

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Gustavo Rodrigo de Oliveira Branco do Prado**

**Thomas dos Reis Andrade**

**ESTUDO SOBRE APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL  
NA MEDICINA**

**Taubaté**

**2023**

**Gustavo Rodrigo de Oliveira Branco do Prado**  
**Thomas dos Reis Andrade**

**ESTUDO SOBRE APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL  
NA MEDICINA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado para obtenção do título de  
Bacharel pelo curso de Engenharia de  
Computação do Departamento de  
Informática.

Área: Inteligência Artificial

Orientador: Prof. Dr. Luis Fernando de  
Almeida

**Taubaté – SP**

**2023**

**Grupo Especial de Tratamento da Informação - GETI  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi  
Universidade de Taubaté - Unitau**

P896e Prado, Gustavo Rodrigo de Oliveira Branco do  
Estudo sobre aplicação de técnicas de inteligência artificial na medicina /  
Gustavo Rodrigo de Oliveira Branco do Prado, Thomas dos Reis Andrade. --  
2023.  
65 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de  
Informática, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida, Departamento de  
Informática.

1. Inteligência Artificial. 2. Medicina. 3. Pacientes. 4. Gestão. I.  
Universidade de Taubaté. Departamento de Informática. Graduação em  
Engenharia da Computação. II. Andrade, Thomas dos Reis.

**GUSTAVO RODRIGO DE OLIVEIRA BRANCO DO PRADO  
THOMAS DOS REIS ANDRADE**

**ESTUDO SOBRE APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL  
NA MEDICINA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado para obtenção do título de  
Bacharel pelo curso de Engenharia de  
Computação do Departamento de  
Informática.

Área: Inteligência Artificial

Data:

Resultado:

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida

Universidade de Taubaté

Prof. Me. Luiz Eduardo de Souza Evangelista

Universidade de Taubaté

Prof. Me. Fabio Rosindo Daher de Barros

Universidade de Taubaté

## RESUMO

O presente estudo, cuja realização integra as atividades do Bacharelado em Engenharia da Computação, busca conhecer e detalhar como a Inteligência Artificial (IA) tem sido cada vez mais utilizada na medicina, com o objetivo de melhorar a qualidade do atendimento ao paciente, a eficiência dos processos e a tomada de decisão. Um dos principais benefícios da IA na medicina é o seu potencial para melhorar a precisão do diagnóstico. Sistemas de IA podem ser treinados em grandes conjuntos de dados de imagens médicas, por exemplo, para identificar padrões que são difíceis ou impossíveis de serem detectados pelo olho humano. Isso pode levar a um diagnóstico mais rápido e preciso, o que pode melhorar o prognóstico do paciente. A IA também pode ser usada para melhorar o tratamento do paciente. Sistemas de IA podem ser usados para personalizar o tratamento com base nas características individuais do paciente, o que pode levar a resultados melhores. Por exemplo, sistemas de IA podem ser usados para recomendar medicamentos ou terapias com base no histórico médico do paciente, nos resultados de exames e em outros fatores. Além disso, a IA pode ser usada para melhorar a gestão dos recursos de saúde. Sistemas de IA podem ser usados para otimizar a distribuição de recursos, o que pode levar a uma melhor eficiência e a custos reduzidos. Por exemplo, sistemas de IA podem ser usados para identificar pacientes com maior risco de complicações, o que pode levar a um melhor gerenciamento de casos. Apesar dos benefícios da IA na medicina, existem alguns desafios que precisam ser superados. Um dos principais desafios é a falta de dados. Sistemas de IA precisam ser treinados em grandes conjuntos de dados para serem eficazes. No entanto, nem sempre é possível coletar grandes conjuntos de dados de alta qualidade. Outro desafio é a confiabilidade dos sistemas de IA. Sistemas de IA podem ser enviesados, o que pode levar a diagnósticos ou recomendações incorretas. É importante garantir que os sistemas de IA sejam desenvolvidos e validados de forma rigorosa para evitar esse problema. Apesar dos desafios, a IA tem o potencial de revolucionar a medicina. Com o desenvolvimento de novas tecnologias e a superação dos desafios existentes, a IA pode tornar a medicina mais precisa, eficiente e acessível.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Medicina; pacientes; gestão.

## **ABSTRACT**

The present study, which is part of the activities of the Bachelor's Degree in Computer Engineering, seeks to understand and detail how Artificial Intelligence (AI) has been increasingly used in medicine, with the aim of improving the quality of patient care. patient, process efficiency and decision making. One of the main benefits of AI in medicine is its potential to improve diagnostic accuracy. AI systems can be trained on large datasets of medical images, for example, to identify patterns that are difficult or impossible for the human eye to detect. This can lead to a faster and more accurate diagnosis, which can improve the patient's prognosis. AI can also be used to improve patient care. AI systems can be used to personalize treatment based on individual patient characteristics, which can lead to better outcomes. For example, AI systems can be used to recommend medications or therapies based on a patient's medical history, test results, and other factors. Furthermore, AI can be used to improve the management of healthcare resources. AI systems can be used to optimize resource distribution, which can lead to better efficiency and reduced costs. For example, AI systems can be used to identify patients at higher risk of complications, which can lead to better case management. Despite the benefits of AI in medicine, there are some challenges that need to be overcome. One of the main challenges is the lack of data. AI systems need to be trained on large data sets to be effective. However, it is not always possible to collect large sets of high-quality data. Another challenge is the reliability of AI systems. AI systems can be biased, which can lead to incorrect diagnoses or recommendations. It is important to ensure that AI systems are developed and validated rigorously to avoid this problem. Despite the challenges, AI has the potential to revolutionize medicine. By developing new technologies and overcoming existing challenges, AI can make medicine more accurate, efficient and accessible.

Keywords: Artificial Intelligence; Medicine; patients; management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da função (matriz) de uma imagem médica digital.....	37
Figura 2 - Arquitetura de uma RNA de multicamadas.....	38
Figura 3 - Imagem de TC como entrada em uma rede neural convolucional.....	39
Figura 4 - Diagrama da solução proposta pelo projeto.....	43
Figura 5 - Imagem ilustrativa do trabalho de Kim e colaboradores.....	45
Figura 6 - Processo de segmentação inicial. a) TC original da artéria (b) segmentação limiarização (c) segmentos encontrados.....	47
Figura 7 - Reconhecimento dos segmentos por meio de uma rede neural.....	48
Figura 8 - Representação quantitativa da rede bayesiana.....	50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis que representam um caso e sua representação no banco de dados.....	40 e 41
---	---------



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AM - Aprendizado de máquina

APC - Ângulo ponto-cerebelar

CART - Árvores de Classificação e Regressão

DORL - Distúrbios otorrinolaringológicos

IA - Inteligência Artificial

MLP - Perceptron de multicamadas

ORL – Otorrinolaringologia

PLN - Processamento de linguagem natural

RNAs - Redes neurais artificiais

RNC - Rede neural convolucional

TAPC - Tumores do ângulo ponto-cerebelar

TC - Tomografia computadorizada

TI - Tecnologia da Informação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Sobre a Inteligência Artificial.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2</b>	<b>Justificativas .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3</b>	<b>Problema, hipóteses, objetivos gerais e específicos.....</b>	<b>14</b>
1.3.1	Problema.....	14
1.3.2	Hipóteses .....	15
1.3.3	Objetivo geral .....	16
1.3.4	Objetivos específicos .....	16
<b>1.4</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>16</b>
<b>1.5</b>	<b>Seções do trabalho .....</b>	<b>16 a 17</b>
<b>2</b>	<b>CONCEITOS.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>O Impacto da Inteligência Artificial na Sociedade.....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>Fundamentação Teórica.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Inteligência Artificial.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>APRENDIZADO DE MÁQUINA.....</b>	<b>20</b>
3.2.1	Tipos de tarefas de AM.....	21
3.2.2	Classificação.....	21
3.2.3	Regressão.....	22
3.2.4	Agrupamento.....	24
3.2.5	Regra de Associação.....	25
3.2.6	Padrão Sequencial.....	26
3.2.7	Algoritmos de AM.....	27
3.2.8	Redes Neurais Artificiais.....	27
3.2.9	Algoritmo J48.....	28
3.2.10	Random Forest.....	29
3.2.11	Naive Bayes.....	30
3.2.12	Redes Bayesianas.....	31

<b>3.3</b>	<b>Medicina.....</b>	<b>32</b>
3.3.1	Áreas de atuação da Medicina.....	33
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>AM aplicado a área de medicina diagnóstica.....</b>	<b>36</b>
4.1.1	AM aplicado no diagnóstico auxiliado por computador em interpretação de imagens.....	37
4.1.2	AM aplicado no diagnóstico de tumores do ângulo ponto-cerebelar.....	39
4.1.3	AM aplicado para apoio na identificação de catarata.....	42
4.1.4	AM aplicado no diagnóstico em ortodontia.....	44
<b>4.2</b>	<b>AM aplicado a área cirúrgica.....</b>	<b>46</b>
4.2.1	AM aplicado no planejamento cirúrgico de aneurisma da aorta abdominal.....	46
4.2.2	AM aplicado para eleição da ventilação mecânica no pós-operatório de cirurgia cardíaca.....	48
<b>4.3</b>	<b>AM aplicado a área de tratamento de doenças crônicas, oftalmológica, odontológica, imunológica.....</b>	<b>51</b>
<b>4.4</b>	<b>AM aplicado a área de medicina radiológica, psiquiátrica, ortopedia, endocrinologista, nutrólogo e nutricionista.....</b>	<b>52</b>
<b>4.5</b>	<b>AM aplicado no diagnóstico do câncer, doença neurológica e telemedicina.....</b>	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho de conclusão de curso é apresentado como requisito para a aprovação no bacharelado do curso de Engenharia de Computação, previsto na Associação Brasileira de Normas Técnicas 14724 de 2011, reconhecida e indispensável para conclusão do referido curso.

Nos últimos anos, têm-se verificado avanços significativos na área da medicina, proporcionando diagnósticos mais precisos, tratamentos eficazes e uma melhor qualidade de vida não só para os pacientes, como para os que exercem a medicina como profissão.

No entanto, apesar desses progressos, ainda existem desafios complexos e problemas intrincados que desafiam a capacidade humana de oferecer soluções eficientes e abrangentes. Esses problemas, muitas vezes, envolvem a necessidade de processar grandes volumes de dados, analisar informações complexas e tomar decisões rápidas e precisas em tempo real.

Dentre os problemas que são dificultados pela solução meramente humana, podem ser citados alguns principais: diagnóstico de doenças raras; análise de imagem médica, tais como, tomografias, radiografias e ressonâncias magnéticas; previsão de complicações no quadro de saúde de um paciente; monitoramento de pacientes, entre outros.

A análise puramente humana, embora valiosa, apresenta limitações inerentes à própria natureza humana, como a capacidade limitada de processamento de informações, a subjetividade na interpretação de dados e a tendência a erros humanos.

Para corroborar o exposto, Silverman e Barry (1997) *apud* Braga *et al.* (2019) observam que a complexidade da medicina moderna excede as limitações inerentes à mente humana, havendo um consenso quanto à eficácia da tecnologia na medicina e na saúde pública.

A Tecnologia da Informação (TI) tem desempenhado um papel fundamental na revolução da Medicina, oferecendo uma ampla gama de ferramentas e soluções para auxiliar na resolução de problemas diversos nessa área. A integração da TI na Medicina tem permitido uma evolução considerável, melhorando o diagnóstico, o

tratamento e o gerenciamento de pacientes. Uma das contribuições mais importantes da TI na Medicina é a coleta, o armazenamento e o compartilhamento de dados clínicos.

Sistemas eletrônicos de registros médicos substituíram os tradicionais prontuários em papel, permitindo o acesso rápido e seguro a informações médicas importantes. Essa mudança tornou possível a troca de informações entre profissionais de saúde, possibilitando uma melhor coordenação dos cuidados e reduzindo erros médicos.

Além disso, a Inteligência Artificial (IA) e o Aprendizado de Máquina (AM) têm emergido como tecnologias avançadas capazes de enfrentar os desafios complexos da Medicina. A IA utiliza algoritmos inteligentes e modelos de aprendizado para analisar grandes volumes de dados, identificar padrões, fazer previsões e tomar decisões baseadas em evidências. O AM, por sua vez, é uma área da IA que se concentra no desenvolvimento de algoritmos capazes de aprender e melhorar com base nos dados disponíveis.

Essas tecnologias têm se mostrado extremamente promissoras no apoio à resolução de problemas diversos na medicina. No diagnóstico médico, a IA e o AM podem analisar informações clínicas, como exames de imagem, resultados de laboratório e histórico médico, para auxiliar na detecção precoce de doenças e na identificação de padrões que podem ser difíceis de serem percebidos por médicos humanos.

Estudos demonstram que algoritmos de IA e AM têm alcançado resultados comparáveis ou até mesmo superiores aos de médicos especialistas em áreas como dermatologia e radiologia.

Ratificando o fato exposto, Paiva e Prevedello (2017) observam que em determinadas áreas da radiologia, a IA já está se mostrando capaz de gerar partes do laudo radiológico com descrição preliminar dos achados de imagem e mensuração de algumas lesões.

De acordo com Rotemberg (2021) *apud* Lecchi *et al.* (2022), afirma que a utilização de técnicas de IA para auxiliar tarefas analíticas têm evoluído consideravelmente nos últimos anos, e, na área da medicina, tem sido fator relevante

para a busca da redução da mortalidade, morbidade e custos de saúde associados ao tratamento contra câncer do tipo melanoma, melhorando o acesso a conhecimentos especializados, precisão diagnóstica e eficiência de triagem. O que corrobora com a ideia de que a IA tem alcançado resultados comparáveis ou até mesmo superiores aos de médicos especialistas na área da dermatologia.

Além do diagnóstico, a IA e o AM têm mostrado utilidade no desenvolvimento de tratamentos personalizados. Com base em dados individuais dos pacientes, como perfil genético, histórico médico e resposta a terapias anteriores, algoritmos de AM podem identificar o tratamento mais adequado para cada pessoa, levando a melhores resultados e redução de efeitos colaterais indesejados. A personalização dos cuidados é particularmente relevante no campo da oncologia, onde diferentes tumores podem responder de maneira distinta a determinados tratamentos.

Outra aplicação importante da IA e do AM na medicina é a análise de imagens médicas. Essas tecnologias podem ajudar a melhorar a precisão e a eficiência da interpretação de exames de tomografia, radiografia e ressonância magnética, permitindo a detecção precoce de anomalias e auxiliando os médicos na tomada de decisões mais informadas.

Em suma, a IA e o AM representam avanços significativos na medicina, oferecendo a capacidade de processar grandes volumes de dados, identificar padrões complexos e gerar modelos preditivos e diagnósticos precisos. Essas tecnologias têm o potencial de melhorar a eficiência, a qualidade e a personalização dos cuidados de saúde, fornecendo resultados promissores no apoio a problemas.

## **1.1 Sobre a inteligência artificial**

Antes do efetivo detalhamento do tema, considera-se oportuno considerar que a inteligência artificial é a área de ciência da computação destinada a criar programas e máquinas que podem apresentar comportamentos classificados inteligentes, ou seja, um complexo que consegue explorar dados e informações em vasta proporção.

Neste mesmo sentido, a Revista de Administração em Saúde (2023) destaca que com o avanço dos sistemas de inteligência artificial, outras inovações apresentaram para agentes de diversas áreas de atuação na busca por mais eficiência

no exercício de suas atividades, com economia de tempo sendo legítimo sua utilização nas áreas médicas que possuem enorme complexidade.

Considera-se, pelo disposto acima, que a proposta e o texto deste trabalho possuem razões numerosas para classificá-lo como tema de relevância na área de Gestão de Pessoas, de Gestão Operacional e de Gestão do Conhecimento e Inovação.

## **1.2 Justificativas**

A análise acerca da eficiência do uso da inteligência artificial na medicina e em todo gerenciamento de pessoas, pacientes na área da saúde atualmente, é de urgente e extrema relevância.

Ainda hoje, em 2023, muitas pessoas citam a saúde como principal problema do Brasil. Essa realidade decorre de diversos motivos: falta de médicos e outros profissionais ligados à saúde, longas filas de espera para marcar consulta tanto no sistema único de saúde como na rede particular, redução de leitos hospitalares, poucos recursos destinados pelo poder público e atendimento de emergência. Essas necessidades resultam em estatísticas e diagnósticos inadmissíveis em um país com enorme carga tributária como o Brasil.

Com a intenção de atrair atenção para o tema, o trabalho apontará os ganhos e inconvenientes quanto ao uso da tecnologia atual para lidar com as diferentes tarefas e atividades ligadas a saúde e toda área médica, ao mesmo tempo em que sugere modificações concretas na quebra de paradigmas quanto ao uso desta ferramenta para representar a incerteza e a variabilidade em dados e inferir conclusões para os usuários de todo sistema de saúde.

## **1.3 Problema, hipóteses, objetivos gerais e específicos**

### **1.3.1 Problema**

Diante dos apontamentos e justificativas apresentados, o problema de pesquisa consiste em trazer à baila como a inteligência artificial pode contribuir com a medicina, explorando informações de diferentes fontes, como estudos clínicos, registros médicos e dados genéticos buscando ainda destacar o seguinte

questionamento basilar: como lidar com falta de transparência, com o preconceito e discriminação em relação a tecnologia, preocupações com a privacidade dos pacientes, dilemas éticos, riscos de segurança dos dados, vantagens e desvantagens, concentração de poder e dependência de inteligência artificial?

### 1.3.2 Hipóteses

Diante do problema de pesquisa apresentado, e após a constatação junto aos trabalhos bibliográfico de que a inteligência artificial é uma especialidade da ciência da computação que se apresenta a incrementar sistemas que simulem a capacidade humana na compreensão de uma doença, identificando seus componentes e, com isso, resolver o caso e propor ou tomar decisões.

As hipóteses a serem avaliadas tratam diretamente do uso de diferentes algoritmos e estratégias de tomada de decisão e um enorme volume de dados, sistemas de inteligência artificial capazes de propor ações, quando solicitados.

Sob esse prisma, a primeira premissa a ser checada é a de que a inteligência artificial já está modificando a vida humana, com suas cirurgias realizadas por robôs, com procedimentos de intercomunicação automatizados, com a automatização de serviços bancários e monetário, enfim, com um número cada vez maior de recursos e utilidades. A verificação dessa hipótese busca destacar as vantagens e desvantagens da utilização desta tecnologia no dia-a-dia das pessoas.

A segunda premissa é a de compreender como este volume de dados está sendo introduzido aos poucos no sistema de saúde e nos diversos ramos da medicina, como já influencia em áreas como consumo, negócios bancários e financeiros, logística e administração de capital humano, além de dados de prevalência, incidência e evolução de enfermidades, contribuindo na produção de dados estatísticos, diagnósticos por exemplo, antecipando ações preventivas. Aqui, buscou-se avaliar a destinação dos dados gerados pela inteligência artificial e a possibilidade de se antecipar aos fatos.

A terceira e última premissa é a de reconhecer que em virtude da evolução dos meios de comunicação e utilização da inteligência artificial o paciente será mais bem informado e procurará assimilar e participar na discussão de seu caso é uma circunstância a ser avaliada atualmente pelos prestadores de serviço na área médica.



### 1.3.3 Objetivo geral

Destacar o uso da Inteligência Artificial na assistência médica, nos serviços de saúde tornando os resultados dos exames mais precisos, buscando destacar sua utilização nas diversas áreas médicas, processando um amplo banco de dados de diferentes exames do passado e os comparando com os exames atuais do paciente aferindo os resultados com mais especificidade, propriedade e exatidão.

### 1.3.4 Objetivo específico

Com a finalidade de atingir o objetivo geral proposto, procurou-se realizar estudos sobre a aplicação de procedimentos utilizando a inteligência artificial na medicina, avaliando suas vantagens como a automatização de tarefas, análise e interpretação de dados, adoção de decisões inteligentes, aprendizado e adaptação a esta nova realidade que tem evoluído bem depressa na habilidade de se relacionar com os seres humanos de forma natural e automática.

## 1.4 Metodologia

A proposta metodológica utilizada foi a de uma pesquisa exploratória (que visa conhecer o contexto do assunto que é objeto de estudo encontrando as evidências relacionadas ao tema) por meio de pesquisa bibliográfica.

## 1.5 Seções do trabalho

O trabalho será organizado em quatro partes: conceitos gerais, diagnóstico e questões éticas sobre a utilização da inteligência artificial nas diferentes áreas de conhecimento, em especial da medicina e toda perspectiva quanto a esta nova realidade.

No primeiro capítulo, como forma de orientar a composição e a leitura do trabalho, encontra-se o presente texto de introdução, dedicado à apresentação dos autores, do tema e da dinâmica da pesquisa e da constatação da influência da tecnologia na área da saúde. No segundo capítulo, como nivelamento de definições utilizadas nesta pesquisa, foram apresentados conceitos gerais, técnicos e históricos, cuja compreensão foi considerada indispensável, notadamente quanto à possibilidade

de consulta futura de pesquisadores que não tenham origem ou familiaridade com o meio da engenharia da computação.

No terceiro capítulo, com o detalhamento das justificativas da pesquisa, promove-se a avaliação da necessidade de maior interação entre as ferramentas de tecnologias e as inúmeras áreas da medicina, incluindo o material humano e os recursos tecnológicos. Realizou-se nessa etapa o diagnóstico sobre a existência de recursos para auxiliar os pacientes, profissionais de saúde e gestores de diferentes áreas envolvidos nesta nova realidade, a reflexão sobre a relação entre o percurso tecnológico e sua utilização na medicina e a observação de fragilidades e oportunidades de aprimoramento aplicáveis à saúde das pessoas como um todo.

No quarto capítulo, destinado ao estudo da fundamentação do trabalho, buscou-se detalhar a pesquisa e promover a compreensão da inteligência artificial através do entendimento das terminologias que compreendem este campo de atuação e sua interface com as áreas da medicina. Buscou-se destacar também a complexidade que envolve este assunto e a concepção de conceitos estratégicos.

Ao final de cada capítulo, em espaços destinados às considerações, foram apresentadas avaliações e análises localizadas, acompanhadas da revisão de conceitos, de comentários sobre informações e de percepções surgidas durante a jornada de pesquisa.

No último capítulo, destinado à conclusão dos estudos, as avaliações e considerações foram apresentadas de maneira combinada, cujas comparações serviram para apresentar respostas aos constatados testes das premissas e a avaliação do autor sobre a pertinência do estudo cuja proposta foi executada. E como legado, deixou-se a proposta de uma reflexão valiosa sobre a utilização de inteligência artificial na medicina.

## **2 CONCEITOS**

### **2.1 O Impacto da Inteligência Artificial na Sociedade**

Alves (2020) destaca que a Inteligência Artificial (IA), tem consistido em um sistema que toma decisões de forma independente, objetivando melhores condições para o desenvolvimento de algo, desta forma, no mercado de trabalho, se busca melhoria na produtividade e lucratividade, entretanto, é tratada a tema da redução do emprego humano com os recursos provenientes dela, isto posto, é indispensável a indagação de como a IA poderia impactar as relações entre pessoas e como seria a adaptação nesse novo contexto.

Consideráveis são as mudanças propiciadas pelas tecnologias informacionais nas questões do trabalho, a partir do final do século XX, decorrente do avanço da inteligência artificial nos locais onde as tarefas e projetos profissionais são produzidos e executados, com a inclusão, cada vez mais maior, de máquinas e ferramentas tecnológicas encarregadas pela automação e informatização das tarefas, interferindo nos dos postos de trabalho diante à competência, efetividade e redução de gastos destas tecnologias (CARVALHO, 2021).

Atualmente as inovações produzidas pela inteligência artificial impacta diferentemente nas diversas situações, circunstâncias e aspectos socioeconômicos e culturais, em decorrência muitas vezes da facilidade ou disponibilidade deste progresso científico e tecnológico a toda sociedade de forma igualitária, provocando desigualdade e transformações na sociedade, necessitando de ações e planejamento de toda sociedade diante desta nova realidade (REVISTA JURÍDICA LUSO-BRASILEIRA, 2023).

A inteligência artificial está impactando profundamente nossa sociedade e nossa forma de viver.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo descreveremos sobre uma visão geral dos conceitos e métodos da inteligência artificial (IA) aplicados à medicina, apresentando paradigmas da IA, incluindo aprendizado de máquina, tarefas de AM, Classificação, Regressão, com foco em diagnóstico, tratamento e pesquisa.

#### 3.1 Inteligência Artificial

No coração da era digital contemporânea, a IA surge como um holofote luminoso em meio a uma escuridão digital de inovações. Impulsionada pelo cruzamento de algoritmos complexos, processamento de dados exponencial e a curiosidade humana incansável, a IA se destaca como uma força revolucionária que molda nosso presente e desenha o futuro.

De acordo com Silva (2013) a IA é a subárea da Ciência da Computação responsável por pesquisar e propor a elaboração de dispositivos computacionais capazes de simular aspectos do intelecto humano, ao modo da capacidade de raciocinar, perceber, tomar decisões e resolver problemas. Esse domínio engloba várias vertentes, incluindo Aprendizado de Máquina (AM), Processamento de Linguagem Natural (PLN) e Visão Computacional, entre outros.

O objetivo do Aprendizado de Máquina (AM) é a construção de programas que melhorem seu desempenho por meio de exemplos (Mitchell, 1997). Sendo assim, por meio de dados, o AM identifica padrões otimizando tempo e podendo prever resultados.

De acordo com Indurkha e Damerou (2010) *apud* Barbosa *et al.* (2017), o Processamento de Linguagem Natural (PLN) é uma área da computação que tem como objetivo extrair representações e significados mais completos de textos livres escritos em linguagem natural. O PLN é usado desde chatbots de atendimento ao cliente até tradução automática de idiomas.

A Visão Computacional, por sua vez, é o campo da inteligência artificial dedicado à extração de informações a partir de imagens digitais (Massruhá *et al.*, 2020). Sendo assim, um alicerce para as áreas da inteligência artificial que utilizam

imagens para o seu pleno funcionamento, como na área médica, agricultura, sistemas de carros autônomos, entre outros.

À medida que a IA avança, suas aplicações se ampliam. Na medicina, diagnósticos mais precisos e descobertas de tratamentos revolucionários são possíveis graças à análise de dados médicos em larga escala. Na indústria, a automação impulsionada pela IA otimiza processos e aumenta a eficiência produtiva. Em finanças, algoritmos de negociação de alta frequência transformam os mercados.

No entanto, à medida que são facultadas essas inovações, também, desafios éticos e práticos surgem. Questões sobre privacidade, vieses algorítmicos e o impacto na força de trabalho exigem uma reflexão cuidadosa. A cooperação global é crucial para estabelecer diretrizes éticas e regulamentações sensatas para a IA.

A IA é uma marcha impressionante rumo ao incógnito. À medida que ela se encaixa em todos os aspectos da vida contemporânea, do entretenimento à saúde, redireciona a maneira como interagimos com a tecnologia e concebe novos horizontes de inovação. Ao nutrir essa força criativa com responsabilidade e visão, podemos desbloquear o verdadeiro potencial da IA para aprimorar nossa sociedade e impulsionar o progresso humano.

### **3.2 Aprendizado de Máquina**

O AM emerge como uma vertente da IA. Movido pela interseção de algoritmos complexos, processamento exponencial de dados e a incansável curiosidade humana, o AM se destaca como um poder inovador

O aprendizado de máquina desempenha um papel central na construção da inteligência artificial, permitindo que os sistemas aprendam e melhorem com base em dados, o que é fundamental para alcançar o nível de complexidade e desempenho associado à IA moderna (Goodfellow, Bengio & Courville, 2016).

Essa tecnologia sendo como uma espinha dorsal da IA, permite que as máquinas aprendam com dados e melhorem seu desempenho conforme o tempo. Através do treinamento em exemplos e iterações sucessivas, os algoritmos de AM

podem identificar padrões complexos e fazer previsões certas. Essa habilidade tem aplicações extensas, no qual se aplica a quase todas as áreas profissionais.

Essa inovação se desdobra em diferentes moldes. O aprendizado supervisionado envolve o treinamento com dados rotulados, permitindo que os algoritmos façam previsões ou classificações com base nesses rótulos. Já o aprendizado não supervisionado lida com dados não rotulados, buscando identificar padrões ocultos e agrupamentos. Além disso, o aprendizado por reforço envolve um processo de aprendizado baseado em recompensas e punições, assemelhando-se ao modo como os seres humanos aprendem (Ludermir, 2021).

Assim como a IA como um todo, o AM é uma jornada em direção ao desconhecido. Conforme o AM penetra diversos setores da sociedade, conseqüentemente mudando a forma humana de pensar em relação a tecnologia, sendo assim, instigando cada vez mais a pesquisa sobre o assunto para a melhora da qualidade de vida humana.

### 3.2.1 Tipos de tarefas de AM

As tarefas de AM podem ser classificadas de diversas maneiras, com base nos objetivos e na natureza dos problemas que estão sendo abordados. Os principais tipos de tarefas são: classificação, regressão, agrupamento, padrão sequencial.

### 3.2.2 Classificação

De acordo com Silveira (2017), a classificação é uma disciplina que busca capacitar os computadores a aprender padrões e informações a partir de dados para realizar tarefas específicas. A classificação é um processo pelo qual um algoritmo de aprendizado de máquina atribui rótulos ou categorias a objetos ou instâncias com base em características ou atributos específicos. Essa tarefa tem aplicações abrangentes em diversos campos, incluindo reconhecimento de padrões, processamento de linguagem natural, diagnósticos médicos, detecção de fraudes, análise de sentimentos e muito mais.

O objetivo principal da classificação é construir um modelo capaz de generalizar os padrões identificados nos dados de treinamento e aplicá-los a novos

dados não vistos, para que o modelo possa prever corretamente a categoria à qual uma nova instância pertence.

As tarefas de classificação desempenham um papel crucial no domínio do aprendizado de máquina, oferecendo uma estrutura poderosa para a categorização automatizada de dados. Um dos exemplos mais comuns é a classificação binária, na qual o objetivo é dividir os dados em duas categorias distintas, como sim/não, positivo/negativo ou spam/não spam.

Além da classificação binária, as tarefas de classificação multi-classe abordam cenários com três ou mais classes distintas. Um exemplo é o reconhecimento de dígitos manuscritos, onde cada dígito é atribuído a uma das dez classes possíveis (0 a 9). Nesses casos, algoritmos como as redes neurais profundas se destacam, sendo capazes de aprender representações complexas dos dados para discriminar entre várias categorias.

Outra vertente importante é a classificação probabilística, que não apenas atribui uma classe a uma instância, mas também estima a probabilidade dessa atribuição estar correta. Isso é especialmente útil em cenários como diagnósticos médicos, onde a confiança na previsão é crucial.

Além disso, existem tarefas de classificação que lidam com sequências e séries temporais. Um exemplo é a classificação de sentimentos em análise de texto, onde o objetivo é determinar se um determinado texto é positivo, negativo ou neutro.

Em resumo, as tarefas de classificação abrangem uma variedade de cenários, desde a diferenciação binária até a categorização de múltiplas classes e estimativas probabilísticas. A escolha do algoritmo apropriado e a seleção de características relevantes desempenham papéis cruciais na construção de modelos de classificação precisos e eficazes, que têm aplicações importantes em diversas áreas.

### 3.2.3 Regressão

A Análise de Regressão é uma área do aprendizado de máquina extremamente poderosa, tendo como função principal encontrar uma função que estime o comportamento do conjunto de dados que não é estabelecido, a partir de dados coletados (Figueira, 2006).

No coração da regressão está a busca por uma função matemática que melhor se ajuste aos dados, minimizando o erro entre os valores previstos e os valores reais. Existem várias técnicas de regressão, como regressão linear, regressão polinomial e regressão de árvore de decisão. Cada uma tem suas próprias vantagens e limitações, permitindo que os cientistas de dados escolham a abordagem mais adequada para o problema em questão.

A regressão linear é uma técnica básica de modelagem que visa encontrar a relação linear entre uma variável independente (ou mais) e uma variável dependente contínua. Essa relação é representada por uma linha reta no espaço dos dados, onde o objetivo é minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre os valores reais e os valores previstos pela linha. É uma abordagem simples e interpretação direta, mas assume que a relação é linear, o que nem sempre é verdade na realidade.

A regressão polinomial é uma extensão da regressão linear que permite modelar relações não lineares entre as variáveis. Ela faz isso ajustando um polinômio aos dados, em vez de uma linha reta. Isso permite capturar curvas e padrões mais complexos nos dados. A regressão polinomial pode se tornar bastante flexível com graus mais altos de polinômios, mas também pode levar ao *overfitting* se não for controlada adequadamente.

A regressão de árvore de decisão é uma técnica que utiliza uma estrutura em forma de árvore para fazer previsões. A árvore é construída dividindo os dados em subconjuntos com base em regras de divisão, criando segmentações hierárquicas. Nas folhas da árvore, os valores médios das variáveis dependentes são usados como previsões. As árvores de decisão podem capturar relações não lineares e interações entre variáveis de maneira natural, mas podem ser sensíveis a pequenas variações nos dados.

A regressão tem uma ampla gama de aplicações práticas. Na economia, por exemplo, a regressão pode ser usada para modelar relações entre variáveis financeiras e prever tendências futuras. Na área da saúde, a regressão pode ser aplicada para estimar a relação entre fatores de risco e a probabilidade de uma doença ocorrer. Em resumo, a regressão é uma ferramenta essencial que possibilita a análise quantitativa de dados e a geração de *insights* valiosos para tomadas de decisão informadas.



### 3.2.4 Agrupamento

Análise de agrupamento, ou *clustering*, é o nome dado para o grupo de técnicas computacionais no qual o propósito consiste em segregar objetos em grupos, baseando-se nas características que estes objetos possuem. A ideia principal consiste em colocar em um mesmo grupo objetos que sejam similares de acordo com algum critério pré-determinado (Linden, 2009).

A clusterização desempenha um papel crítico em situações em que se deseja compreender a estrutura subjacente de um conjunto de dados, identificar grupos de clientes com comportamentos semelhantes, segmentar imagens ou até mesmo detectar anomalias em grandes conjuntos de informações.

Existem várias técnicas de agrupamento disponíveis, desde abordagens simples, como a clusterização K-Means, até métodos mais complexos, como a clusterização hierárquica. Cada técnica tem suas próprias vantagens e limitações, e a escolha da técnica adequada depende do contexto e dos objetivos específicos do projeto.

No processo de clusterização, os dados são avaliados com base em medidas de similaridade, como a distância euclidiana, que quantifica a diferença entre os pontos de dados. À medida que a técnica de agrupamento progride, ela agrupa os dados de forma que os pontos dentro de um cluster sejam mais semelhantes entre si do que com os pontos de outros clusters.

A técnica de agrupamento é uma ferramenta poderosa que possibilita a extração de informações valiosas a partir de conjuntos de dados complexos. A compreensão das técnicas de agrupamento e sua aplicação adequada é essencial para explorar o potencial dos dados e tomar decisões informadas com base em informações organizadas e estruturadas.

De acordo com Chiang (2003) *apud* Liden (2009) agrupamento pode ser usado no marketing auxiliando pessoas envolvidas a áreas de marketing a descobrir grupos distintos em suas bases de clientes, para que este conhecimento seja usado então para desenvolver programas de marketing direcionados.

Outro exemplo do agrupamento segundo Dzwinnel (2005) *apud* Liden (2009) é na área de estudos de terremoto, analisando os dados reais e sintéticos de terremotos

para extração de características que permitam a previsão de eventos precursores de abalos sísmicos.

Em síntese, uma técnica de agrupamento é uma abordagem vital na IA e AM que permite a organização eficaz de dados em grupos com características semelhantes, abrindo caminho para *insights* valiosos e tomadas de decisão fundamentadas.

### 3.2.5 Regra de Associação

A associação tem como premissa básica encontrar elementos que implicam na presença de outros elementos em uma mesma transação, ou seja, encontrar relacionamentos ou padrões frequentes entre conjuntos de dados. Tipicamente, regras de associação representam padrões existentes em transações armazenadas (Vasconcelos e Carvalho, 2004).

No seu cerne, uma regra de associação estabelece uma conexão entre dois ou mais elementos em um conjunto de dados. Sua estrutura segue um formato “se...então...”, no qual “se” representa os elementos observados e “então” indica os elementos que normalmente estão associados aos primeiros. Por exemplo, em um contexto de varejo, uma regra de associação poderia ser expressa como: “Se um cliente comprar pão e leite, é provável que ele também compre manteiga.”

As regras de associação são frequentemente utilizadas em aplicações como sistemas de recomendação, nos quais a análise dos padrões de compras anteriores pode ser utilizada para prever compras futuras com base nas associações identificadas. Além disso, elas são amplamente aplicadas na análise das cestas de compras (*market basket analysis*), permitindo aos varejistas entender melhor o comportamento de compra dos clientes e otimizar suas estratégias de marketing e merchandising.

Um dos algoritmos mais famosos para a descoberta dessas regras é o algoritmo Apriori. Ele funciona gerando conjuntos frequentes de itens e, com base nesses conjuntos, identifica as regras mais relevantes para a associação. Além do Apriori, existem várias variações e técnicas avançadas que melhoram a eficiência e precisão na descoberta dessas regras em grandes volumes de dados (Romão *et al.*, 1999).

Em conclusão, as regras de associação desempenham um papel significativo no campo do AM, possibilitando a descoberta de padrões e relações em dados, o que

é crucial para a personalização de recomendações, segmentação de mercado e muito mais. Sua aplicação abrange diversas áreas, e a compreensão dessas regras é essencial para a obtenção de *insights* e para tomar decisões informadas em um mundo orientado por dados.

### 3.2.6 Padrão Sequencial

Segundo Bonvini e Abreu (2010), pode-se caracterizar um padrão sequencial por eventos que se sucedem no tempo e que podem ser utilizados para prever um evento futuro baseado nos anteriores. Por exemplo, um padrão sequencial que poderia ser retirado de uma base de dados de uma loja de equipamentos eletrônicos seria: Uma pessoa que comprou um videogame a três meses atrás, é um potencial comprador de um jogo novo em um mês, e um potencial comprador de um controle novo em cinco meses.

A descoberta de padrões sequenciais requer a implementação de técnicas de mineração de dados e algoritmos de IA, que podem incluir redes neurais recorrentes, modelos ocultos de Markov e algoritmos de aprendizado de máquina. O algoritmo específico que deve ser utilizado para atingir os objetivos do problema depende da natureza dos dados.

Um algoritmo muito utilizado para a mineração de dados de padrões sequenciais é o GSP. O algoritmo utiliza o suporte mínimo  $\text{minSup}$  e a base de dados como parâmetros ao ser simulado e foi escolhido por se basear na técnica Apriori (Figueiredo e Tonidandel, 2017).

O Padrão sequencial é uma tarefa abrangente e que se comunica com muitas áreas, sendo elas: mercado financeiro, medicina, telecomunicações, análise de mercado, comércio eletrônico, entre outros (Furtado, 2005).

O padrão sequencial se assemelha muito com a regra de associação, porém a diferença fundamental entre os dois são: tipos de dados e a importância da ordem. Os dados do padrão sequencial são usados principalmente em conjuntos de dados sequenciais, nos quais a ordem dos eventos ou itens é relevante. Já a regra de associação é frequentemente aplicada a conjuntos de dados transacionais, nos quais os itens são coletados em transações distintas e a ordem não importa.

Explorar as complexidades das relações temporais nos dados é uma habilidade crucial para qualquer pessoa que pratique análise de dados. Essas relações,

descobertas pela identificação de padrões sequenciais, facilitam a compreensão do tempo e permitem uma melhor tomada de decisões estratégicas. Desde adivinhar pesquisas científicas até determinar tendências de mercado, aplicar essa habilidade é fundamental para o avanço e o progresso em diversos setores. Sem dúvida, compreender e utilizar padrões sequenciais é uma habilidade obrigatória para uma análise de dados bem-sucedida.

### 3.2.7 Algoritmos de AM

O algoritmo AM, ou algoritmo de aprendizado de máquina por amostragem aleatória, é um algoritmo de aprendizado não supervisionado que é utilizado para encontrar padrões em dados concebendo conjunto de amostras aleatórias dos dados e, logo depois, usando essas amostras para construir um modelo dos dados sendo empregado em uma diversidade de aplicações de inteligência artificial.

### 3.2.8 Redes Neurais Artificiais

De acordo com Braga *et al.* (2000) *apud* Soares *et al.* (2015) às Redes Neurais Artificiais (RNAs) são técnicas computacionais que retratam um modelo inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes que adquirem conhecimento através da prática. Desta forma, a RNA é capaz de reconhecer padrões, sendo assim, possuindo a capacidade de aprender por meio de exemplos e generalizar a informação que aprendeu, gerando um modelo não-linear, tornando sua aplicação bastante eficaz na análise espacial.

Segundo Nied (2007) *apud* Fleck *et al.* (2016) O aparecimento das RNAs deu-se com o modelo matemático do neurônio biológico proposto por Warren McCulloch e Walter Pitts em 1943 (McCulloch e Pitts, 1943). O modelo chamado de neurônio MCP (McCulloch-Pitts), é reproduzido por um conjunto de  $n$  entradas, as quais sendo elas multiplicadas por um determinado peso e, em seguida, os resultados são somados e comparados a um limiar.

Segundo Rosenblatt (1958) *apud* Fleck *et al.* (2016) em meados de 1958, Frank Rosenblatt sugeriu uma topologia de rede nomeada de perceptron feitas a partir de neurônios MLP (Perceptrons de Múltiplas Camadas) e arranjada em forma de rede composta de duas camadas.

Para Rauber (2005) uma RNA tem duas particularidades básicas: a arquitetura e o algoritmo de aprendizagem. Essa separação surge naturalmente pelo padrão da forma como a rede é treinada, sendo assim treinada por exemplos de treino. O conhecimento sobre o problema em consideração está guardado dentro dos exemplos que têm que estar disponíveis de forma obrigatória. O algoritmo de aprendizagem generaliza esses dados e memoriza o conhecimento dentro dos parâmetros adaptáveis da rede, os pesos. Assim o construtor de um sistema baseado em RNA tem dois graus de liberdade, a definição sobre o tipo de rede para resolver o problema em consideração e o algoritmo para treinar a rede, i.e. para adaptar os pesos da rede.

As áreas de aplicações de redes neurais são diversas, mas elas vieram de encontros às necessidades de modelagem de aplicações dos problemas que não são representáveis através da programação tradicional que é usada comumente no dia a dia, como, por exemplo, o reconhecimento de imagens, reconhecimento de fala, identificação de sinais de radar, mercado financeiro, reconhecimento de notas musicais (Cardon e Müller, 1994).

Em resumo, as Redes Neurais Artificiais (RNAs) representam uma abordagem computacional inspirada na estrutura neural de organismos inteligentes, permitindo que essas redes adquiram conhecimento por meio da prática, identifiquem padrões e generalizem informações. Essa capacidade de aprendizado e modelagem não linear torna as RNAs altamente eficazes na análise espacial.

### 3.2.9 Algoritmo J48

O algoritmo J48 é uma implementação do algoritmo C4.5 que, gera árvore de decisão e é considerado o mais popular algoritmo da Weka. O J48 constrói um modelo de árvore de decisão com base em um conjunto de dados de treino, sendo assim, esse modelo é utilizado para classificar as instâncias do conjunto de testes. Durante o processo de utilização do algoritmo J48 é interessante possuir conhecimento sobre alguns parâmetros que podem ser alterados para proporcionar resultados mais precisos, como, por exemplo, o uso de podas na árvore, o número mínimo de instâncias por folha e a construção de árvore binária (Almeida *et al.*, 2002).

Segundo Witten e Frank (2005) *apud* Librelotto e Mozzaquatro (2013), uma das particularidades que contribui para o grande uso do algoritmo J48 pelos especialistas

é que o mesmo se mostra adequado para os procedimentos, envolvendo as variáveis (dados) qualitativas contínuas e discretas presentes nas bases de dados. O algoritmo J48 que foi proposto por Quinlan (1993), é conhecido como o que apresenta o melhor resultado na construção de árvores de decisão, a partir de um conjunto de dados de treinamento. O algoritmo J48 utiliza a abordagem dividir-para-conquistar, no qual um problema complexo é dividido em subproblemas mais simples, sendo aplicado recursivamente a mesma estratégia para cada subproblema, dividindo o espaço definido pelos atributos em subespaços, associando-se a eles uma classe

O algoritmo J48 tem diversas variantes, uma delas conhecida como J48.PART, é uma derivação do J48 que elabora regras de produção com base na árvore de decisão. O processo de criação das regras de produção ocorre em dois estágios: inicialmente, as regras são induzidas a partir da árvore e, em seguida, são aprimoradas. Para cada regra gerada, é calculada a cobertura das instâncias da base de dados. Esse processo é repetido até que todas as instâncias estejam cobertas. As regras com maior cobertura são apresentadas ao usuário, enquanto as demais são descartadas (Almeida *et al.*, 2002).

Resumindo, o algoritmo J48 tem uma grande importância para a área do AM e assim, sendo um dos algoritmos mais usados devido a sua capacidade de ser o mais adequado aos procedimentos. O algoritmo J48 é uma implementação do algoritmo C4.5 que gera árvores de decisão, ele também constrói um modelo de árvore de decisão com base em um conjunto de dados de treino e é utilizado para classificar as instâncias do conjunto de testes.

### 3.2.10 Random Forest

Para Neto (2014) *apud* Lorenzetti e Telöcken (2016), Random Forest trata-se de um algoritmo classificador que faz uso do método de árvores de decisão, permitindo a mineração dos dados passados a mesma. Essa técnica difere um pouco dos algoritmos de árvores de decisão aos quais está relacionada. Enquanto uma árvore de decisão tem como objetivo a construção completa de uma estrutura a partir de uma base de dados, o Random Forest visa criar múltiplas árvores de decisão usando um subconjunto de atributos selecionados aleatoriamente do conjunto original, que contém todos os atributos. Esse processo envolve uma forma de amostragem chamada de Bootstrap, que é uma amostragem com reposição, permitindo uma análise mais aprofundada dos dados.

Ainda de acordo com as ideias de Neto (2014) *apud* Lorenzetti e Telöcken (2016), após a criação dos conjuntos de árvores, torna-se possível realizar a classificação, determinando qual conjunto oferece o maior incremento de conhecimento para a resolução de um problema específico. Para isso, é essencial selecionar um subconjunto de árvores de decisão que apresente uma lógica superior e vantagens evidentes na tomada de decisões. Em relação a cada subconjunto, um voto é atribuído para determinar a classe à qual o atributo-chave deve pertencer. Esse voto possui um "peso" que é influenciado tanto pela dissimilaridade entre as árvores, ou seja, quanto menor a similaridade entre duas árvores, melhor, quanto pela capacidade individual de cada árvore, ou seja, quanto mais precisa uma árvore for, melhor será sua avaliação.

Conforme previamente mencionado, as Random Forests são conhecidas por sua abordagem Dividir-para-Conquistar, que lhes confere várias características distintas em comparação com outras técnicas. Entre essas características, destacam-se: sua maior capacidade em relação a uma única árvore de decisão; um desempenho sólido em diferentes conjuntos de dados; precisão; capacidade de evitar o *overfitting*; robustez contra ruídos; e a capacidade de classificação aleatória das árvores sem intervenção humana (Lorenzetti e Telöcken, 2016).

Resumindo, o algoritmo Random Forest é um classificador que se baseia no método de árvores de decisão para a mineração de dados. Ao contrário das árvores de decisão tradicionais, que constroem uma única estrutura a partir dos dados completos, o Random Forest cria múltiplas árvores de decisão usando um subconjunto aleatório de atributos do conjunto original, aplicando uma técnica de amostragem com reposição chamada Bootstrap. O algoritmo permite a classificação, identificando qual conjunto oferece o maior acréscimo de conhecimento para resolver um problema específico. Isso é alcançado ao selecionar subconjuntos de árvores de decisão que demonstram uma lógica superior e vantagens evidentes na tomada de decisões.

### 3.2.11 Naive Bayes

Segundo Russelle e Norvig (2003) *apud* Batista *et al.* (2018), em AM, classificadores Naive Bayes são uma família de

classificadores probabilísticos baseados na aplicação do Teorema de Bayes. O termo "*naïve*" (ingênuo) é incorporado ao nome do classificador devido à sua forte premissa de independência entre as características das instâncias a serem classificadas. Os Classificadores Naive Bayes são altamente escaláveis e, portanto, são adequados para uso em aplicações on-line e de tempo real. O treinamento do modelo é realizado através da avaliação de uma expressão fechada, que possui uma complexidade linear em termos de tempo, em contraste com as abordagens iterativas e custosas empregadas por outros tipos de classificadores.

Segundo Faceli e Dutra *et al.*(2011) *apud* Sombra *et al.*(2020), o algoritmo NaiveBayes é um dos mais populares e eficientes para classificação. Sua característica reside na geração de estimativas de probabilidades em vez de meras classificações. Neste contexto, para cada classe, o classificador produzirá uma estimativa da probabilidade de um determinado objeto pertencer a essa classe. De acordo com Rocha *et al.* (2008) *apud* Sombra *et al.* (2020), o algoritmo Naive Bayes calcula as probabilidades relacionadas à inclusão de um exemplo em uma classe específica, utilizando as frequências de co-ocorrência dos valores da classe e dos valores dos diferentes atributos de entrada nos exemplos de treinamento.

De acordo com Roza e Pegoraro (2020), equação de naive bayes é representada pelo seguinte:  $P(A|B) = P(B|A)P(A)P(B)$

- $P(B|A)$ : probabilidade do evento B acontecer uma vez que o evento A ocorreu.
- $P(A)$ : probabilidade do evento A ocorrer.
- $P(B)$ : probabilidade do evento B ocorrer.

### 3.2.12 Redes Bayesianas

Segundo a matemática, uma Rede Bayesiana pode ser descrita como uma representação de uma tabela de conjunção de probabilidades do universo do problema. De um ponto de vista especializado, as Redes Bayesianas servem como um modelo gráfico que simplifica a representação das relações de causa e efeito entre as variáveis de um sistema (Marques e Dutra, 2002).

Uma Rede Bayesiana é composta pelos seguintes elementos: Um conjunto de variáveis interconectadas por meio de arcos, cada variável possui um conjunto finito



e exclusivo de estados possíveis, as variáveis e os arcos formam um grafo direcionado acíclico (DAG), para cada variável  $A$  que tem  $B_1, \dots, B_n$  como pais, uma tabela de probabilidades  $P(A|B_1, \dots, B_n)$  é associada (Marques e Dutra, 2002).

É importante notar que quando uma variável  $A$  não possui pais, a tabela de probabilidades se reduz a uma probabilidade incondicional  $P(A)$ . Uma vez que a topologia da rede esteja definida, é possível especificar as probabilidades das variáveis envolvidas em dependências diretas e utilizar essas informações para calcular as demais probabilidades desejadas (Marques e Dutra, 2002).

A topologia de uma rede bayesiana descreve um modelo probabilístico abrangente que incorpora informações qualitativas (dependências), informações quantitativas (função de distribuição de probabilidades) e uma estrutura de controle para conduzir inferências. Essa estrutura determina a estratégia a ser aplicada na propagação de crenças, o que resulta em certas restrições quanto ao tipo de conhecimento que pode ser representado em cada topologia de rede. Em muitos cenários do mundo real, o domínio requer uma representação com redes que possuam múltiplas conexões. Portanto, ao se deparar com uma nova evidência, torna-se crucial avaliar se há mais de um caminho que conecta o nó contendo a nova evidência ao nó cuja probabilidade precisa ser atualizada (Ladeira *et al.*, 1999).

### **3.3 Medicina**

O campo da saúde, assim como toda medicina está sendo cada vez mais influenciada pelas novas tecnologias, entre elas a inteligência artificial, que busca melhorar o serviço, o desempenho dos profissionais e das instituições de assistência médica proporcionando mais valor ao paciente e a gestão do prestador de serviço (Berti, 2021).

É importante considerar que a inteligência artificial está presente em inúmeras áreas da ciência e da medicina, sendo empregada em aparelhos móveis, tomada de decisão, detecção de doenças, realização de diagnósticos, procedimentos cirúrgicos, tratamentos etc. Modificando cada procedimento clínico e constituindo em uma valiosa ferramenta para lutar pela vida e promover o bem-estar (Inteligência Artificial, Definições e aplicações, 2020).

Para Machado (2023) a procura pela melhoria dos serviços e oferecimento de assistência personalizada aos pacientes por meio da inteligência artificial e dispositivos computacionais são constantes nos dias atuais tamanha necessidade de aprimorar o gerenciamento, incrementar exames e conectar novos marcadores biológicos para tomada de decisão.

### 3.3.1 Áreas de atuação da medicina

É oportuno enfatizar que a medicina é uma área do conhecimento que estuda as doenças e seus tratamentos. Ela é dividida em algumas áreas, cada uma com um ponto específico. As principais áreas da medicina atual são:

- Clínica médica: realiza do diagnóstico e tratamento das doenças em geral.
- Cirurgia: realiza do tratamento de doenças por meio de procedimentos cirúrgicos.
- Pediatria: faz diagnóstico e tratamento das doenças em crianças e adolescentes.
- Ginecologia e obstetrícia: relacionada a diagnóstico e tratamento das doenças do sistema reprodutor feminino e do parto.
- Medicina de família e comunidade: cuida da atenção primária à saúde, fornecendo atendimento integral à população.
- Medicina interna: trabalha com o diagnóstico e tratamento das doenças crônicas, como diabetes, hipertensão e doenças cardíacas.
- Neurologia: realiza diagnóstico e tratamento das doenças do sistema nervoso.
- Oncologia: se ocupa com o diagnóstico e tratamento do câncer.

Lampert (2002) destaca que além dessas áreas, existem outras especialidades médicas, como:

- Medicina física e reabilitação: cuida da recuperação de pacientes com lesões ou doenças.
- Medicina legal: emprega os conhecimentos médicos à justiça.
- Medicina nuclear: usa radiação para diagnóstico e tratamento de doenças.
- Nefrologia: cuida de doenças dos rins.
- Neurocirurgia: cuida de doenças do sistema nervoso por meio de procedimentos cirúrgicos.
- Oftalmologia: cuida de doenças dos olhos.
- Ortopedia e traumatologia: cuida de doenças e lesões do sistema musculoesquelético.
- Otorrinolaringologia: cuida de doenças do ouvido, nariz e garganta.
- Psiquiatria: cuida de doenças mentais.
- Reumatologia: cuida de doenças do sistema musculoesquelético.
- Urologia: cuida de doenças do sistema urinário.
- Alergia e imunologia: que cuida de doenças causadas por alergias ou distúrbios do sistema imunológico.
- Angiologia: cuida de doenças dos vasos sanguíneos.

- Cardiologia: cuida de doenças do coração.
- Dermatologia: cuida de doenças da pele.
- Endocrinologia: cuida de doenças do sistema endócrino.
- Gastroenterologia: cuida de doenças do sistema digestivo.
- Hematologia: cuida de doenças do sangue.
- Medicina do trabalho: cuida da saúde dos trabalhadores.
- Medicina esportiva: cuida da saúde dos atletas.

Em suma, a medicina está em contínua evolução, com o advento de novas tecnologias e tratamentos cria novas hipóteses para os profissionais da área, que podem se aprofundar em áreas específicas.

## 4 DESENVOLVIMENTO

Neste item iremos abordar a inteligência artificial e as aplicações de AM na medicina: Medicina diagnóstica, tratamento de doenças crônicas, medicina dentária (ortodontia), cirurgia, telemedicina, descoberta de novos medicamentos.

A IA é uma área da ciência da computação que abarca o desenvolvimento de sistemas que podem replicar a inteligência humana, sendo assim a IA tem sido usada em uma diversidade de aplicações, incluindo medicina. Neste contexto, a IA possui atributo de aprimorar o diagnóstico, o tratamento e a prevenção de doenças.

No campo de medicina a inteligência artificial também consegue ser usada para analisar amplos conjuntos de dados médicos para distinguir padrões que podem ser usados para diagnosticar doenças, incrementar novos tratamentos e acurar a educação médica.

Santos *et al.* (2002) destaca que a radiologia e diagnóstico por imagem evoluiu muito nos últimos anos, aumentando a quantidade de exames realizados, que a subespecialização das disciplinas médicas e a maior precisão dos métodos vem tornando um desafio para o médico radiologista, ademais os exames de imagem não tem o propósito de serem somente qualitativos, as análises passaram a fornecer informações quantitativas, de gravidade de doença e de resposta ao tratamento, tudo graças aos sistemas computadorizados de auxílio de diagnóstico.

Silva (2021) entende que a Inteligência Artificial tem o potencial para ser uma importante ferramenta nas mãos do médico dentista conferindo possibilidades mais rápidas e eficazes para um conjunto variado de métodos tradicionais de diagnóstico e de elaboração de planos de procedimentos.

Andrade *et al.* (2021) destacou no referido que a inteligência artificial está sendo largamente utilizada para prática de inúmeros procedimentos médicos, constata-se abordagens e benefícios na cirurgia robótica e na análise clínica também constituindo em um instrumental para o cirurgião plástico.

### 4.1 AM aplicado a área de medicina diagnóstica

A medicina diagnóstica desempenha um papel crucial na prática médica, auxiliando os profissionais de saúde na identificação de doenças e condições em seus estágios iniciais, quando o tratamento é mais eficaz. Neste subcapítulo, exploraremos

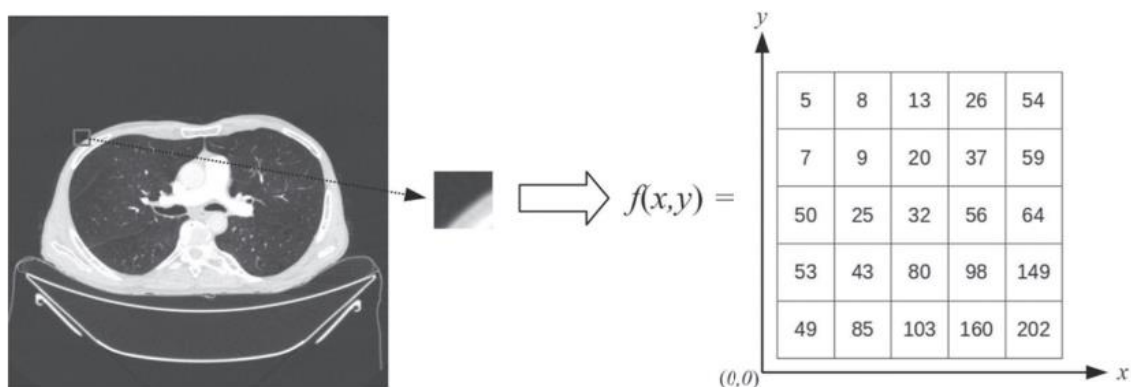
como o AM tem sido aplicado com sucesso na medicina diagnóstica, revolucionando a maneira como os diagnósticos são feitos.

#### 4.1.1 AM aplicado no diagnóstico auxiliado por computador em interpretação de imagens

De acordo com a pesquisa de Santos *et al.* (2002), o AM e a IA podem ser aplicados à área do diagnóstico, de forma a auxiliar a interpretação de imagens médicas (imagens radiológicas e tomografias computadorizadas) e assim, com apoio do computador, facilitar o trabalho do médico em seu diagnóstico. Resumidamente, o AM é responsável por fazer a captação das imagens de radiografia, e tomografia computadorizada (TC), no qual é representada por uma função  $f(x, y)$  sendo uma imagem em escala de níveis de cinza é particionada em coordenadas espaciais e pode ser representada por uma matriz.

Os índices das linhas e colunas dessa matriz identificam um ponto na imagem, conhecido como pixel. O valor de cada pixel na matriz indica o nível de cinza no ponto  $(x, y)$  (Figura 1), utilizando uma escala de valores inteiros que varia de preto (valor mais baixo) a branco (valor mais alto), incluindo tons de cinza (valores intermediários). Imagens de Tomografia Computadorizada (TC) e Ressonância Magnética (RM) podem ser adquiridas de maneira volumétrica, em forma de um conjunto de fatias paralelas e uniformemente espaçadas, onde cada ponto da imagem representa um voxel. A "altura" do voxel é igual à espessura da fatia. É essa matriz de valores numéricos que representa a imagem e com a qual as ferramentas de processamento e análise trabalham.

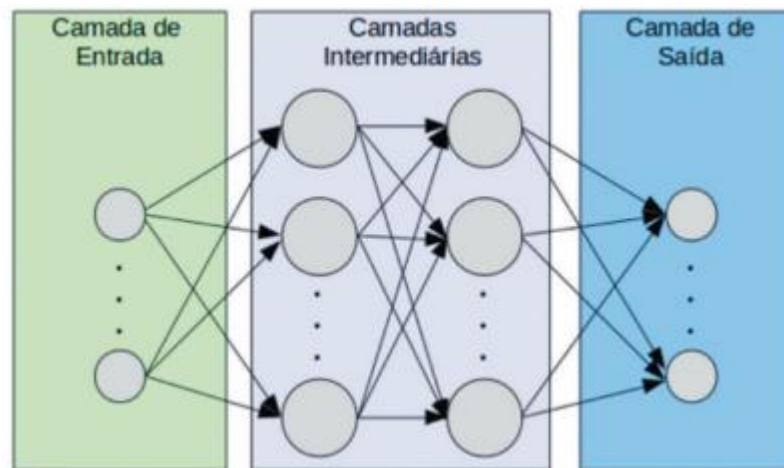
Figura 1 - Representação da função (matriz) de uma imagem médica digital



Fonte: Santos *et al.* (2002, p. 389)

Classificar uma imagem significa, em geral, atribuir-lhe uma categoria pré-determinada, como normal ou patológica. No caso, uma das áreas mais conhecidas e estudadas no quesito de classificação de imagens médicas é o AM, mais especificamente se utiliza as RNAs para a classificação das imagens. O algoritmo de RNA mais conhecido é o MLP, no qual, tradicionalmente a rede possui uma camada de entrada (cujos neurônios correspondem aos atributos da imagem), uma camada de saída (cujos neurônios correspondem às classes/desfechos) e um conjunto de camadas ocultas intermediárias (cujos neurônios correspondem aos pontos de ajuste das funções de ativação) (Figura 2).

Figura 2 - Arquitetura de uma RNA de multicamadas.



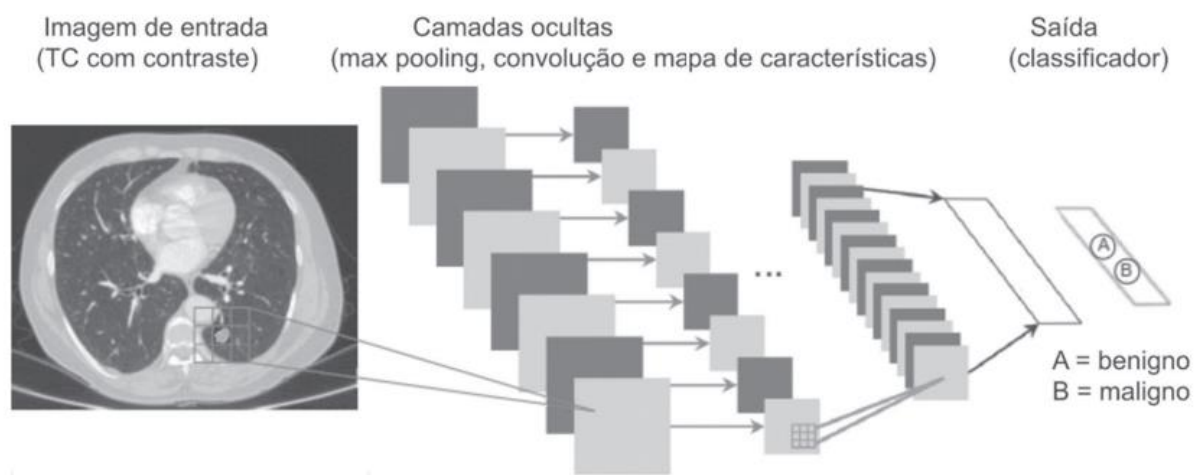
Fonte: Santos *et al.* (2002, p. 391)

Os métodos convencionais de aprendizado de máquina têm suas limitações no processamento de dados, principalmente devido à exigência de segmentação e à necessidade de construir extratores de atributos para representar imagens e alimentar os classificadores. Como resposta a essas limitações, os pesquisadores começaram a desenvolver algoritmos que incorporaram os processos de extração de atributos e classificação de imagens diretamente dentro das redes neurais, resultando no que é conhecido como técnicas de aprendizado profundo. Isso significa que as técnicas de aprendizado profundo reduzem a dependência do pré-processamento ou da segmentação de dados.

Na área da medicina, o método de aprendizado profundo que alcançou maior destaque é a rede neural convolucional (RNC, do inglês convolutional neural network,

conhecida como Rede Neural Convolutacional em português. Uma RCN é composta essencialmente por três tipos de camadas: a primeira camada (convolutacional) responsável por detectar e extrair atributos; a segunda camada (pooling) que realiza a seleção e redução da quantidade de atributos; e, por fim, a terceira camada (totalmente conectada) que integra todas as características extraídas pelas camadas anteriores. Normalmente, essa camada utiliza uma rede neural do tipo MLP (Multilayer Perceptron) para efetuar a classificação final da imagem, determinando a classe com maior probabilidade de acordo com a predição (conforme ilustrado na Figura 3).

Figura 3 - Imagem de TC como entrada em uma rede neural convolutacional



Fonte: Santos *et al.* (2002, p. 392)

Dessa forma, técnicas de classificação, combinadas com Redes Neurais Artificiais (RNAs) e Redes Neurais Convolutacionais (RNC), são amplamente empregadas para realizar a classificação de tumores, distinguindo entre casos normais e patológicos. Essas abordagens são essenciais na medicina, pois permitem uma análise eficiente e precisa de imagens médicas, auxiliando os profissionais de saúde no diagnóstico precoce e no tratamento adequado de condições de saúde.

#### 4.1.2 AM aplicado no diagnóstico de tumores do ângulo ponto-cerebelar

Segundo a pesquisa de Leitão *et al.* (2000), o AM também pode ser aplicado à área de diagnóstico de tumores, mais especificamente no ângulo ponto-cerebelar. No diagnóstico de tumores do ângulo ponto-cerebelar (APC) e de distúrbios otorrinolaringológicos é inábil de firmar diagnóstico de tumor do APC, sem utilizar-se de exames radiológicos de alto custo, no entanto, com a utilização de técnicas de inteligência artificial obteve-se bom nível de acerto no teste de novos casos, se



considerando apenas o exame clínico e sem o auxílio de exames radiológicos, contudo, informações sobre patologias do sistema nervoso crescem nos bancos de dados dos hospitais em toda parte, assim dispositivos computacionais estão sendo desenvolvidos para atenuar essa situação.

O objetivo do estudo se baseia na obtenção de modelo de diagnóstico que seja capaz de diferenciar casos de tumores do APC dos casos de otorrinolaringologia (ORL), usando métodos indutivos de IA. Para alcançar o objetivo estabelecido, são considerados casos pré-diagnosticados tanto pelos serviços de neurocirurgia quanto pela clínica de ORL. Os dados utilizados neste estudo foram obtidos de três fontes diferentes: o serviço do Prof. Madjid Samii em Hannover, Alemanha; o Instituto de Neurocirurgia de Fortaleza; e a Clínica do Prof. Sebastião Diógenes. O conjunto de dados compreende um total de 750 casos, sendo 275 relacionados a tumores do APC (TAPC) e 475 representando relatórios de distúrbios otorrinolaringológicos (DORL) com sintomas semelhantes aos casos de TAPC. A idade média dos pacientes é de 50,49 anos, com 292 pacientes do sexo masculino, 454 pacientes do sexo feminino e 4 casos em que o sexo não foi registrado (Leitão *et al.*, 2000).

As variáveis que descrevem a casuística são apresentadas por meio de uma tabela (Tabela 1). A coluna à esquerda associa as variáveis com seus respectivos valores, enquanto a coluna à direita fornece as siglas e códigos usados como entradas no banco de dados. As variáveis que podem ser categorizadas como 'presença' ou 'ausência' foram coletadas da seguinte maneira: nos registros médicos dos pacientes, a confirmação de um determinado sinal ou sintoma é registrada como 'presença', enquanto a falta de menção indica 'ausência'. É importante destacar que nenhuma das variáveis descritas depende de resultados de exames adicionais (Leitão *et al.*, 2000).

Tabela 1 - Variáveis que representam um caso e sua representação no banco de dados

Variáveis	Representação
1. Idade [em anos]	ID [idade]
2. Sexo [Feminino,Masculino]	SX[F,M]
3. Início da queixa [em meses]	IQ[meses]
4. Zumbido, acúfenus, tinitus [Presença, Ausência]	Z8[P,A]

5. Perda dos sentidos, lipotímia [Presença, Ausência]	CO[P,A]
6. Dor (ou anestesia) nos 2/3 anteriores da língua, dente ou córnea [Presença, Ausência]	D5[P,A]
7. Dor (ou anestesia) no 1/3 posterior da língua [Presença, Ausência]	DV[P,A]
8. Dor (ou anestesia) na face [Presença, Ausência]	DF[P,A]
9. Diminuição da audição(hipoacusia, anacusia) [Presença, Ausência]	D8[P,A]
10. Dificuldade de deglutição [Presença, Ausência]	DD[P,A]
11. Emese [Presença, Ausência]	EM[P,A]
12. Ataxia, vertigo, Romberg, Fournier [Presença, Ausência]	EQ[P,A]
13. Cefaléia [Presença, Ausência]	CE[P,A]
14. Diplopia [Presença, Ausência]	D6[P,A]
15. Paresia [Presença, Ausência]	PA[P,A]
16. Tontura [Presença, Ausência]	TO[P,A]
17. Sensibilidade gustativa diminuição nos 2/3 anteriores [Presença, Ausência]	SF[P,A]
18. Sensibilidade gustativa diminuição no 1/3 posterior [Presença, Ausência]	S9[P,A]
19. Disartria [Presença, Ausência]	DI[P,A]
20. Nistagmus [Presença, Ausência]	NI[P,A]
21. Outros nervos [Presença, Ausência]	OU[P,A]
22. DIAGNÓSTICO [TAPC,DORL]	D[TAPC,DORL]

Fonte: Leitão *et al.* (2000)

Dado um conjunto de casos conhecidos com diagnóstico confirmado, o objetivo é criar um modelo (classificador) com base nesses casos por meio de AM. O modelo resultante deve ter a capacidade de diagnosticar corretamente não apenas os casos usados para sua construção, mas também casos desconhecidos (Leitão *et al.*, 2000).

O método empregado no estudo envolve o uso do aprendizado automático de árvores de decisão com complexidade limitada. Esse método é conhecido como

Árvores de Classificação e Regressão ou CART ('*Classification and Regression Trees*') e foi proposto por Breiman *et al.*, *apud* Leitão *et al.* (2000). A escolha do CART foi motivada pela sua eficiência em lidar com o desafio de criar modelos representados por árvores de decisão com complexidade restrita. Além disso, tanto o CART como outros métodos que se baseiam em árvores de decisão têm demonstrado sucesso na criação de modelos de diagnóstico na área da medicina (Leitão *et al.*, 2000).

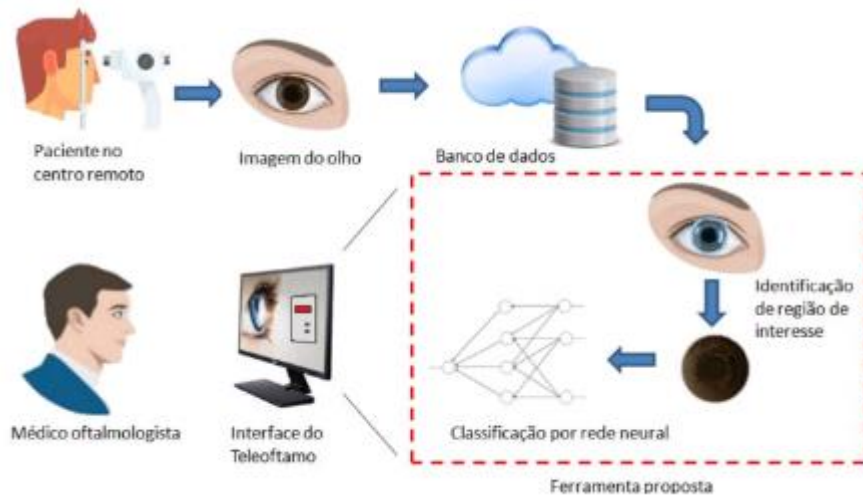
No início, o algoritmo CART cria uma árvore de decisão de tamanho máximo com base nos dados da casuística, em que cada caminho da raiz a uma folha representa um caso individual. Posteriormente, é realizada uma poda, que resulta em uma série de árvores progressivamente menores. Por fim, a seleção da melhor árvore é feita por meio de métodos estatísticos (Leitão *et al.*, 2000).

De acordo com os achados de Leitão *et al.* (2000), entre os 121 casos com parestesia, o modelo de diagnóstico acertou 117 diagnósticos. Considerando o conjunto completo de casos (750), o modelo obteve uma taxa de acertos de 88,4%, diagnosticando corretamente 663 casos, o que demonstra uma precisão significativa.

#### 4.1.3 AM aplicado para apoio na identificação de catarata

Estudos feitos por Berni (2021), mostram resultados significativos de técnicas de AM aplicadas no apoio na identificação de catarata. O estudo se resume em utilizar técnicas de inteligência artificial para processar imagens oftalmológicas provenientes de exames de retroiluminação, com o objetivo final de desenvolver uma ferramenta que possa auxiliar no diagnóstico da catarata, possibilitando uma classificação automática entre pacientes com visão normal e aqueles com catarata. Para alcançar um alto grau de precisão, a utilização de redes neurais profundas requer um treinamento com um grande número de imagens, geralmente na ordem de dezenas a centenas de milhares de amostras, o que resulta em uma demanda significativa de tempo e recursos computacionais (Figura 4), o autor deixa claro que, para reduzir o tempo de treinamento pode ser usada uma RNC.

Figura 4 - Diagrama da solução proposta pelo projeto.



Fonte: Husemann (2019) *apud* Berni (2021, p. 12)

O banco de dados adquirido para o seguinte projeto é feito em formato DICOM, esse formato segue padrões internacionais que estabelecem um conjunto de normas para a comunicação e armazenamento de informações médicas em formato eletrônico, proporcionando uma estrutura uniforme baseada em um protocolo (Berni, 2021).

O processo de captura de imagens oftalmológicas, incluem as imagens de exames oftalmológicos de 2 tipos: retinografia e biomicroscopia, no processo de realização do exame, o paciente captura as imagens utilizando os equipamentos disponíveis, e o técnico do ponto de atendimento envia essas imagens ao oftalmologista para a elaboração do laudo. Na construção do banco de imagens, prioriza-se as imagens com pupila dilatada, uma vez que estas possibilitam uma visualização mais abrangente da área do cristalino do olho, tornando-as mais relevantes para a detecção de catarata. As imagens são adquiridas em um retinógrafo e enviadas para um servidor no formato DICOM (Berni, 2021).

Uma questão importante é que as imagens não são vinculadas diretamente aos laudos médicos e não possuem indexação direta. Para resolver esse problema, foi criado um código em Python para extrair as imagens com base em critérios como nome do paciente, data de nascimento, ângulo da foto, flash e foco. As imagens extraídas são convertidas para o formato PNG, permitindo compactação com pouca perda de resolução e anonimização para proteger a identificação do paciente. Esse processo visa conectar as imagens aos laudos médicos (Berni, 2021).

Após a estruturação do banco de dados, é iniciado o treinamento das redes neurais para a identificação da catarata. No contexto deste experimento, o foco principal é determinar a taxa de acertos mais otimizada que pode ser alcançada por meio de uma RNC ao analisar exclusivamente as imagens de exames de retro iluminação. Ao implementar um projeto de IA baseado em redes neurais, é necessário dividir o banco de dados em três grupos distintos: treinamento, validação e teste (Berni, 2021).

O grupo de treinamento é aquele que será apresentado iterativamente à rede neural, permitindo o ajuste de seus coeficientes internos da maneira mais apropriada para que possa reproduzir com precisão os diagnósticos fornecidos. O grupo de validação desempenha o papel de verificar, em cada iteração de treinamento, se a rede está se agrupando eficazmente, através da avaliação dos diagnósticos das imagens de validação. Após a conclusão de várias iterações de treinamento e validação, conhecidas como épocas, a rede é considerada pronta para uso como um modelo (Berni, 2021).

Os resultados obtidos com imagens de retro iluminação atingiram uma taxa de precisão de 88,5% para a melhor rede neural que empregou imagens da pupila e 86,5% para aquela que usou imagens do olho inteiro. Esses resultados foram obtidos a partir de um banco de dados composto por 2040 imagens, das quais 200 foram destinadas ao teste. Importante notar que todos os melhores desempenhos foram alcançados ao empregar redes pré-treinadas, nas quais as camadas superiores foram substituídas e treinadas, enquanto os pesos das demais camadas da rede permaneceram congelados (Berni, 2021).

#### 4.1.4 AM aplicado no diagnóstico em ortodontia

Segundo o trabalho de Silva (2021), o AM pode ser aplicado em ortodontia e considera o futuro do diagnóstico na medicina dentária. A principal aplicação da inteligência artificial na odontologia, se concentra na análise de imagens usando RNC (radiografias e fotografias). Essa abordagem é essencial para apoiar processos de diagnóstico de patologias e no desenvolvimento de planos de tratamento, abrangendo a detecção de cáries, lesões císticas, análise de relações entre estruturas anatômicas para o planejamento de intervenções cirúrgicas e, notadamente, na Ortodontia, onde

desempenha um papel crucial na identificação de pontos e em análises cefalométricas para a definição de planos de tratamento.

De acordo com You *et al.* (2020) *apud* Silva (2021) foi destacado o interesse pelo uso da inteligência artificial na detecção de placa bacteriana em dentes decíduos, com a aplicação da técnica DeepLabV3+ de RNC na análise de fotografias intraorais. É apontado para a possível utilização pelos pais ou cuidadores no monitoramento da higiene bucal das crianças, pois o modelo desenvolvido apresenta resultados aceitáveis para aplicações clínicas, mesmo ao lidar com imagens de baixa resolução.

Kim *et al.* (2019) *apud* Silva (2021) demonstraram o uso da RNC DentNet para criar um modelo capaz de detectar a perda de osso periodontal (Figura 5) com desempenho superior ao de profissionais dentistas na área. Eles utilizaram a análise de ortopantomografias e concluíram que essa ferramenta tem o potencial de reduzir o tempo e a carga de trabalho associados ao diagnóstico da periodontite.

Figura 5 - Imagem ilustrativa do trabalho de Kim e colaboradores.



Fonte: Kim *et al.* (2019) *apud* Silva (2021)

O uso da IA e AM na medicina dentária é extremamente poderoso e promissor, entretanto sofre com algumas limitações. A principal limitação da IA reside na escassez de grandes conjuntos de dados. Modelos desenvolvidos com *datasets* pequenos podem levar ao *overfitting*, no qual o modelo memoriza as imagens e características existentes, perdendo a capacidade de generalização para novos conjuntos de dados. Além disso, a qualidade das bases de dados é um fator crítico, abrangendo a qualidade real das radiografias e fotografias, o nível de detalhe das

informações relacionadas, bem como a precisão das anotações ou rótulos referentes às patologias identificadas nas imagens (Silva, 2021).

## 4.2 AM aplicado a área cirúrgica

A medicina cirúrgica desempenha um papel crucial na prática médica, proporcionando tratamentos eficazes para uma ampla gama de condições de saúde. Avanços na tecnologia e na expertise cirúrgica têm trazido transformações significativas para essa área, permitindo procedimentos cada vez mais precisos e menos invasivos. Neste subcapítulo, vamos explorar como a inovação tecnológica tem sido aplicada com êxito na medicina cirúrgica, revolucionando a maneira como as intervenções cirúrgicas são conduzidas.

### 4.2.1 AM aplicado no planejamento cirúrgico de aneurisma da aorta abdominal

Segundo pesquisas de Berti *et al.* (2002), uma das utilidades do AM na área cirúrgica é a utilização no planejamento cirúrgico de aneurisma da aorta abdominal. A atual tendência no planejamento cirúrgico de aneurismas é a ampla adoção da TC, que oferece uma localização e extensão muito mais precisas. A avaliação do aneurisma envolve a análise de múltiplos cortes bidimensionais das imagens tomográficas, onde o diagnóstico é fundamentalmente baseado no conhecimento e na experiência do especialista. Geralmente, o diagnóstico para o planejamento é feito a partir de 250 varreduras de TC do abdômen, e se tem a necessidade de obter informações detalhadas sobre a extensão do aneurisma, incluindo diâmetro, posição central e curvatura. O especialista tem que analisar uma por uma relacionando-as, o que acaba se tornando um processo exaustivo marcar as medidas de todas elas para no fim, ter um conhecimento do formato e extensão do aneurisma, e ainda assim não é possível enxergar a curvatura.

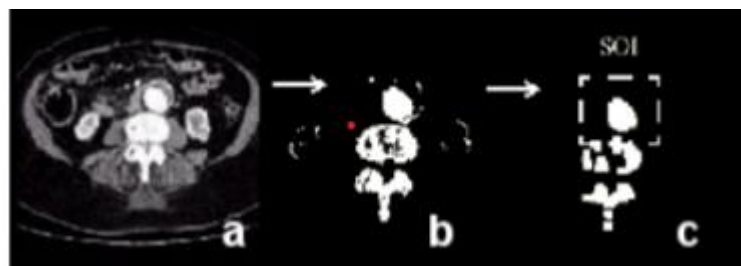
Uma solução para esse desafio envolveria a automatização do processo, usando a identificação de padrões de aneurismas e, em seguida, realizando as medidas necessárias. Berti *et al.* (2002) propõe uma resolução a partir de RNAs, pois as redes neurais são excelentes ferramentas para classificação de padrões, porém, não adianta usá-las se não tivermos os dados necessários para o aprendizado da ferramenta.

Sendo assim, o processo de segmentação ocorre antes da utilização da rede neural e desempenha um papel crucial. Pode ser executado de duas maneiras distintas: abordagem baseada em regiões e abordagem baseada em bordas. Na abordagem baseada em regiões, a segmentação se baseia na busca de informações que denota semelhança entre grupos, usando análise estatística. No entanto, essa abordagem pode resultar em uma segmentação excessivamente fragmentada. Por outro lado, na abordagem baseada em bordas, a identificação de grupos é realizada através do cálculo do gradiente dos pixels da imagem, identificando as bordas (por exemplo, usando a técnica Watershed) (Berti *et al.*, 2002).

Na proposta, são aplicadas várias técnicas para identificar aneurismas em imagens médicas. O processo é dividido em duas etapas: detecção e reconhecimento da luz da artéria e do tecido aneurismático, bem como de suas estruturas adjacentes (Berti *et al.*, 2002).

Na primeira etapa, são utilizados métodos como segmentação por limiarização, subtração e morfologia matemática para separar a artéria de outros objetos na imagem (Figura 6). Em seguida, são estabelecidas áreas de interesse para possíveis aneurismas, que são submetidas a técnicas de segmentação Watershed e ao operador *Canny* para separar a artéria de suas estruturas vizinhas. Posteriormente, essas áreas de interesse são analisadas por meio de uma rede neural *feed-forward* com regra de aprendizado do tipo *backpropagation* com a finalidade de executar testes de seleção de acordo com os parâmetros anatômicos da artéria (Figura 7) (Berti *et al.*, 2002).

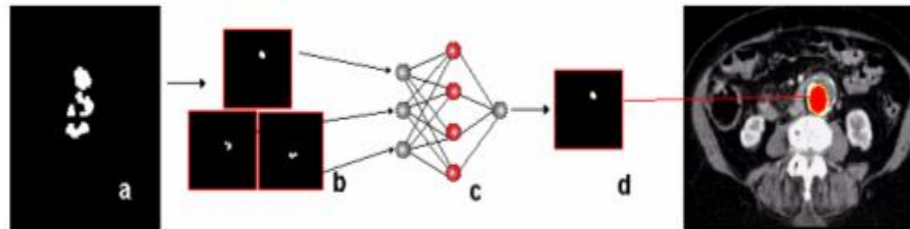
Figura 6 - Processo de segmentação inicial. a) TC original da artéria (b) segmentação limiarização (c) segmentos encontrados.



Fonte: Berti *et al.*, 2002



Figura 7 - Reconhecimento dos segmentos por meio de uma rede neural. a) segmentos gerados pelo *Watershed*; b) arquivos com os segmentos; c) reconhecimento da artéria por uma rede *backpropagation*; d) artéria reconhecida.



Fonte: Berti *et al.*, 2002

Na segunda etapa, as áreas de interesse resultantes passam por outra etapa de segmentação, conhecida como *Region Growing*, a fim de evitar a mistura de estruturas com características semelhantes com o tecido do aneurisma. Em seguida, as áreas de interesse são pré-classificadas por outra rede neural, semelhante à utilizada na primeira etapa, para identificar o que constitui o tecido aneurismático (Berti *et al.*, 2002).

Após a segmentação, um módulo verifica a consistência dos segmentos e corrige possíveis erros. Além disso, são determinados a orientação e comprimento da artéria, bem como são calculados os diâmetros dos segmentos para obter informações precisas. Em seguida, são criadas faces e um arquivo visualizável em 3D para melhor compreensão dos resultados. Este arquivo pode ser visualizado em um navegador ou software apropriado. Em resumo, esse processo automatizado auxilia na identificação e medição de aneurismas em imagens médicas de forma precisa e eficiente (Berti *et al.*, 2002).

Os resultados obtidos por Berti *et al.* (2002) são altamente encorajadores. Conforme relatado pela equipe médica envolvida, todo o processo tem produzido resultados suficientemente bons, tanto em termos de reconstrução tridimensional quanto de medições.

#### 4.2.2 AM aplicado para eleição da ventilação mecânica no pós-operatório de cirurgia cardíaca

Na maioria das situações, pacientes que passaram por cirurgia cardíaca requerem cuidados adicionais em relação à sua função respiratória. Isso geralmente

se deve ao fato de estarem sob os efeitos dos anestésicos, às implicações sistêmicas do procedimento cirúrgico e ao uso de circulação extracorpórea (CEC) durante a operação, o que muitas vezes leva à necessidade de ventilação mecânica (Schenekenberg *et al.*, 2011).

Um dos desafios do pós-operatório na cirurgia cardíaca em relação à ventilação mecânica é encontrar a modalidade e parâmetros ventilatórios corretos para o paciente, o que é baseado em diversos fatores técnicos para sua eleição e discutidos pelos especialistas. De acordo com Ambrozin e Cataneo (2005) *apud* Schenekenberg *et al.* (2011), para iniciar a ventilação do paciente na UTI, é essencial inicialmente manter os ajustes que foram aplicados no centro cirúrgico, como sugestão para configurar o ventilador, recomenda-se utilizar a modalidade assisto-controlada, manter uma fração inspirada de oxigênio ( $FiO_2$ ) entre 0,8 a 1,0, ajustar o volume corrente para ficar na faixa de 12 a 15 mL/kg, desde que a pressão inspiratória máxima não ultrapasse 35 cmH<sub>2</sub>O. Além disso, a frequência respiratória deve ser ajustada de forma a garantir um volume mínimo de 120 mL/kg, e a frequência do ventilador também deve ser configurada de acordo com as necessidades do paciente.

Com esse desafio, Schenekenberg *et al.* (2011) propôs uma solução para o auxílio da escolha da modalidade e parâmetros ventilatórios dos pacientes usando IA, mais especificamente o algoritmo de redes bayesianas (RB), cujo modelo de representação do conhecimento que trabalha com o conhecimento incerto e incompleto, por meio da Teoria da Probabilidade Bayesiana.

Na área médica, é possível aplicar uma Rede Bayesiana (RB) como uma abordagem probabilística para determinar a modalidade ventilatória mais adequada a ser utilizada em pacientes em pós-operatório. Nesse contexto, os dados clínicos do paciente atuam como nós de entrada na rede, e através de conexões representadas por arcos, esses dados estariam relacionados ao nó de saída que determinaria a modalidade ventilatória apropriada (Schenekenberg *et al.*, 2011).

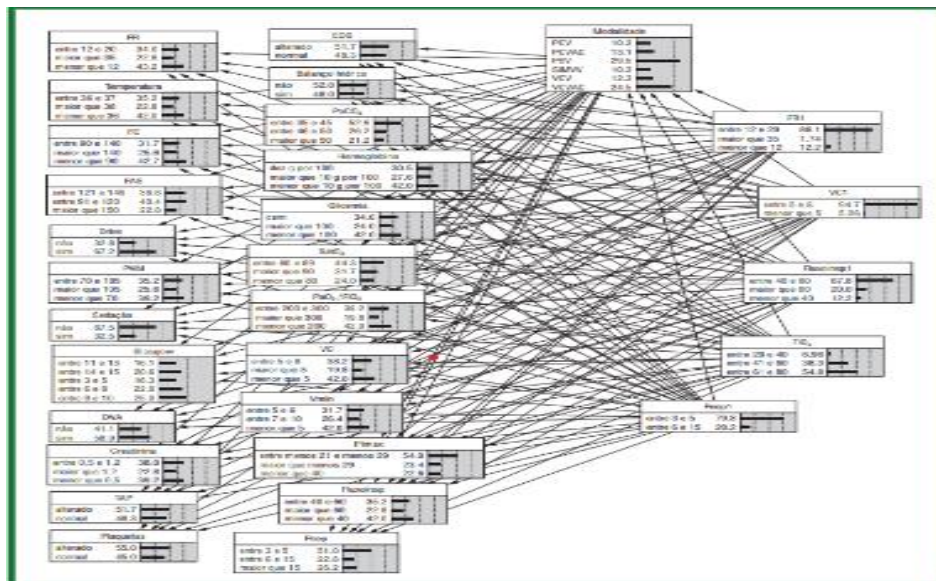
Segundo Civetta *et al.* (1992) *apud* Schenekenberg *et al.* (2011), para se obter uma RB a partir de um conjunto de dados é necessário determinar sua estrutura, graças à grande quantidade de RBs que podem ser originadas a partir de um pequeno número de dados, a aprendizagem da RB descobre os relacionamentos entre as variáveis e a força desses relacionamentos.

A parte qualitativa da RB foi desenvolvida com 30 variáveis essenciais. Essas variáveis foram categorizadas em nós de entrada e nós de saída, com um total de 24

nós de entrada e 6 nós de saída. Para simplificar a manipulação da RB, as seis variáveis relacionadas aos modos ventilatórios foram consolidadas em um único nó de saída chamado "modalidade". Isso torna a gestão da RB mais eficiente, uma vez que, uma vez que o paciente utiliza apenas um modo ventilatório, não há necessidade de criar nós separados para cada variável, como foi feito com as variáveis associadas aos parâmetros ventilatórios (Schenkenberg *et al.*, 2011).

A parte quantitativa da RB foi construída com base nos casos clínicos descritos na metodologia. A representação da parte quantitativa da RB está ilustrada na Figura 8. Por meio da parte quantitativa da RB, é possível realizar uma análise do perfil dos pacientes que passaram por cirurgia cardíaca no pós-operatório, utilizando como base os casos clínicos registrados na UTI estudada (Schenkenberg *et al.*, 2011).

Figura 8 - Representação quantitativa da rede bayesiana



Fonte: Schenkenberg *et al.*, 2011

A avaliação dos resultados demonstrou que a RB desenvolvida no estudo apresentou um desempenho satisfatório na seleção da modalidade e dos parâmetros ventilatórios. Os resultados obtidos por meio da RB mostraram uma notável concordância com as informações disponíveis na literatura, o que indica uma correspondência eficaz entre o pensamento humano e o modelo computacional (Schenkenberg *et al.*, 2011).

4.3 AM aplicado a área de tratamento de doenças crônicas, oftalmológica, odontológica, imunológica.

É do conhecimento dos médicos que o glaucoma é a principal causa de cegueira irreversível no mundo, sendo assim, o diagnóstico prévio é uma das maneiras de se conter e adiar o avanço da doença, diante desta situação, a inteligência artificial mostra-se como um instrumento preparado para diagnosticar antecipadamente os pacientes, com uma aferição precisa de sua evolução por meio da verificação automatizada de exames de imagem (Inteligência Artificial no glaucoma – uma revisão literária, 2022).

Segundo pesquisa a catarata é a principal causadora de perda de visão (cegueira) em nível mundial e atualmente os sistemas de graduação não automática de catarata possuem ainda limitações e necessitam de mais refinamento, o que deve ser suprido com o uso de utilizar redes neurais a partir de imagens no biomicroscópio ocular e no retinógrafo e um conjunto de dados clínicos obtidos a partir dos laudos das imagens obtidos por meio das técnicas de inteligência artificial (BERNI, 2021).

O progresso tecnológico acontece de maneira constante e rápida, neste contexto, a Inteligência Artificial (IA) é uma área com o fito de facilitar e agilizar o serviço dos profissionais na área da saúde criando softwares que se assemelham com a compressão humana e que, com rapidez, são qualificados de analisar, guardar e cruzar informações na odontologia, com a intenção de diminuir falhas humanas e aprimorar o serviço apoiando o cirurgião-dentista no diagnóstico (Mazzochi, 2020).

Oliveira (2023) destaca que a aplicação da inteligência artificial na predição de cirurgia ortognática ou ortodontia convencional é um suporte capaz de se tornar uma condição decisiva na deliberação de determinado ato fragilizando o conhecimento empírico de profissionais.

No entendimento de Silva (2021) a inteligência artificial na medicina dentária contribuirá com à análise de imagens com recurso a redes neuronais que cuida da radiografia e fotografia no auxílio de diagnóstico de doenças e estruturação de planos de tratamento cáries, lesões, estruturas anatômicas antes das intervenções cirúrgicas e, especialmente na Ortodontia, na identificação de pontos e nas análises cefalométricas, sendo necessário amplos centros que possuam dados de institutos e regiões para facilitar a atuação médico dentista.

Foi de grande importância o uso da inteligência artificial espacial durante a imunização contra COVID-19 para a separação conveniente dos recursos necessários, em unidades básicas de saúde do Brasil utilizando algoritmos de IA a imagens de satélite, mapeamento de espaço-temporais de casos graves de COVID-19 foram utilizados para retratar cada município do país, assim o plano nacional de vacinação necessita de estratégias inovadoras para enfrentar os desafios do país e o uso de recursos baseada em IA espacial conseguiu auxiliar na melhoria do gerenciamento dos trabalhos de resposta à COVID-19. (Rocha *et al.*, 2021).

4.4 AM aplicado a área de medicina radiológica, psiquiátrica, ortopedia, endocrinologista, nutrólogo e nutricionista:

Atualmente tanto a radiologia como o diagnóstico por imagem evoluíram bastante elevando o número de exames efetuados e impactando na necessidade de especialização por parte das disciplinas médicas e a maior acerto dos métodos, tornando uma instigação para o médico radiologista, pois os diagnósticos além de evidenciar os aspectos qualitativos passaram a oferecer dados quantitativos e de gravidade de doença, graças a sistemas computadorizados (SANTOS *et al.*, 2002).

Para Marins *et al.* (2019) os transtornos mentais e de conduta não possuem uma etiologia única, ou seja, a análise é baseada na psicopatologia e não na doença em si, sendo sua constatação sujeita a mais suscetível a equívocos em razão do número de variáveis a serem apreciadas, porém a tecnologia fornece meios para auxiliar o médico no processo de um diagnóstico mais assertivo (Inteligência Artificial na análise diagnóstica: benefícios, riscos e responsabilidade do médico, 2022).

Para Oliveira e Fernandes Junior (2023) a IA, viabilizada pelo avanço tecnológico e aprimoramento dos sistemas computadorizados permitem que os equipamentos simulem conhecimentos humanos com mais agilidade e perfeição, neste contexto, tem se revelado um dispositivo útil e eficiente na área da saúde, em especial na psiquiatria contribuindo com o prognóstico de tratamento farmacológico, desenvolvimento de capacidades sociais e análise de mudanças do sistema nervoso central sem contudo suceder a apreciação clínica.

Cruz (2018) entende que atualmente os aparelhos de exame para osteoporose possuem excessivo valor financeiro, sendo impraticável a presença destes em todos

os municípios, no entanto, com o uso da IA e de ondas eletromagnéticas podem ser desenvolvidas a baixo custo, acessível à população e não invasivo poderiam ser utilizados em qualquer município do Brasil.

A obesidade é considerada atualmente uma epidemia pela Organização Mundial da Saúde, e esta patologia está relacionada aos maus hábitos alimentares, desta forma, a inteligência artificial vem desenvolvendo modernos meios para ajudar o combate à adiposidade, como a neural artificial em Python (Gomes Filho *et al.*, 2019).

#### 4.5 AM aplicado no diagnóstico do câncer, doença neurológica e telemedicina.

No diagnóstico de tumores do ângulo ponto-cerebelar (APC) e de distúrbios otorrinolaringológicos é inábil de firmar diagnóstico de tumor do APC, sem utilizar-se de exames radiológicos de alto custo, no entanto, com a utilização de técnicas de IA obteve-se bom nível de acerto no teste de novos casos, se considerando apenas o exame clínico e sem o auxílio de exames radiológicos, contudo, informações sobre patologias do sistema nervoso crescem nos bancos de dados dos hospitais em toda parte, assim dispositivos computacionais estão sendo desenvolvidos para atenuar essa situação (Leitão *et al.*, 2000).

Nesta mesma linha de raciocínio Guerra, Simões e Rosa (2018) concluem que as tecnologias de inteligência artificial e aprendizado de máquina têm sido cada vez mais utilizadas no diagnóstico médico, em razão da habilidade de antecipar a existência ou não de doenças, assim o aprendizado de máquina tem realizado desenvolvimento de sistemas computacionais aptos para examinarem e obter clareza de forma automática, pois um algoritmo de aprendizado é preparado para reunir decisões apoiadas em soluções de questões anteriores.

Destaca Mesquita (2017) que atualmente passamos por uma transformação de padrão na vida contemporânea com a atuação de computadores e máquinas inteligentes em todos os setores da sociedade em função da presença da computação, da Inteligência Artificial e por conseguinte o aprendizado das máquinas que por meio do emprego de algoritmos, robótica, redes neuronais permitem que um software tenha características se assemelham às de um ser humano tudo obtido por meio de bancos de dados.

A Doença de Alzheimer consiste em uma doença neurodegenerativa ocasionadora de demência muitas pessoas no mundo, assim inovações têm sido desenvolvidas para o diagnóstico correto, com o emprego de técnicas de inteligência artificial, visto que exames radiológicos podem ser inconclusivos, carecendo de outras técnicas que aprimorem o acerto dos resultados garantindo um diagnóstico prévio dos pacientes e um rastreamento multidisciplinar pertinente (Silva *et al.*, 2022).

No entendimento da Revista Colombiana de Cirurgia (2023) atualmente em razão do volume de informações provenientes das redes sociais e de outros meios de comunicação sobre a inteligência artificial fez surgir um produto que é o ChatGPT, que é habilitado em diálogo, com padrão de linguagem ajustado, com técnicas de instrução supervisionada e por reforço revolucionando a comunicação com o setor industrial nos fazendo ignorar que se trata de um robô, no entanto, não adianta desconsiderar esta realidade que certamente daqui poucos anos, transformará o mundo por meio de outras funções, mudará serviços e alterará a forma de realizarmos nossos serviços.

Por fim, é interessante observar que o objetivo deste estudo é analisar o uso da IA na medicina, revisar a literatura sobre o uso da IA em diferentes áreas da medicina, incluindo diagnóstico, tratamento e prevenção; por meio de uma revisão bibliográfica, em bases de dados científicas, identificando uma variedade de aplicações da IA na medicina. Que o uso da IA na medicina tem a possibilidade de crescer significativamente a qualidade do atendimento médico, diagnosticando doenças de maneira mais precisa, otimizando novos tratamentos e esclarecendo doenças.

## 5 CONCLUSÃO

Os capítulos anteriores trouxeram, de forma pormenorizada, que a inteligência artificial tem sido cada vez mais utilizada na medicina, com o objetivo de melhorar a qualidade do atendimento ao paciente, a eficiência dos processos e a tomada de decisão. Sendo assim, a IA pode ser usada na medicina para melhorar o diagnóstico, o tratamento e a gestão dos recursos de saúde.

Durante as consultas realizadas foi reconhecido que a IA pode ser usada para identificar doenças em imagens médicas, como raios-X, tomografias computadorizadas e ressonâncias magnéticas. Sistemas de IA podem ser treinados em grandes conjuntos de dados de imagens médicas para identificar padrões que são difíceis ou impossíveis de serem detectados pelo olho humano. Isso pode levar a um diagnóstico mais rápido e preciso, o que pode melhorar o prognóstico do paciente.

Em procedimentos médicos constatamos que a IA pode ser usada para personalizar o tratamento com base nas características individuais do paciente, que sistemas de IA podem ser usados para recomendar medicamentos ou terapias com base no histórico médico do paciente, nos resultados de exames e em outros fatores, consequentemente pode levar a resultados melhores para o paciente.

No campo do gerenciamento dos recursos que envolvem os procedimentos da saúde a IA pode ser usada para otimizar a distribuição de meios, como medicamentos e equipamentos médicos; sistemas de IA podem ser usados para identificar pacientes com maior risco de complicações, o que pode levar a um melhor gerenciamento de casos.

Apesar dos benefícios da IA na medicina, existem alguns desafios que precisam ser superados, como por exemplo a gestão dos dados, pois os sistemas de IA precisam ser treinados em grandes conjuntos de dados para serem eficazes, porém, nem sempre é possível coletar grandes conjuntos de dados de alta qualidade. Outra questão está relacionada à confiabilidade, em virtude dos sistemas de IA poderem ser direcionado de modo inadequado, o que pode levar a diagnósticos ou recomendações incorretas.

Sendo assim, constatamos que a IA tem o potencial de revolucionar a medicina, e com o desenvolvimento de novas tecnologias e a superação dos desafios existentes, a IA pode tornar a medicina mais precisa, eficiente e acessível.



Considerando mudanças constantes e surgimento de outras tecnologias fica a sugestão quanto a atualização futura deste trabalho a abordagem de questões relacionadas as leis vigentes ou necessárias para resguardarem esta nova realidade, difusão destas novidades para todas as instituições, pessoas, e a viabilidade em relação ao custo de todo sistema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. M.; PADILHA, T. P. P.; OLIVEIRA, F. L.; PREVIERO, C. A. Utilização de algoritmos simbólicos para a identificação do número de caroços do fruto Pequi. **Encontro de Estudantes de Informática do Tocantins**. Palmas, 2002.

ALVES, J. A. **IMPACTOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA SOCIEDADE**. In: **ANAIS DO CONGRESSO NACIONAL UNIVERSIDADE, EAD E SOFTWARE LIVRE**, 11., 2020, Belo Horizonte. Artigo. Belo Horizonte: Ufmg, 2020. v. 2, p. 1-6.

ANDRADE, A. F.; MATOS, S. E. M.; MORAIS G. H. D.; REIS, J. R. G. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA CIRURGIA PLÁSTICA: ATRAÇÃO DE PACIENTES E APRIMORAMENTO DE TÉCNICAS CIRÚRGICAS. In: III CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR E II FEIRA DE EMPREENDEDORISMO, 2021, Patos de Minas. **V Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar**. Patos de Minas: Centro Universitário de Patos de Minas, 2021. v. 1, p. 1-7.

BARBOSA, J. L.; VIEIRA, J. P.; SANTOS, R. L.; JUNIOR, G. V.; MUNIZ M. S.; MOURA R. S. III Introdução ao Processamento de Linguagem Natural usando Python. **Escola Regional de Informática do Piauí. Livro Anais - Artigos e Minicursos**, v. 1, n. 1, p. 336-360, junho, 2017.

BATISTA, R. A.; BAGATINI, D. D. S.; FROZZA, R. Classificação Automática de Códigos NCM Utilizando o Algoritmo Naïve Bayes. **iSys - Brazilian Journal of Information Systems**, [S. l.], v. 11, n. 2, 2018.

BERNI, A. V. **Uso de Inteligência Artificial para Apoio na Identificação de Catarata**. 2021. 56 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

BERTI, C. S. **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM HOSPITAIS DO RIO GRANDE DO SUL**: proposição de um framework para criação de valor. 2021. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão e Negócios, Programa de Pós-Graduação em Gestão e Negócios, Universidade do Vale dos Sinos, Porto Alegre, 2021. Disponível em: [http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/10359/Christiano%20odos%20Santos%20Berti\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/10359/Christiano%20odos%20Santos%20Berti_.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 05 set. 2023.

BONVINI, P. J.; ABREU, R. S. Pós-processamento de padrões sequenciais na mineração de dados. **Universidade Federal Fluminense departamento ciência da computação**, Niterói, 2010.

BRAGA, A. V.; LINS, A. F.; SOARES, L.S.; FLEURY, L. G.; CARVALHO, J. C.; PRADO, R. S. Machine learning: O Uso da Inteligência Artificial na medicina. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p.16407-16413, 2019.

CARDON, A.; MÜLLER, D. N. Introdução Às Redes Neurais Artificiais. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de Informática Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação**, Porto Alegre, novembro de 1994.

CARVALHO, M. M. **O IMPACTO DO USO DAS TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS DA SOCIEDADE INFORMACIONAL NAS RELAÇÕES DE TRABALHO: CONFORMAÇÃO DA REGULAÇÃO NORMATIVA SOBRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL AO VALOR SOCIAL DO TRABALHO**. 2021. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Área de Concentração em Direito Econômico, Programa de Pós-Graduação em Ciências Jurídicas, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2021.

CRUZ, A. S. **Osseus - Método baseado em inteligência artificial e ondas eletromagnéticas para o diagnóstico auxiliar de doenças osteometabólicas**. 2018. 122 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação da Ufrn, Engenharia de Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Cap. 1.

FIGUEIRA, C. V. Modelos de regressão logística. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Matemática. Programa de Pós-Graduação em Matemática**, março, 2006.

FIGUEIREDO, G. M.; TONIDANDEL, F. Métodos para extração de padrões sequenciais de comportamento em casas inteligentes. **XIII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente Porto Alegre**, RS, outubro de 2017.

FLECK, L.; TAVARES, M. H. F.; EYNG, E.; HELMANN, A. C.; ANDRADE, M. A. M. Redes Neurais Artificiais: princípios básicos. **Revista Eletrônica Científica**, 2016.

FURTADO, D. A. Mineração de padrões sequenciais múltiplos. **Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de computação. Programa de pós-graduação em Ciência da Computação**, junho de 2005.

GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. Deep Learning. **MIT Press**. 2016.

GOMES FILHO, E. A.; SILVA, M. A.; CAMPELLO, L. C.; RAMOS, R. A.; LEAL, B. G. **Uso de inteligência artificial para auxiliar o combate à obesidade: Estudo de caso em Python**. Petrolina: Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2019. 7 p. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~brauliro.leal/pesquisa/Gomes-2.pdf>. Acesso em: 13 out. 2023.

GUERRA, J. M.; SIMÕES, J. D. S.; ROSA, R. R. **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E ANÁLISE DE PADRÕES GRADIENTES PARA A CLASSIFICAÇÃO DE BATIMENTOS CARDÍACOS**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2018. p 4 .

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, DEFINIÇÕES E APLICAÇÕES**. Taquaritinga: Fatec, v. 17, n. 1, 04 ago. 2020. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/782>. Acesso em: 05 set. 2023.

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ANÁLISE DIAGNÓSTICA: BENEFÍCIOS, RISCOS E RESPONSABILIDADE DO MÉDICO**. São Paulo: Revista Themis, 9 jul. 2022.

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO GLAUCOMA – UMA REVISÃO LITERÁRIA**. Belo Horizonte: Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, v. 32, n. 1, 31 mar. 2022. Contínua.

LADEIRA, M.; VICARI, R. M.; COELHO, H. Redes bayesianas multiagentes. **Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**, XIX. 1999.

LAMPERT, J. B. **TENDÊNCIAS DE MUDANÇAS NA FORMAÇÃO MÉDICA NO BRASIL**. 2002. 238 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Osvaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: [https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/4369/ve\\_Jadete\\_Barbosa\\_ENSP\\_2002?sequence=2&isAllowed=y](https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/4369/ve_Jadete_Barbosa_ENSP_2002?sequence=2&isAllowed=y). Acesso em: 26 set. 2023.

LECCHI, T. V.; ALMEIDA, G. M.; VIVACQUA, R. P. D. Algoritmo de Deep Learning Baseado na Rede Neural YOLOv5 para Classificação Dermatoscópica e Detecção de Câncer (Melanoma). **Revista Concilium**, Vol. 22, Nº 7, 2022.

LEITÃO, F.; GOMES, F. C.; DIÓGENES, S.; FILHO, F. L. **Diagnóstico de tumores do ângulo ponto-cerebelar com o auxílio de técnicas de inteligência artificial**. Ceará: Universidade Federal Ceará, 2000. 7 p.

LIBRELOTTO, S. R.; MOZZAQUATRO, P. M. Análise dos algoritmos de mineração j48 e apriori aplicados na detecção de indicadores da qualidade de vida e saúde. **RevInt - Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão**, vol. 1, nº 1, 2013.

LINDEN, R. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, n. 4 (2009) pp. 18-36.

LORENZETT, C. D. C.; TELÖCKEN, A. V. Estudo Comparativo entre os algoritmos de Mineração de Dados Random Forest e J48 na tomada de decisão. **Curso de Ciência da Computação - Universidade De Cruz Alta (UNICRUZ)**, Maio, 2016.

LUDERMIR, T. B. Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: estado atual e tendências. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 35, n. 101, 2021.

MACHADO, M. A. D. **TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E MÉTODOS COMPUTACIONAIS PARA GERENCIAMENTO, OTIMIZAÇÃO E MEDICINA DE PRECISÃO EM DEPARTAMENTOS DE IMAGENS MÉDICAS**. 2023. 111 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Medicina e Saúde, Programa de Pós-Graduação em Medicina e Saúde, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2023.

MARINS, M. P.; FISCHER, P.; BETTEGA, R. L.; FELIX, L. O.; RAUPP, I. T.; LASTE, P. R. **USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA PREVENÇÃO E DIAGNÓSTICO DE DISTÚRBIOS MENTAIS**. 6. ed. Ijuí/Rs: Instituto Academic Ltda, 2019. 2 p.

MARQUES, R. L.; DUTRA, I. Redes Bayesianas: o que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações. **Coppe Sistemas–Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro**, Brasil, 2002.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; OLIVEIRA, S. R. de M.; MEIRA, C. A. A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, E. L. Agricultura Digital pesquisa,

desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. **Embrapa Agricultura Digital**, cap 6, 2020.

MAZZOCHI, A. C. D. **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UM CONCEITO FUTURISTA NO DIAGNÓSTICO ODONTOLÓGICO**. 2020. 32 f. Monografia (Especialização) - Curso de Odontologia, Centro Universitário Uniguairacá de Guarapuava, Guarapuava, 2020.

McCULLOCH, W.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. **Bulletin of Mathematical Biophysics**, v.5, p.115-133, 1943.

MESQUITA, C. T. **Inteligência Artificial e Machine Learning em Cardiologia – Uma Mudança de Paradigma**. 8. ed. Niterói: Jornal Internacional de Ciência Cardiovascular, 2017. 2 p. Disponível em: *Inteligência Artificial e Machine Learning em Cardiologia – Uma Mudança de Paradigma*. Acesso em: 16 out. 2023.

MITCHELL, T. *Machine Learning*. S. I.: McGraw Hill, 1997.

OLIVEIRA, L. M.; FERNANDES JUNIOR, L. C. C. APLICABILIDADE DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PSIQUIATRIA: UMA REVISÃO DE ENSAIOS CLÍNICOS. **Debates em Psiquiatria**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 1-12, 4 jun. 2023. Trimestral.

OLIVEIRA, P. H. J. **Aplicação da inteligência artificial na predição de cirurgia ortognática ou ortodontia convencional**. 2023. 23 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Odontologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Odontologia de Araraquara, Araraquara, 2023. Cap. 1. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/088efd3c-4d05-4242-b88f-0a8c3d76a290/content>. Acesso em: 17 out. 2023.

PAIVA, O. M.; PREVEDELLO, L. M. O potencial impacto da inteligência artificial na radiologia. **Radiol Bras**, 50(5):V–VI, 2017 Set/Out

QUINLAN, J. R. C4.5: Programs for machine learning. **Morgan Kaufmann Publishers Inc, San Francisco**, CA, USA, 1993.

RAUBER, T. W. *Redes Neurais Artificiais*. **Departamento de Informática Universidade Federal do Espírito Santo**, 2005.

**REVISTA COLOMBIANA DE CIRURGIA.** Medellin: Universidade de Antioquia, v. 38, n. 2, 3 fev. 2023. Trimestral. Disponível em: <https://www.revistacirurgia.org/index.php/cirurgia/article/view/2341/1895>. Acesso em: 17 out. 2023.

**REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO EM SAÚDE.** São Paulo: Associação Brasileira de Medicina Preventiva e Administração em Saúde, v. 23, n. 91, 01 abr. 2023. Anual. Disponível em: <https://www.cqh.org.br/ojs-2.4.8/index.php/ras/article/view/134/165>. Acesso em: 15 set. 2023.

**REVISTA JURÍDICA LUSO-BRASILEIRA.** Rio de Janeiro: Cidp, v. 9, n. 1, 04 ago. 2023. Disponível em: [https://www.cidp.pt/revistas/rjlb/2023/1/2023\\_01\\_0465\\_0487.pdf](https://www.cidp.pt/revistas/rjlb/2023/1/2023_01_0465_0487.pdf). Acesso em: 09 set. 2023.

ROCHA, T. A. H.; BOITRAGO, G. M.; MÔNICA, R. B.; ALMEIDA, D. G.; SILVA, N. C.; SILVA, D. M.; TERABE, S. H.; STATON, C.; FACCHINI, L. A.; VISSOCI, J. R. N. Plano nacional de vacinação contra a COVID-19: uso de inteligência artificial espacial para superação de desafios. **Associação Brasileira de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 1-14, 14 fev. 2021. Mensal.

ROMÃO, W.; NIEDERAUER, C. A. P.; MARTINS, A.; TCHOLAKIAN, A.; PACHECO, R. C. S.; BARCIA, R. M. Extração de regras de associação em C&T: O algoritmo Apriori. **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - PPGEPP, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Encontro Nacional em Engenharia de Produção**, 1999.

ROZA, B. E.; PEGORARO, M. A. G. Classificador De Phishing Utilizando Algoritmo de Naive Bayes. **Faculdade de Tecnologia de Americana "Ministro Ralph Biasi", Curso Superior de Tecnologia em Segurança da Informação**, Americana, SP, 2020

SANTOS, M. K.; JUNIOR, J. R. F.; WADA, D. T.; TENÓRIO, A. P. M.; NOGUEIRA-BARBOSA, M. H.; MARQUES, P. M. A. Inteligência artificial, aprendizado de máquina, diagnóstico auxiliado por computador e radiômica: avanços da imagem rumo à medicina de precisão. **Revista "Radiologia Brasileira" Indexada na Scielo**, São Paulo, v. 2, n. 35, p. 1-10, 02 jul. 2002. Bimestral. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rb/a/9yX6w83KDDT33m6G9ddCqBn/?format=pdf&lang=pt>.  
Acesso em: 02 out. 2023.

SILVA, G.; MEDEIROS, A.; SABINO, B.; BRITTO, C.; MELO, H. J. F. **Uso da inteligência artificial na ressonância magnética para o diagnóstico da doença de Alzheimer: um artigo de revisão**. São Paulo: Centro Universitário São Camilo, 2022. 7 p. Disponível em: <https://icesp1.websiteseuro.com/revistas/index.php/RBPeCS/article/viewFile/1505/1747>. Acesso em: 16 out. 2023.

SILVA, P. M. R. **Inteligência Artificial em Medicina Dentária: o Futuro do Diagnóstico em Ortodontia**. 2021. 38 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Integrado em Medicina Dentária, Medicina Dentária, Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, Porto, 2021. Cap. 1. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/137428/2/512474.pdf>. Acesso em: 02 out. 2023.

SILVA, R. Inteligência Artificial. **Enciclopédia da Conscienciologia**, 2013

SILVEIRA, G.; BENNETT, B. Machine Learning: Introdução à classificação. **Editora Casa do Código**, 2017.

SOARES, F. C.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; RUSSI, J. L. Predição da produtividade da cultura do milho utilizando rede neural artificial. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.45, n.11, p.1987-1993, nov, 2015.

SOMBRA, T. R.; NUNES, M. P. M.; SERRÃO, G. X.; ARAÚJO, J. C.; SOUSA, M. A. P.; MORAIS, E. C.; DAHER, L. C. C.; SILVA, A. G. M. Utilização de redes bayesianas através do algoritmo naïve bayes para classificação de carcaças de ovinos. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n. 3, março, 2020.

VASCONCELOS, L. M. R.; CARVALHO, C. L. Aplicação de Regras de Associação para Mineração de Dados na Web. **Instituto de Informática Universidade Federal de Goiás**, novembro, 2004.