cooley* colocou o primeiro coração artificial no senhor *Haskell Karp*, de 47 anos, como uma medida temporária até receber um coração de um doador. O coração artificial total, foi projetado por *Liotta*, e usava propulsão pneumática, com bomba de dupla câmara à direita e a esquerda. Válvulas *hingeless* de *WadaCutter* controlavam a direção do fluxo sanguíneo na bomba. O TAH era conectado a um gerador externo, que infelizmente restringia a mobilidade do paciente (55).



Figura 29: Primeiro coração artificial total.

Desde 1969, houve diversos projetos diferentes, como *Akutsu-III*, implantado em 1981, que assegurou a sobrevivência do doente durante 55 horas, até ser encontrado um doador compatível. Este consistia em duas bombas de dupla-câmara, com propulsão pneumática, também projetado por Domingos Liotta. (55)

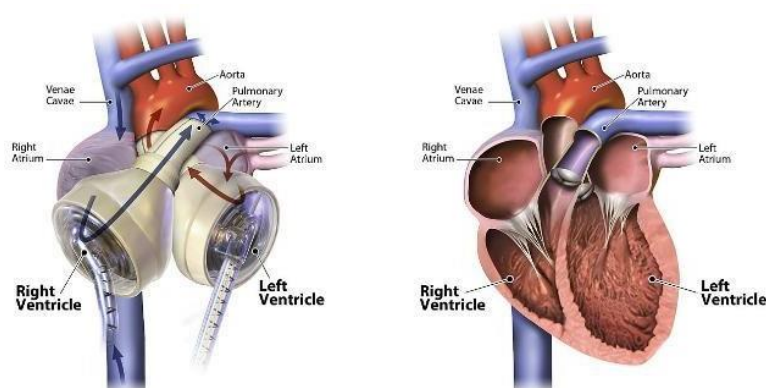


Figura 30: (à esquerda) o coração artificial total - modelo *Akutsu-III*, e (à direita) o coração humano.

O *Jarvik-7*, desenvolvido em 1982 por *Kolff* e sua equipe da Universidade de Utah, era um dispositivo pulsátil de funcionamento pneumático, biventricular, desenvolvido para substituir o coração. Com este dispositivo, 5 pacientes foram mantidos com suporte hemodinâmico permanente por períodos que variaram de 10 a 620 dias, contudo pacientes que receberam assistência circulatória por períodos prolongados sofreram várias complicações, incluindo tromboembolismo, derrame cerebral, infecção e falência de múltiplos órgãos (55).

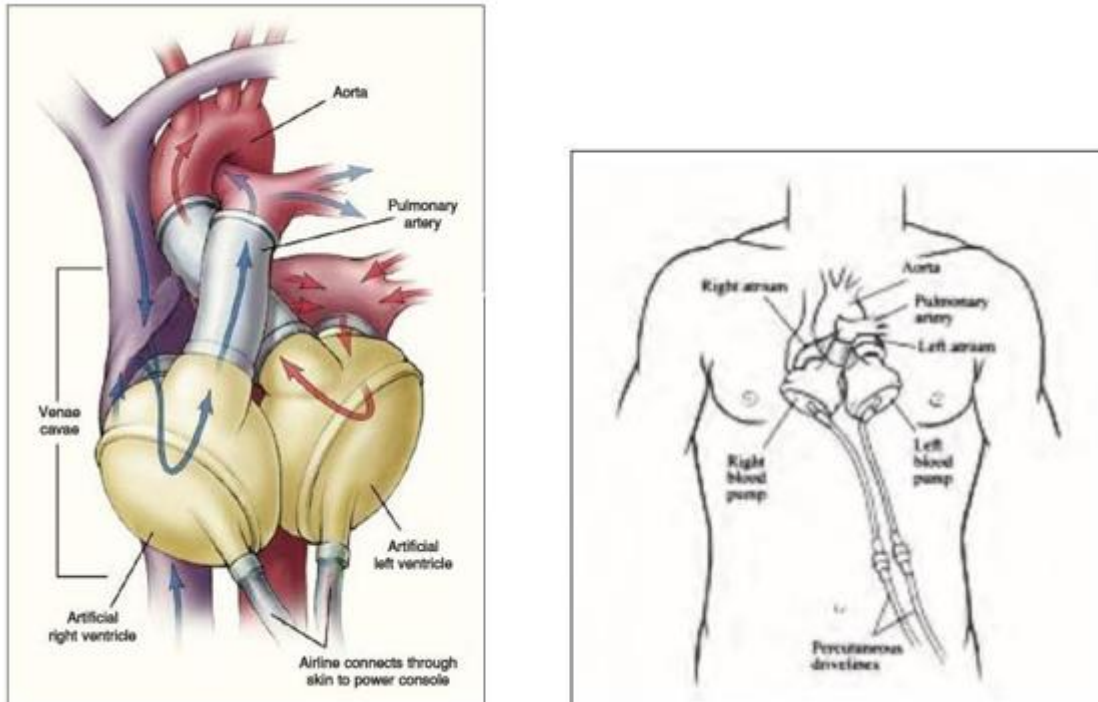


Figura 31: Ilustração do mecanismo do Jarvik-7.

O *Abiocor TAH* que foi o primeiro coração desenvolvido que substituiu totalmente o coração humano de forma autónoma, com características electro-hidráulicas, ocorreu em 02 de julho de 2001 e foi autorizado pela FDA (agência federal do departamento de saúde e serviços humanos dos estados unidos) (56). O *Abiocor* foi desenvolvido e testado pela *ABIOMED* que é um fabricante de dispositivos de implantes médicos. Este modelo apresenta algumas limitações, sendo adequado apenas para 50% da população masculina, que seriam homens com elevada estrutura, e possui apenas 1-2 anos de tempo de vida útil.

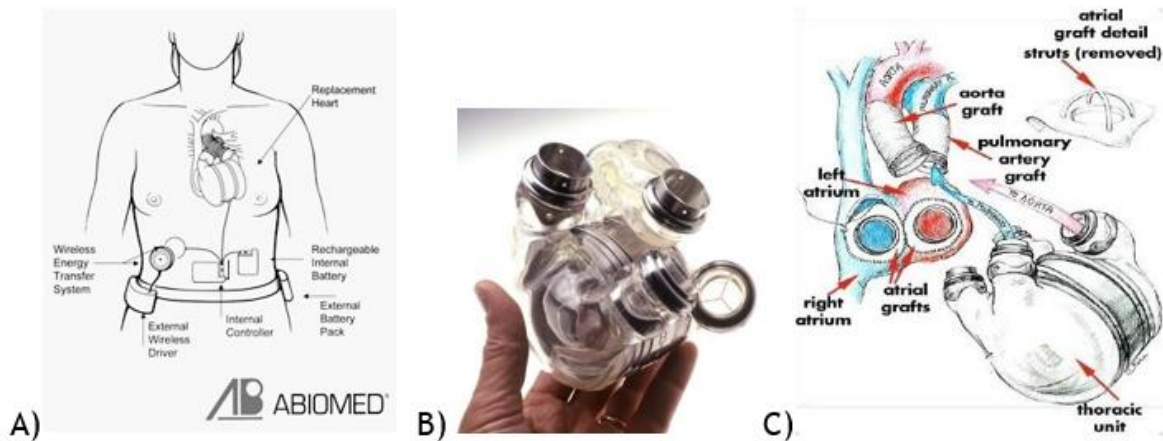


Figura 32: (A) *AbiCor* e os seus componentes adjacentes, (B) imagem de um *AbiCor* e (C) representação do fluxo sanguíneo com o *AbiCor*.

Os citados anteriormente são ótimos projetos, no entanto, quando o problema cardíaco incide no mau funcionamento de uma ou das duas câmaras ventriculares não é necessário a substituição do órgão por completo (TAH), mas apenas auxiliar com um dispositivo de assistência ventricular (VAD). O VAD é um dispositivo para auxiliar a circulação que funciona como uma bomba para impulsionar o fluxo sanguíneo e assume parcial ou completamente a função de uma câmara defeituosa do coração. Alguns são para uso a curto prazo, geralmente para pacientes em recuperação de infarto do miocárdio ou em recuperação de cirurgia cardíaca. Outros são para uso a longo prazo, normalmente para os pacientes que sofrem de insuficiência cardíaca congestiva avançada, ou como ponte para transplante, de modo a manter o paciente vivo durante a espera por um transplante de coração (57).

Eles dividem-se em RVAD que é dispositivo de assistência do ventrículo direito, LVAD que é dispositivo de assistência do ventrículo esquerdo e BiVAD que é para auxiliar os dois ventrículos. O LVAD (no ventrículo esquerdo) é o mais utilizado, uma vez que o ventrículo esquerdo tem de impulsionar o sangue com mais força que vai para a aorta, ou seja, para o corpo todo. O segundo mais utilizado é o BiVAD (conjunto de LVAD e RVAD).

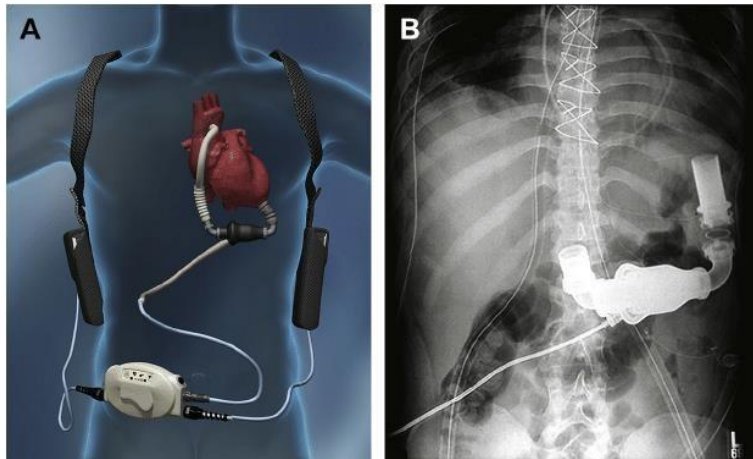


Figura 33: (A) exemplo de um LVAD (no ventrículo esquerdo) e os seus componentes e (B) LVAD num raio X.

Como aplicações de LVAD, temos o projeto *HeartMate* que teve 3 gerações, sendo *HeartMate I* o de 1ª geração que operavam através de propulsão pneumática e habitualmente é colocado logo abaixo do diafragma no abdómen. Está ligado à aorta e é pulsátil, o que significa que simula o movimento do coração natural. Pode bombear até 10 litros de sangue por minuto, o que restaura a circulação crítica e reverte a disfunção do órgão final, mas devido à elevada taxa de falência do aparelho deixaram de ser produzidos. O *HeartMate II* foram os dispositivos de 2º geração, eles usavam uma bomba de fluxo contínuo fornecida por um rotor suspenso no fluxo sanguíneo através de rolamento mecânico (ou seja, propulsão mecânica) e foi aprovado pela Food and Drug Administration (FDA). As vantagens das bombas desta geração em relação á anterior foram a redução das partes móveis, redução de trombozes e infeções e redução se falhas mecânicas (58).

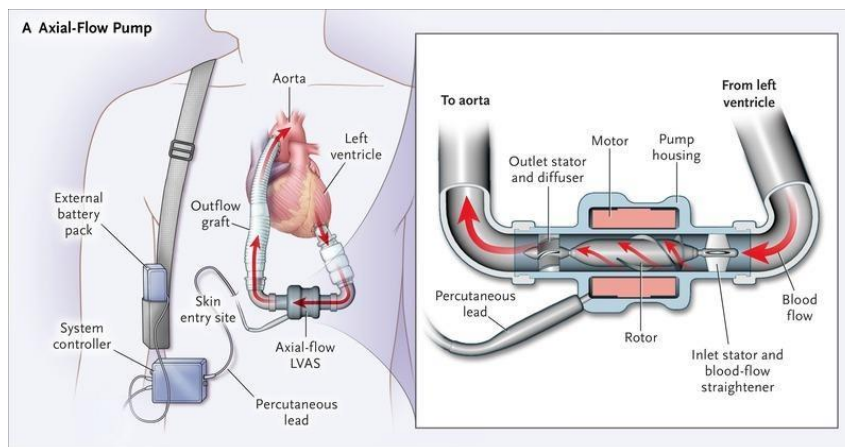


Figura 34: Componentes do *HeartMate II* e composição do motor mecânico.

Por fim, a *HeartMate III* foi desenhada para ser colocado no interior do pericárdio. Possui dois tubos, sendo um tubo de entrada de sangue que é colocado no ventrículo esquerdo e um tubo de saída de sangue, inserido na artéria aorta, na sua porção ascendente. O rotor presente dentro do dispositivo funciona segundo indução magnética. Esta indução magnética diminui as forças de cisalhamento a que o sangue está sujeito durante a passagem pelo interior do dispositivo e diminui os efeitos deletérios sobre a integridade das hemácias. Para além disso, o revestimento interno do dispositivo é efetuado com micropartículas de titânio, o que diminui a trombogenicidade do mesmo.

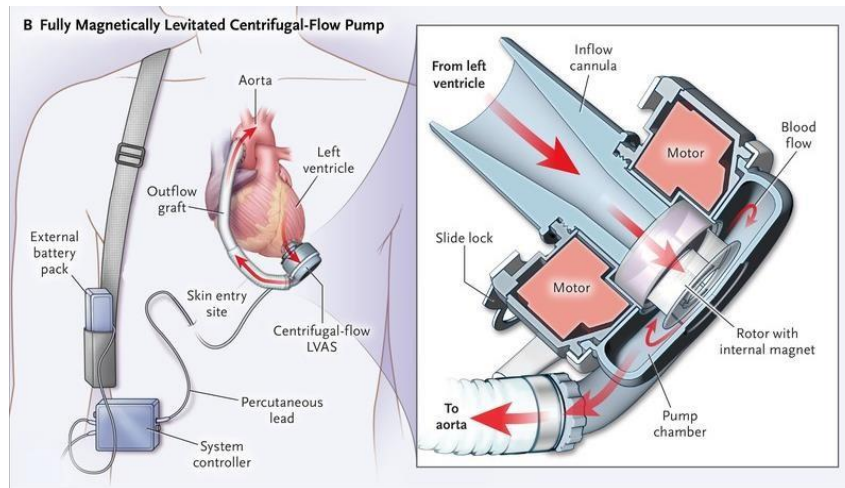


Figura 35: Componentes da *HeartMate III* e composição do motor de indução magnética.

Em 2017, José Fragata fez pela primeira vez em Portugal o implante deste dispositivo num doente de 64 anos que sofria de insuficiência cardíaca e não podia receber um coração transplantado devido aos danos que a medicação para a imunodepressão lhe provocaria nos rins. José Fragata é o chefe de serviço de cirurgia cardiotorácico no Hospital de Santa Marta. (59)

B. Fígado Artificial

O fígado desempenha inúmeras funções, tanto na digestão e utilização dos nutrientes, como na remoção de substâncias prejudiciais e na boa regulação da nossa coagulação. Ele é constituído por 4 lobos de tamanhos e formas distintas que estão ligados a uma artéria comum, à artéria hepática, que transporta sangue rico em oxigénio proveniente da artéria aorta. Já a veia porta transporta sangue rico em nutrientes do intestino delgado. Portanto, as células hepáticas são essenciais para um órgão saudável, uma vez que representam 80% do volume do fígado e são responsáveis por todas as funções desempenhadas. O fígado é vital para a nossa sobrevivência e pode ser afetado por vários tipos de infeções que, por sua vez, podem levar a doenças que requerem transplante ou terapia hepática. As doenças mais comuns são Hepatite A a E, cirrose, cancro, danos

causados pelo consumo de drogas.

A falência hepática significa quase uma sentença de morte, portanto, é muito difícil encontrar doadores compatíveis para um transplante bem-sucedido. Para pacientes que necessitem da substituição das funções do fígado existe duas opções, sendo o sistema de suporte do fígado artificial (ALSS) e Fígado artificial total.

- Sistemas de suporte do fígado artificial (ALSS);

Quando não existem doadores de fígado para ser realizado o transplante, foi desenvolvido um sistema de suporte do fígado artificial (ALSS) que funciona como uma ponte para o transplante hepático ou proporcionar a hipótese de o fígado humano recuperar. Atualmente já temos dispositivos no mercado sendo usados:

Dispositivos Bio-artificiais de suporte do fígado (BAL)	Dispositivos Artificiais de suporte do fígado (NBL)	Dispositivos Híbridos do suporte de fígado
ELAD (Dispositivo de assistência de fígado extracorporeal)	MARS (Sistema de recirculação adsorvente molecular)	Hepat-Assist
BLSS (Sistema de suporte de fígado bio-artificial)	Prometheus FPSA (Sistema de separação e adsorção de plasma fracionado)	TECLA-HALSS (Sistema Artificial de Suporte Hepático Artificial TECA-Híbrido)
RFB (Biorreator de fluxo radial)	SPAD (Diálise de albumina de passagem única)	MELS (Suporte hepático extracorpóreo modular)
AMC-BAL (Fígado bio-artificial)	SEPET (Terapia seletiva de filtração de plasma)	-

Tabela 4: Dispositivos comercializados de suporte de fígado.

Os dispositivos Bio-artificiais do suporte do fígado (BAL) são dispositivos extracorpóreos experimentais que usam linhas celulares vivas para fornecer a desintoxicação e o suporte de síntese para o fígado deficiente. Estes possuem um biorreator cheio de vários tipos de células, essenciais ao funcionamento correto do fígado, que fazem a substituição das funções mais importantes do órgão. Essas funções não compreendem apenas o processo de desintoxicação, mas também os processos de biotransformação e síntese [45]. Eles surgiram como uma possível ferramenta para auxiliar pacientes com insuficiência hepática. O *Hepat-Assist* 2000 utiliza hepatócitos de porco, enquanto o sistema ELAD emprega

hepatócitos derivados de linhas celulares de hepatoblastoma C3A humano. Ambas as técnicas podem produzir, na insuficiência hepática fulminante (FHF), uma melhoria do grau de encefalopatia e parâmetros bioquímicos. No entanto, são terapias de alta complexidade que exigem uma abordagem logística complexa para implementação, um custo muito alto e possível indução de efeitos colaterais. Outros sistemas biológicos hepáticos são o BLSS e o RFB. A capacidade de desintoxicação desses sistemas é pobre e, portanto, devem ser usados em conjunto com outros sistemas para mitigar essa deficiência. Hoje, o seu uso é limitado a centros com grande experiência na sua aplicação [60].

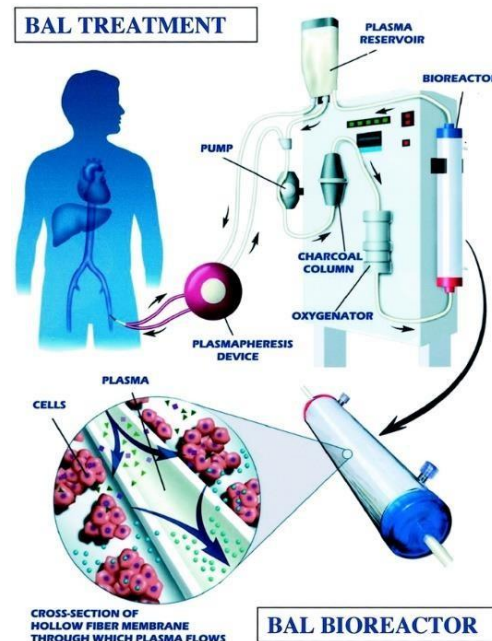


Figura 36: Ilustração do funcionamento de dispositivos Bio-artificiais do suporte do fígado (BAL).

Os dispositivos artificiais de suporte do fígado (NBL) visam substituir temporariamente as funções nativas de desintoxicação do fígado e utilizam a albumina, proteína principal do plasma sanguíneo que é sintetizada no fígado pelos hepatócitos, como molécula de eliminação para eliminar as toxinas envolvidas na fisiopatologia do fígado deficiente. A maioria das toxinas que se acumulam no plasma de pacientes com insuficiência hepática são ligadas a proteínas e, portanto, as técnicas convencionais de diálise renal, como hemofiltração, hemodiálise ou hemodiafiltração, não são capazes de eliminá-las adequadamente. Entre as diferentes modalidades de diálise da albumina, a diálise de albumina de passagem única (SPAD) mostrou alguns resultados positivos, mas um custo muito alto. No entanto, os sistemas mais utilizados hoje são baseados em hemodiálise e adsorção que é a adesão de moléculas de um fluido a uma superfície sólida. Atualmente, existem dois sistemas extracorpóreos de suporte hepático: o Sistema de Recirculação de Adsorção Molecular (MARS) e o Sistema de Separação e Adsorção de Plasma Fracionado (FPSA). Das duas terapias, o MARS é o sistema mais estudado e usado clinicamente até hoje. (61)

O MARS foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Universidade de Rostock (Alemanha), em 1993 e posteriormente comercializado para uso clínico em 1999. Investigações preliminares in vivo indicaram que a terapia MARS em conjunto com a terapia renal contínua pode ajudar citocinas que são células que desencadeiam respostas imunológicas a atuar como mediadores inflamatórios e imunológicos nos danos hepatocelulares e, portanto, podem criar o ambiente certo para favorecer a regeneração hepatocelular e a recuperação da função hepática nativa [61].

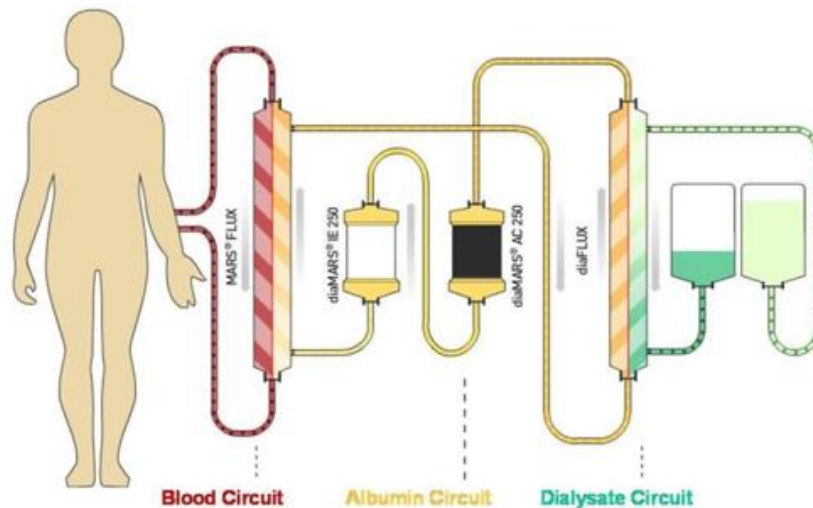


Figura 37: Ilustração do funcionamento do dispositivo MARS.

O MARS é um sistema de hemodiálise extracorpóreo composto por três circuitos diferentes: sangue, albumina e diálise de baixo fluxo. O circuito sanguíneo usa um cateter de duplo lúmen e um dispositivo de hemodiálise convencional para bombear o sangue do paciente para o MARS FLUX. O MARS FLUX é essencial para reter a albumina. O sangue é dialisado contra uma solução de dialisado de albumina de soro humano que permite a desintoxicação do sangue de toxinas solúveis em água e ligadas a proteínas. O dialisado de albumina é então regenerado num circuito fechado no circuito MARS passando através das fibras do filtro diaFLUX de baixo fluxo, para limpar as toxinas solúveis em água e fornecer equilíbrio eletrólito e ácido-base, por meio de um fluido de diálise padrão [48]. Em seguida, o dialisante de albumina passa através de duas colunas de adsorção diferentes, as substâncias ligadas às proteínas são removidas pelo diaMARS AC250, que contem carvão ativo, as substâncias aniônicas são removidas pelo diaMARS IE250, preenchido com colestiramina, uma resina de troca aniônica. A solução de albumina está então pronta para iniciar um novo ciclo de desintoxicação do sangue do paciente (62).

- Fígado artificial total.

Ainda é difícil encontrar dadores compatíveis para um transplante bem-

sucedido. Graças à engenharia de tecidos *Korkut Uygun*, do Centro de Engenharia Médica do Hospital Geral de Massachusetts em 2010, ajudou a criar em laboratório 20 fígados que se mostraram funcionais. Cinco deles foram implantados em camundongos, para analisar se o novo órgão permaneceria intacto. Os cientistas mantiveram o fígado artificial por apenas oito horas no corpo destes animais e concluíram que funcionou bem (63).

O projeto de *Korkut* consistia em usar um detergente especial para lavar o fígado cujas células são inviáveis. O resultado da lavagem é uma matriz descelularizada, dotada de microarquitetura e de vasos sanguíneos. Esses vasos foram usados para repovoar a matriz com células hepáticas viáveis – método de refurbishing. De acordo *Korkut*, os resultados comprovaram que o fígado recelularizado preservou a maior parte das especializações do fígado natural, ainda que não tão perfeitamente (63). Espera-se que em alguns anos o processo funcione em humanos.

Capítulo 5

Aplicação *WEB* para uso em serviço de urgência hospitalar seguindo o Sistema de Triagem de Manchester.

Conforme percebemos nos capítulos anteriores o homem pode fazer uso de IA para auxiliar em diversas tarefas, dentre elas podemos destacar o auxílio na urgência médica. Seria interessante termos, por exemplo, algo para agilizar o atendimento médico em hospitais e com isso veio a ideia de uma aplicação *WEB* para ser usado no serviço de urgência. Portanto, pode-se falar que sistemas de IA podem ser treinados para analisar rapidamente sinais problemáticos, sintomas e até mesmo dados de exames para fornecer diagnósticos preliminares em casos de emergência. A IA pode então ser utilizada em aplicativos para triar casos com base na gravidade, priorizando aqueles que despertam atenção mais imediata.

O Serviço de Urgência (SU) é considerado serviço de ação médica hospitalar, multidisciplinar e multiprofissional que tem como objetivo a prestação de cuidados de saúde em todas as situações enquadradas nas definições de urgência e emergência médicas. O SU deve prestar atenção aos problemas médicos relacionados com a emergência, traumas, sintomas intensos, vida ameaçada, complicações crônicas agudas, envenenamento ou intoxicação, gravidez, acidentes ou incidentes que comprometam a saúde de um paciente, devendo inclusive adequar-se ao transporte pré-hospitalar, fornecendo o cuidado adequado até o destino do paciente (64).

O Sistema de Urgência conta com profissionais especializados como médicos, enfermeiros, técnicos em saúde, auxiliares de enfermagem, segurador de vida, socorristas, entre outros. Além de equipamentos modernos, farmácias internas para fornecer medicamentos e suprimentos de maneira rápida e segura, garantindo a qualidade assistencial dos procedimentos e tratamentos. Tudo isso buscando a melhor solução em condições de emergência.

O Sistema de Triagem de Manchester (STM) é um sistema de triagem primária de urgência médica. É usado para classificar pacientes de acordo com seu grau de doença, ajudando profissionais de saúde a determinar o atendimento prioritário. Por norma, não existe a identificação de diagnósticos, mas de prioridades clínicas. Constituem exceções a Asma e Diabetes Mellitus, como diagnósticos previamente estabelecidos, que os doentes conseguem facilmente identificar. Os pacientes são classificados em cinco níveis de emergência, em que cada uma está associada a uma prioridade clínica, cor e tempo alvo de espera, em

segurança, até à primeira observação médica (65, 66).

Prioridade Clínica	Cor	Tempo alvo até 1 ^a observação médica (min)
Não urgente	Azul	240
Pouco urgente	Verde	120
Urgente	Amarelo	60
Muito urgente	Laranja	10
Emergente	Vermelho	0 (Imediata)

Tabela 5: Categorias do Sistema de Triagem de Manchester.

Atualmente, em Portugal, encontra-se em vigor o uso do STM, e todos os SU com o STM implementado devem executar auditorias internas mensais, como garante da qualidade da triagem que é efetuada nos seus serviços, bem como, devem, por imperativo legislativo, pelo menos anualmente, ser alvo de auditoria externa (67).

É fundamental que os profissionais de saúde estejam capacitados e familiarizados com o protocolo, para que a classificação seja feita de maneira precisa e consistente. No entanto, é importante ressaltar que o Protocolo não é infalível e pode haver casos em que existam exceções ou situações imprevistas. Por isso, é essencial que os profissionais de saúde utilizem seu julgamento clínico e experiência para tomar decisões adequadas em cada situação (68). Em resumo, o objetivo do Protocolo de Manchester é promover uma organização eficiente do atendimento nos hospitais, garantindo que os pacientes mais graves sejam atendidos de forma prioritária. Portanto, o uso da tecnologia pode vir ajudar esses profissionais fazerem os atendimentos iniciais de uma forma mais rápida.

5.1 Redes Neurais Artificiais (RNA)

Os primeiros conceitos de redes neuronais foram desenvolvidos na década de 40, pelos cientistas da computação que sugeriram que as estruturas do cérebro humano possam ser recriadas com modelos matemáticos, que seriam usados como base para criar um novo tipo de computador. Experimentos da época mostraram que este novo tipo de computador era capaz de solucionar problemas mais complexos que seus predecessores. Em 1959, *Frank Rosenblatt* introduziu o *Perceptron*, que foi um dos primeiros modelos de RNA a ser desenvolvido (69).

O cérebro é o centro de comando do sistema nervoso repleto de neurónios. Segundo *Faceli* os neurónios possuem prolongamentos especializados na receção de sinais elétricos de outros neurónios ou do ambiente chamados dendritos. Após o recebimento do sinal, o mesmo é processado internamente e enviado para outro neurónio por meio dos axónios, outros prolongamentos dos neurónios que em contraste com os dendritos são especializados no envio de sinais (69).

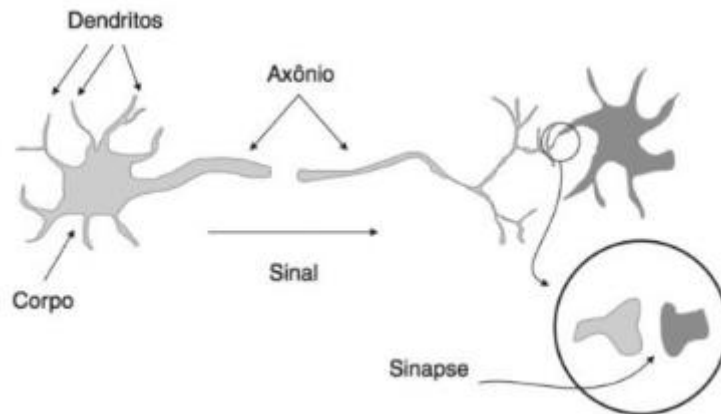


Figura 38: Ilustração do Neurônio biológico simplificado.

O *Perceptron* funcionava como um modelo de aprendizado supervisionado, que significa que os pesos dos neurônios eram atualizados usando dados de entrada previamente rotulados. Esse foi um marco importante e trouxe um grande interesse na área da inteligência artificial. No fim dos anos 80, as RNAs tornaram-se cada vez mais populares, à medida que pesquisadores descobriram diferentes formas de treinar as RNAs para que elas se tornassem melhores. O desenvolvimento contínuo está permitindo que os computadores resolvam problemas complexos de forma mais precisa e ágil.

Atualmente, as RNAs são aplicadas em várias áreas, desde biologia até finanças. Esta tecnologia tem sido considerada a base da próxima revolução industrial, possibilitando a criação de aplicações inteligentes em diversos como meio de criar soluções inteligentes para problemas em ciências, negócios e tecnologia (70).

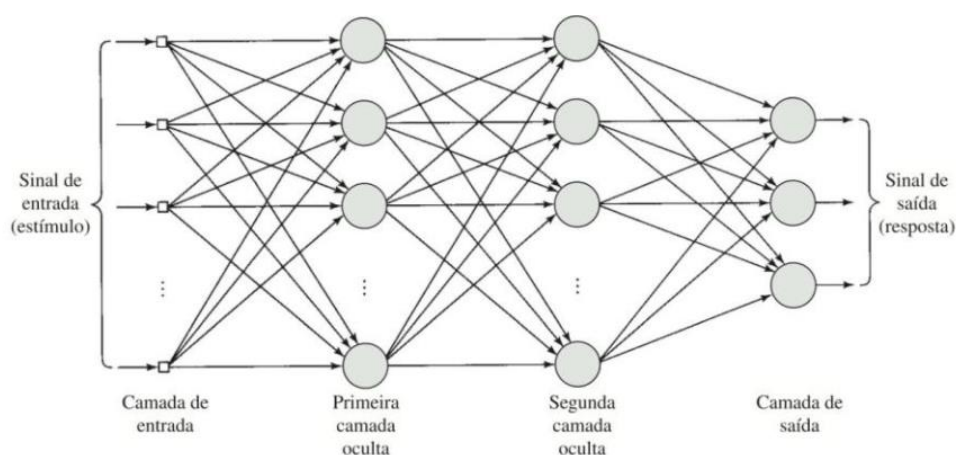


Figura 39: Exemplo de uma rede neural com multicamadas.

Atualmente, as RNAs são aplicadas em várias áreas, desde biologia até finanças. Esta tecnologia tem sido considerada a base da próxima revolução industrial,

possibilitando a criação de aplicações inteligentes em diversos como meio de criar soluções inteligentes para problemas em ciências, negócios e tecnologia (70).

5.2 Visual Studio Core (VSC)

De acordo com Microsoft (74), O *Visual Studio Core* é um programa para desenvolvimento de aplicações .NET Core para Windows, Android, iOS, macOS, Linux e web. Com ele, os programadores podem criar e executar aplicações usando as diversas APIs .NET Core, bem como *Visual Studio IDE*. Oferece recursos poderosos de edição de código, depuração e ciclo de vida completo das aplicações. Além disso, oferece suporte integrado ao GitHub e à integração contínua, oferecendo aos programadores a capacidade de criar com maior rapidez, melhorar o processo de desenvolvimento e oferecer aplicações mais robustas e de melhor qualidade.

Portanto, foi usado o *Model-View-Controller* (MVC) que é um padrão de arquitetura desenvolvido no final da década de 1970 por um cientista da computação com objetivo de proporcionar uma arquitetura com ênfase na independência entre os módulos do sistema, permitindo que equipas distintas trabalhem simultaneamente no mesmo sistema (71).

A arquitetura MVC é dividido em três partes (72):

- **Model (Modelo):** A camada de modelo contém as funcionalidades do sistema, regras de negócio e acesso aos dados armazenados no banco de dados.
- **View (Visão):** A camada de visão é responsável por apresentar e atualizar os dados exibindo ao usuário de acordo com as instruções do controlador.
- **Controller (Controlador):** A camada de controle recebe as requisições HTTP do front-end.

Essas regras levam todas as instruções geradas pelas ações do usuário e disparam as funções do sistema que processam os dados do modelo e atualizam a visão do sistema, trazendo assim o resultado (73).

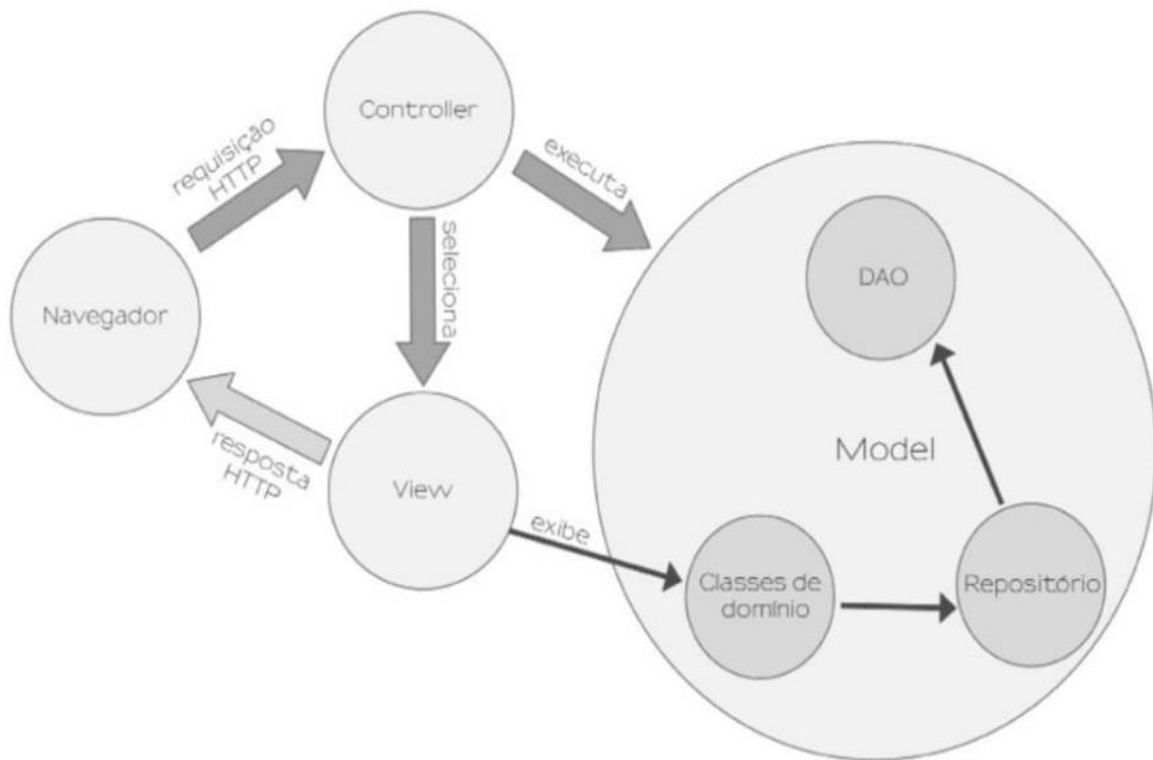


Figura 40: Exemplo de uma MVC para aplicações.

As principais partes do desenvolvimento da aplicação são a modelagem, o desenvolvimento do back-end, o desenvolvimento do front-end e os testes unitários da aplicação.

Portanto, iniciamos a primeira etapa com a definição dos requisitos funcionais e não funcionais para a aplicação, ou seja, o modelo da interface, o diagrama e as cores apresentadas. E a finalidade é exibir as informações coletadas de uma forma clara para o usuário. A questão principal é que a aplicação *WEB* não precisa de uma instalação prévia, apenas ter uma conexão estável com Internet.

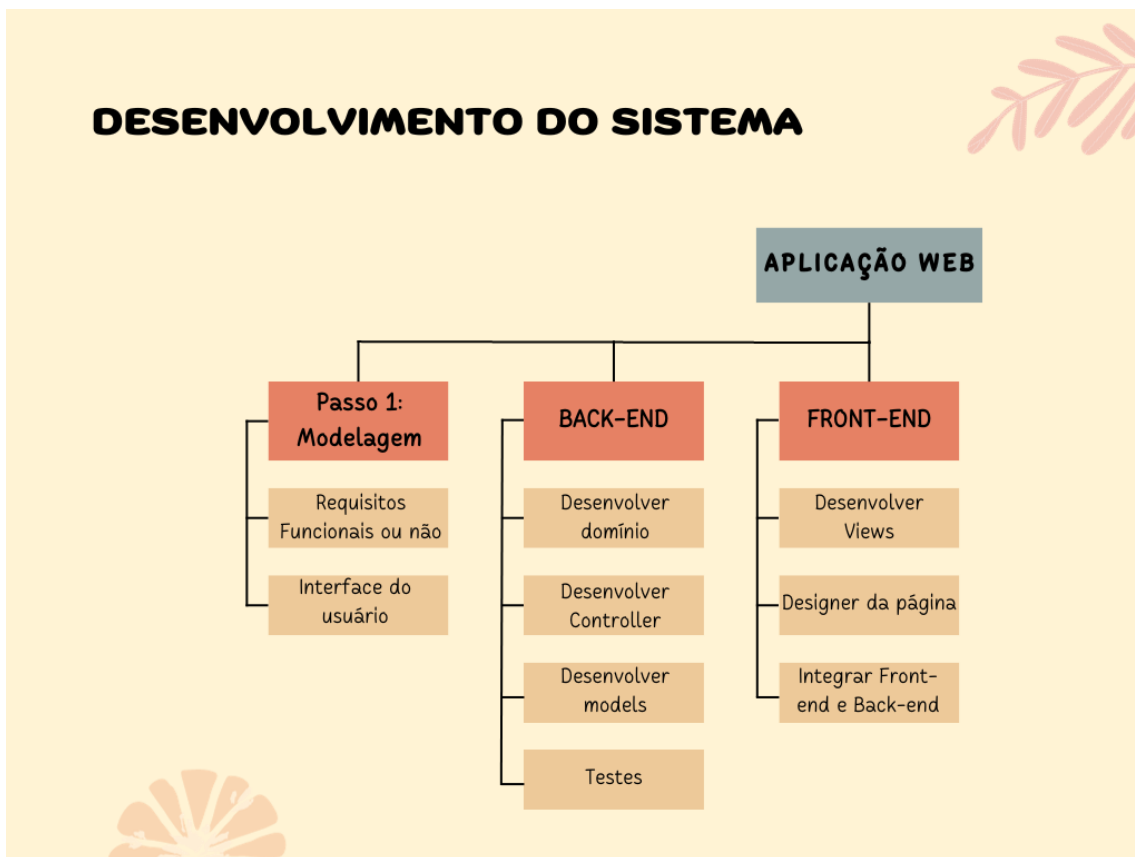


Figura 41: Representação do processo de desenvolvimento da aplicação *WEB* elaborada pela autora.

Portanto, iniciamos a primeira etapa com a definição dos requisitos funcionais e não funcionais para a aplicação, ou seja, o modelo da interface, o diagrama e as cores apresentadas para o usuário. E a finalidade é exibir as informações coletadas de uma forma clara para o utilizador. A questão principal é que a aplicação *WEB* não precisa de uma instalação prévia, apenas ter uma conexão estável com Internet.

Se tratando da etapa do desenvolvimento do back-end foi necessário dividir em três partes:

1. Desenvolver classes de domínio: Representam a abstração de objetos reais com atributos e comportamentos estabelecidos de acordo com a modelagem de requisitos e casos de uso.
2. Desenvolver controllers: O controlador tem o papel de ponte entre o back-end e o front-end, ou seja, onde busca as informações para interpretação dos resultados. Usamos a linguagem Java Script (JS).
3. Testes: Ao realizarmos os testes é possível retornar às etapas de desenvolvimento para realizar correções de bugs que podem surgir durante esse processo.

Se tratando da etapa do desenvolvimento do front-end foi necessário dividir em quatro partes:

1. Desenvolver views: As visões contêm as estruturas das páginas e atualizam as informações exibidas ao utilizador.
2. Estilizar as telas: Os diagramas de interface do usuário serão utilizados para guiar a estilização das páginas realizada com a linguagem de estilo CSS.
3. Integrar o front-end e o back-end: Essa é a última etapa, pois a aplicação estará funcionando. Os comandos recebidos pela interface do usuário serão processados e um resultado é devolvido e exibido na tela.

5.3 Apresentação dos resultados e testes.

A primeira etapa do processo de desenvolvimento foi a modelagem do sistema, pois esta etapa consistiu na definição dos casos de uso, na definição de requisitos funcionais, de requisitos não funcionais e dos protótipos das telas da aplicação, ou seja, foi necessário analisar quais dados eram necessários para a classificação da prioridade de atendimento.

Os requisitos funcionais foram estabelecidos com base nos casos de uso, finalidade da interface entre o modelo desenvolvido e o usuário. Os requisitos não funcionais foram elaborados com base nas características da aplicação *WEB*, que necessita de uma conexão constante com a internet para funcionar de forma apropriada.

A tabela 6 apresenta os requisitos funcionais e a tabela 7 os não funcionais, respetivamente. Cada requisito possui um código único, uma descrição e uma prioridade que determina a importância daquele requisito. Os protótipos das interfaces da aplicação foram elaborados com a finalidade de destacar informações importantes como a prioridade de atendimento, com a utilização das cores do Protocolo de Manchester para indicar o nível de urgência da situação do paciente.

Requisitos	Descrição	Prioridade
Classificar prioridade de atendimento do paciente.	Utilizar os dados coletados para classificar a prioridade do paciente.	Alta
Listar Sintomas do Paciente	Utilizar os dados coletados dos sintomas para classificar a prioridade do paciente no sistema.	Alta

Tabela 6: Requisitos Funcionais.

Requisitos	Descrição	Prioridade
Usabilidade	A interface de usuário deverá ser de fácil entendimento, dispensando treinamento prévio.	Média
Compatibilidade	Deverá ser executada nos browsers: Google Chrome, Mozilla Firefox e Microsoft Edge.	Alta
Estabilidade	Por se tratar de uma aplicação WEB, a estabilidade da aplicação será dependente da qualidade da conexão do usuário com a Internet.	Alta

Tabela 7: Requisitos Não-Funcionais.

Se tratando de como foi o detalhamento da aplicação, A página *Web* recebe uma requisição HTTP do controlador. Essa requisição é enviada quando o usuário da aplicação pressiona o botão de classificação da resposta do sintoma do paciente. Após receber a requisição HTTP, a aplicação processa os resultados, gerando uma saída que consiste em uma classificação de prioridade de atendimento. A aplicação retorna a classificação do paciente ao controlador que por sua vez, altera os demais componentes da aplicação. Com a prioridade de atendimento do paciente que está aguardando a triagem, o controlador executa um método que altera o atributo de prioridade do paciente na classe de Situação. O controlador também atualiza a *view*, que por sua vez, atualiza a interface do usuário exibindo os dados alterados. Outro componente que interage com o controlador é o validador. Este componente é responsável por garantir que não ocorram erros causados por dados que violam as regras de negócio. Um exemplo de regra de negócio aplicada pelo validador é a marcação obrigatória de uma resposta e um número mínimo de resultados necessários para definir a cor da pulseira no sistema.

Os testes unitários foram desenvolvidos utilizando diversas combinações de respostas. Foram testadas as validações com múltiplos erros, podendo aparecer erros em campos específicos ou cadastros malsucedidos. Cada teste possui dois componentes principais:

- Instanciar objeto com atributos essenciais: Inicialmente é preciso definir o estado da unidade da aplicação a ser testada. Isso ocorre por meio da instanciação de objetos com os dados necessários para executar o cenário do teste.
- Instanciar validador: Após a instanciação dos atributos essenciais, um

objeto da classe de validador referente à classe sendo testada é instanciado. Ou seja, se a classe de sintomas está sendo testada, cada método de teste precisa ter acesso à instância de um objeto da classe de validador de "Sintomas".

Estas funções recebem o retorno do validador, que, por sua vez, recebem os objetos instanciados com os atributos essenciais para a realização do teste. Se o retorno do validador for o esperado pela função *getInfoBasedOnScore*, o teste retorna como sucesso. Em caso contrário, o teste retorna como falhado.

```
44 function getInfoBasedOnScore(){
45     var total_Score = totalScore()
46     console.log(total_Score)
47
48     if (total_Score <=5 ){
49         return "Pouca Urgência! Pulseira Verde";
50     }
51     if (total_Score <=10){
52         return "Gravidade moderada sem risco imediato! Pulseira Amarela";
53     }
54     if (total_Score <=20){
55         return "Caso grave com risco de vida! Pulseira Laranja";
56     }
57     if (total_Score <=25){
58         return "Caso gravíssimo. Risco de morte! Pulseira Vermelha";
59     }
}
```

Figura 42: Parte do código-fonte que mostra a função *getInfoBasedOnScore*, na fase de testes, desenvolvida pela autora.

Podemos visualizar abaixo a interface da aplicação *WEB*, será a visão quando um utilizador abrir o programa. A Figura 43 representa a tela que precisa validar os sintomas do paciente na aplicação. Foi desenvolvida com o objetivo de captar as respostas das perguntas e tirar uma média para termos o resultado da cor da pulseira, essa média terá de aparecer dentro do padrão imposto na Figura 42. Quando o usuário pressionar o último botão de “Enviar Resposta” no “Sintoma 5” a aplicação irá concluir a prioridade do paciente mediante a média obtida e assim será classificada automaticamente a cor da pulseira, cumprindo o requisito da função estabelecida.

<p>Pronto Atendimento Hospitalar</p> <p>Sintoma 1</p> <p>Indique abaixo a média da temperatura corporal do utente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Temperatura axilar ou oral até 37,5° C = Sem febre <input type="radio"/> Temperatura axilar ou oral entre 37,5° C e 37,7° C <input type="radio"/> Temperatura axilar ou oral entre 37,8° C e 38,5° C <input type="radio"/> Temperatura axilar ou oral entre 38,5° C e 39,5° C <input type="radio"/> Temperatura axilar ou oral superior a 39,5° C <p>Enviar Resposta</p>	<p>Pronto Atendimento Hospitalar</p> <p>Sintoma 2</p> <p>Se utente com dores, indique o grau de dor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Sem dor <input type="radio"/> Dor ligeira <input type="radio"/> Dor moderada <input type="radio"/> Dor intensa <input type="radio"/> Dor máxima <p>Enviar Resposta</p>
<p>Pronto Atendimento Hospitalar</p> <p>Sintoma 3</p> <p>Quantos dias dos sintomas?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> 24 Horas <input type="radio"/> Entre 24 Horas e 48 Horas <input type="radio"/> Entre 48 horas e 72 horas <input type="radio"/> Há 1 semana <input type="radio"/> Há mais de 1 semana <p>Enviar Resposta</p>	<p>Pronto Atendimento Hospitalar</p> <p>Sintoma 4</p> <p>Já passou por algum atendimento prévio nos últimos dias?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Não <input type="radio"/> Sim, na farmácia! <input type="radio"/> Sim, no centro de saúde! <input type="radio"/> Sim, estive no hospital há menos de 7 dias! <input type="radio"/> Sim, estive no hospital há menos de 2 dias! <p>Enviar Resposta</p>
<p>Pronto Atendimento Hospitalar</p> <p>Sintoma 5</p> <p>Utente está aparentemente doente?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Aparentemente está bem! <input type="radio"/> O utente está com a vista cansada! <input type="radio"/> Utente está visivelmente mal! <input type="radio"/> Utente está visivelmente muito mal! <input type="radio"/> Utente pálido e conversa com muita dificuldade! <p>Enviar Resposta</p>	<p>Pronto Atendimento Hospitalar</p> <p>Obrigado por responder a pesquisa!</p> <p>A cor da pulseira que utente deve usar é:</p> <p>Caso grave com risco de vida! Pulseira Laranja</p>

Figura 43: Interface da Aplicação Web desenvolvida pela autora.

Capítulo 6

Conclusão

A Revolução 4.0 está de fato refinando áreas de estudo como a robótica, a inteligência artificial e a biologia sintética. Essas áreas estão experimentando avanços significativos devido ao rápido desenvolvimento de tecnologias e algoritmos inovadores. A robótica está se tornando mais sofisticada e autônoma, permitindo a automação de tarefas complexas. A inteligência artificial está sendo aplicada em uma variedade de setores, desde assistentes virtuais até sistemas de diagnóstico médico. A biologia sintética está revolucionando a forma como entendemos e manipulamos organismos vivos, abrindo caminho para avanços na medicina, agricultura e indústria. A Revolução 4.0 está impulsionando o progresso nessas áreas e promete transformar a sociedade de maneiras significativas.

É possível criar máquinas que se assemelham a nós tanto fisicamente quanto intelectualmente. Na área da robótica, por exemplo, estão sendo desenvolvidos robôs capazes de manipular trabalhos pesados e operar em ambientes perigosos, proporcionando maior segurança e eficiência. Além disso, o campo da inteligência artificial, com técnicas como *machine learning* e *deep learning*, permite que as máquinas aprendam e tomem decisões de forma semelhante aos seres humanos. Isso possibilita a criação de sistemas mais inteligentes e adaptáveis, capazes de realizar tarefas complexas e até mesmo interagir de maneira mais natural com os humanos, ou seja, máquinas mais humanizadas. No entanto, é importante ressaltar que, apesar desses avanços, as máquinas ainda não possuem a mesma consciência e emoções humanas.

Em contrapartida, os avanços tecnológicos também estão permitindo que os humanos "maquinizem" seus sistemas biológicos, como órgãos e membros. A área da medicina está testemunhando avanços significativos na criação de próteses e implantes que podem substituir ou melhorar as funções dos órgãos e membros humanos. Por exemplo, próteses avançadas podem restaurar a mobilidade perdida devido a amputações, enquanto órgãos artificiais podem ser usados como substitutos temporários ou permanentes para órgãos danificados. Além disso, a interface entre o cérebro e a tecnologia, conhecida como interfaces cérebro-máquina, está permitindo que pessoas com deficiências físicas controlem dispositivos eletrônicos com o poder da mente. Esses avanços estão melhorando a qualidade de vida de muitas pessoas e abrindo novas possibilidades para a saúde e a capacidade humana, ou seja, humanos tornando-se máquinas.

Podemos concluir que os avanços tecnológicos dos últimos anos têm sido surpreendentes e muitas vezes além do que poderíamos imaginar no passado. A Revolução 4.0 está impulsionando mudanças rápidas e significativas em diversos setores, transformando a maneira como vivemos e trabalhamos. O que hoje pode parecer impossível, amanhã pode se tornar uma realidade concreta. Novas tecnologias emergentes, como inteligência artificial, robótica avançada, realidade virtual e

biotecnologia, estão abrindo portas para possibilidades antes inimagináveis. À medida que essas tecnologias continuam a evoluir, é provável que testemunhemos um novo mundo com avanços ainda mais surpreendentes. No entanto, é importante considerar os desafios éticos, sociais e regulatórios que acompanham essas transformações, garantindo que elas sejam utilizadas para o benefício da humanidade.

Por fim, uma sugestão para trabalhos futuros é a aplicação de testes de usabilidade da aplicação desenvolvida neste trabalho. Fica de sugestão que testes sejam realizados na vivência real, ou seja, com a participação de usuários da área de saúde como objetivo de validar as funcionalidades da aplicação e o impacto causado na alteração do tempo de classificação de prioridade de atendimento de pacientes. Uma outra sugestão é que em um trabalho futuro pode ser adicionado novas funções, como integrar os dados do paciente dentro da aplicação e adicionar uma fila de atendimento vinculado a qualquer outro sistema utilizado pelo hospital.

Referências

1. SERRES, M. Hominescências: o começo de uma outra humanidade? Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2003.
2. Países Mais Desenvolvidos Tecnicamente. 6 Maio 2020. <http://tecnologia.culturamix.com/dicas/paises-mais-desenvolvidos-tecnicamente>. Acedido em: 13/05/2023.
3. EXAME revista. “Os 10 Países Mais Robotizados Do Mundo.”, 24 Janeiro 2012, exame.com/economia/os-10-paises-mais-robotizados-do-mundo/. Acedido em: 13/05/2023.
4. IFR. “International Federation of Robotics.” IFR International Federation of Robotics, 23 Maio 2023, ifr.org/. Acedido em: 03/06/2023.
5. Instituto de Sistemas e Robótica – Universidade de Coimbra. “Instituto de Sistemas E Robótica - Polo de Coimbra.” [Www.isr.uc.pt](http://www.isr.uc.pt), 1 Jan. 2020, www.isr.uc.pt/component/content/article/9-about/71-financiamento-do-isr. Acedido em: 03/06/2023.
6. Osorio, Fernando. Robótica Autônoma - Tipos de Robôs. USP – ICMC - SSC0714, 2011, wiki.icmc.usp.br/images/b/bc/Aula02-RMA-2011-Parte3.pdf. Acedido em: 03/06/2023.
7. Santos, Vítor. Robótica Industrial Apontamentos Teóricos . Universidade de Aveiro, 2003.
8. Elétrica, Saber. “Diferenças Entre Atuadores Hidráulicos E Pneumáticos: Vantagens E Desvantagens, Tipos, Funcionamento E Aplicação.” Saber Elétrica, 30 Maio 2017, www.sabereletrica.com.br/tipos-de-atuadores/. Acedido em: 04/06/2023.
9. Bianchi, Reinaldo . Introdução a Robótica - Histórico. Centro Universitário FEI, 2016.
10. Neves, JA Campos. Robótica 1. [http://orion.ipt.pt/~cferreir/robotica/Robotica-ALL\(PB\).pdf](http://orion.ipt.pt/~cferreir/robotica/Robotica-ALL(PB).pdf), 2003. Acedido em: 04/06/2023.
11. Limeira, E. Automação Rígida E Flexível. http://www.einsteinlimeira.com.br/painel/uploads/10_04_2013%2017_10_09a%20oula_02_-%20automacao_rigida_x_flexivel.pdf, 2017. Acedido em: 04/06/2023.
12. Souza , Igor Gonçalves. “Veículo Guiado Automaticamente (AGV).” VIII Workshop de Trabalhos de Conclusão de Curso Do UNICEP, May 2014, p. http://www.xbot.com.br/wp-content/uploads/2014/09/Artigo_igor.pdf. Acedido em: 05/06/2023
13. Expresso. "De onde vem a inteligência". https://expresso.pt/life_style/comportamento/de-onde-vem-a-inteligencia=f531333#gs.1ydot3. Acedido em: 05/06/2023

14. Centro de Tecnologia e Inovação. Machine Learning: O Que é E Para Que Serve? – CCG. Julho 2022, ccg.pt/machine-learning-o-que-e/. Acedido em: 05/06/2023
15. Freitas, Ana. “Afiml, Passaram Mesmo No Teste de Turing?” Revista Galileu, 29 Aug. 2022, revistagalileu.globo.com/Tecnologia/noticia/2014/06/afiml-passaram-mesmo-no-teste-de-turing.html. Acedido em: 06/06/2023
16. SAPO. “Perseverança, Para Chegar a Marte (E Mais Além).” SAPO 24, 24.sapo.pt/tecnologia/artigos/perseveranca-para-chegar-a-marte-e-mais-alem. Acedido em: 06/06/2023
17. “Honda Asimo: Inteligência Artificial.” Honda Portugal, 4 Fevereiro 2020, honda-automoveis.pt/blog/asimo-um-marco-da-inteligencia-artificial/. Acedido em: 06/06/2023
18. “Hanson Robotics Limited.” Hanson Robotics, 2016, www.hansonrobotics.com/. Acedido em: 06/06/2023
19. “Sophia: Robô Que Prometeu Destruir Humanos Será Produzido Em Massa.” R7.com, 13 Feb. 2021, noticias.r7.com/hora-7/sophia-robo-que-prometeu-destruir-humanos-sera-produzido-em-massa-13022021. Acedido em: 06/06/2023
20. SAPO. “CyberOne, conheça o primeiro robot humanoide da Xiaomi” SAPO 24, <https://tek.sapo.pt/multimedia/artigos/cyberone-conheca-o-primeiro-robot-humanoide-da-xiaomi>. Acedido em: 06/06/2023
21. “O Que é a Lei de Moore.” Oficina Da Net, www.oficinadanet.com.br/ciencia/19681-o-que-e-a-lei-de-moore. Acedido em: 07/06/2023
22. “Ética em inteligência artificial e o futuro da humanidade.” Uzzye, <https://uzzye.com/blog/posts/etica-em-inteligencia-artificial-e-o-futuro-da-humanidade/4/>. Acedido em: 07/06/2023
23. “Previsões de Ray Kurzweil”. Futuro Exponencial, https://futuroexponencial.com/previsoes-de-ray-kurzweil-futuro/?fbclid=IwAR2tLonoYVNulMwkpuBKFCr3gMvZ_03AJOnzzDSPhlmnwvnguCFDvgOwdNk. Acedido em: 07/06/2023
24. “10 Avanços Tecnológicos Que Devem Surgir Até 2030.” Época Negócios, epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2020/09/10-avancos-tecnologicos-que-devem-surgir-ate-2030.html. Acedido em: 07/06/2023
25. “Ética em inteligência artificial.” Uzzye, <https://uzzye.com/blog/posts/etica-em-inteligencia-artificial/>. Acedido em: 07/06/2023
26. Saracco, Roberto. “Humans vs Machines: Who’s Winning? -I.” IEEE Future Directions, cmte.ieee.org/futuredirections/2018/09/05/humans-vs-machines-whos-winning/. Acedido em: 07/06/2023
27. Zachary Cohen, “US Risks Losing Artificial Intelligence Arms Race to China and Russia”, CNN, 29 novembro 2017. Disponível em: <<https://www.cnn.com/2017/11/29/politics/us-military-artificial-intelligence-russia-china/index.html>>. Acedido em: 12/06/2023.
28. Osaki, M. (2018). Inteligência artificial, prática médica e a relação médico-paciente. Revista de Administração em Saúde, 18.
29. Ortega, D. L., Pérez, D. L. C., & Esper, R. C. (2022). Inteligência artificial na medicina: presente e futuro. Gaceta médica de México, 158(10), 55-59.

30. Ruiz, R. B., & Velásquez, J. D. (2023). Inteligência artificial ao serviço da saúde do futuro. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 34(1), 84-91.
31. Marques de Souza Filho, E., de Amorim Fernandes, F., Lacerda de Abreu Soares, C., Luiz Seixas, F., Augusto Sarmet M.D. dos Santos, A., Altenburg Gismondi, R., Tinoco Mesquita, E., & Tinoco Mesquita, C. (2019). Inteligência Artificial em Cardiologia: Conceitos, Ferramentas e Desafios – “Quem Corre é o Cavalo, Você Precisa ser o Jôquei”. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*.
32. Andrade, Adriano de Oliveira. Metodologia Para Classificação de Sinais EMG No Controle de Membros Artificiais. 19 janeiro 2000.
33. Amputee-Coalition. 2020, www.amputee-coalition.org/resources/a-brief-history-of-prosthetics/#.WT7SXWjyvIU. Acedido em: 12/06/2023.
34. C.J.D. LUCA. Surface electromyography: Detection and recording. Neuromuscular Research Center and Biomedical Engineering Dept. and Neurology Dept., Boston University, Delsys Inc., 1996.
35. Ortiz-Catalan, Max . Chronic Use of a Sensitized Bionic Hand Does Not Remap the Sense of Touch. 22 dezembro 2020, doi.org/10.1016/j.celrep.2020.108539.
36. Rodrigues da Silva , Rafael. Cientistas Desenvolvem Prótese Que Funciona Melhor Que Uma Mão Humana, 12 setembro 2019
37. Universidade de Tecnologia Chalmers. Inovações Cirúrgicas e de Engenharia Permitem Controle Sem Precedentes Sobre Cada Dedo de Mão Biônica, 18 julho 2023.
38. Redação do Site Inovação Tecnológica. E-Derme Dá Sensação de Toque E Dor a Mão Biônica, 28 junho 2018.
39. Da Costa, Flavio Pinho Rezende. Projeto de Um Modelo Mecânico de Braço Biônico de Simples Montagem E Low Cost. 2020.
40. Fraga, Priscila Vaz. “Fisioterapia Através Da Mão Biônica.” IV Mostra de Pesquisa, Ensino E Extensão Do IFRS - Campus Viamão, 4 março 2020.
41. Só Notícia Boa. Engenheiro Com Deficiência Cria Braço Biônico de Plástico, 29 Junho 2016, www.sonoticiaboa.com.br/2016/06/29/engenheiro-com-deficiencia-cria-braco-bionico-de-plastico. Acedido em: 14/06/2023.
42. Oliveira, Janderson. Nova Geração de Próteses Biônicas Pode Revolucionar a Sociedade. 30 maio 2018, www.showmetech.com.br/nova-geracao-protese-bionicas-revolucionar-sociedade/. Acedido em: 04/07/2023.
43. Hargrove, Levi J. Homem Controla Perna Biônica Só Com O Cérebro. 17 Oct. 2013, passofirme.wordpress.com/tag/perna-bionica/. Accessed 14 julho 2023.
44. Santana, Crisley. “Produção de Órgãos Em Laboratório Coloca Médico Da USP Entre Os Mais Inovadores Da América Latina.” *JORNAL DA USP*, 19 janeiro 2021.
45. Liguori, Gabriel. “Produção de Órgãos Em Laboratório Promete Revolucionar Pesquisas Em Medicina.” *JORNAL DA USP*, 19 fevereiro 2021.
46. Vicente, Joao. “Já Imprimimos Órgãos Humanos; Bioimpressão 3D é Futuro Dos Transplantes.” *Jornal Uol*, 20 setembro 2019.
47. Felix, Paula. “Vida Em Reconstrução: A Ciência Avança No Implante de Órgãos Artificiais.” *Jornal Uol*, 18 março 2022.
48. Ferreira, Nicolau. “Por Favor, Imprima-Me Uma Orelha.” *Publico PT*, 16 fevereiro 2016.

49. AFP, O Globo. “Cientistas de Israel Apresentam Primeiro Coração Impresso Em 3D a Partir de Tecidos Humanos.” SAPO PT, 15 abril 2019.
50. Portal Ciência. “Primeiras Córneas Humanas Impressas Em 3D.” SAPO PT, 4 junho 2018.
51. Dernowsek et al. (2017) The role of information technology in the future of 3D biofabrication. *Journal of 3D Printing in Medicine*, 1, 63–74.
52. Haddrill, Marilyn, et al. “Retinitis Pigmentosa.” *All about Vision*, 4 março 2019.
53. SNS. “Programa Nacional Para as Doenças Cérebro-Cardiovasculares.” *Doenças Cardiovasculares*, 4 outubro 2017.
54. Roberto Vito ARDITO, et al. “Uma Breve História do Coração Artificial.
55. Haun Gregory, et al. “Mechanical Circulatory and Respiratory Support”.
56. Guirguis, Maria. “AbioCor Artificial Heart.” *Biomedical Engineering, University of Rhode Island BME*, 15 abril 2013.
57. Virna Ribeiro Feitosa Cestari, Vera Lúcia Mendes de Paula Pessoa, Thereza Maria Magalhães Moreira, Raquel Sampaio Florêncio, Islene Victor Barbosa e Sylvania Braga Ribeiro, “Dispositivo de Assistência Ventricular e cuidados de enfermagem.”
58. Michael Kuehl and Jens Garbade, “The evolution of left ventricular assist devices—a moment to reflect”
59. Cardionline. Primeiro Coração Artificial Implantado Ontem Em Portugal. 7 março 2017, p. Saúde Online.
60. Achilles A. Et al, “Prospective, Randomized, Multicenter, Controlled Trial of a Bioartificial Liver in Treating Acute Liver Failure”.
61. Anna Sechser, Joseph Osorioa, Chris Freise, Robert W. Osorio, “Artificial liver support devices for fulminante liver failure”
62. Faouzi Saliba, “The molecular adsorbent recirculating system (MARS) in the intensive care unit: a rescue therapy for patients with hepatic failure”
63. “Cientistas Criam Fígado Artificial.” *Correio Braziliense*, 16 junho 2010, Ciências e Saúde.
64. Ministério da Saúde. Despacho Normativo n.º 11/2002. Diário da República n.º 55/2002, Série I-B de 2002-03-06. Disponível em: <https://data.dre.pt/eli/despnorm/11/2002/03/06/p/dre/pt/html>. Acedido em: 05/07/2023.
65. Jiménez JG. Clasificación de pacientes en los servicios de urgencias y emergencias: hacia un modelo de triaje estructurado de urgencias y emergências. *Emergencias*. 2003; 15: 165-74.
66. Zachariasse JM, van der Hagen V, Seiger N, Mackway-Jones K, van Veen M, Moll HA. Performance of triage systems in emergency care: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open*. 2019; 9.5: e026-471.
67. Ministério da Saúde. Despacho Normativo n.º 987/2016. Diário da República n.º13/2016, Série II de 2016-01-20. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/987-2016-73227940> Acedido em: 21/07/2023.
68. SILVA, Alessandra Dias Costa e et al. Caracterização dos atendimentos de um pronto-socorro público segundo o sistema de triagem de manchester. *Revista Mineira de Enfermagem, reme*, V. 23:e-1178, 02 2019. ISSN 2316-9389.

69. FACELI, Kattietal. Inteligência artificial uma abordagem de aprendizado de máquina. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC — Livros Tecnicos e Cientificos Editora Ltda, 2011.
70. HAYKIN, Simon. Redes neurais: princípios e prática. 2 ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2003.
71. FOWLER, Martin et al. Padrões de arquitetura de aplicações corporativas. 1 ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2006.
72. KALELKAR, Medha; et al. Implementation of model-view-controller architecture pattern for business intelligence architecture. International Journal of Computer Applications, IJCA, v 102, 092014. ISSN 0975–8887.
73. SILVEIRA, Paulo. Introdução à arquitetura e design de software: uma visão sobre a plataforma Java. 1 ed. São Paulo: Elsevier, 2012. ISBN 9788535250299.
74. MICROSOFT. Documentação do .NET. 2020. Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/pt-br/dotnet/fundamentals>>. Acedido em: 21/07/2023.