

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIGUAIACÁ  
GRADUAÇÃO DE ODONTOLOGIA**

**ANA CAROLINE DEBASTIANI MAZZOCHI**

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UM CONCEITO FUTURISTA NO  
DIAGNÓSTICO ODONTOLÓGICO**

**GUARAPUAVA  
2020**

ANA CAROLINE DEBASTIANI MAZZOCHI

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UM CONCEITO FUTURISTA NO  
DIAGNÓSTICO ODONTOLÓGICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como pré-requisito para obtenção do título de  
Cirurgião-Dentista no Centro Universitário  
Uniguairacá de Guarapuava.

Prof. Orientadora: Me. Ana Paula Prestes  
Virmond Traiano.

GUARAPUAVA

2020

## AGRADECIMENTOS

À minha querida avó Lidia (*in memoriam*), que não pôde estar ao meu lado neste momento tão importante, mas que sempre torceu muito por mim. Quero agradecer à minha mãe Leni, ela não mediu esforços para lutar por minha educação, essa vitória é nossa!

Agradeço à minha professora orientadora Ana Paula, pelo afinho dedicado ao meu projeto e por ter acreditado nessa ideia, enquanto a inteligência artificial é tão pouco abordada na odontologia.

A todos os meus professores da faculdade, pessoas essenciais na minha trajetória acadêmica, em especial a professora Kelly, por toda dedicação e paciência. À minha prima-irmã Camila e aos meus amigos, Bianca, Carolina, Lucas e Matheus que estiveram presentes em todos os momentos da minha formação.

MAZZOCHI, A.C **Inteligência Artificial: um Conceito Futurista no Diagnóstico Odontológico.** [Trabalho de Conclusão de Curso]. Guarapuava: Uniguairacá; 2020.

## RESUMO

A evolução tecnológica ocorre de modo contínuo e acelerado. A Inteligência Artificial (IA) é uma área da Tecnologia da Informação com o objetivo de facilitar e agilizar o trabalho dos profissionais. A área da saúde é uma das que mais tem se beneficiado com esse avanço. A IA possibilita a criação softwares que se assemelham com o pensamento humano e que, em tempo recorde, são capazes de analisar, guardar e cruzar informações. Cada vez mais observa-se o aumento da necessidade de diagnósticos rápidos na odontologia, com objetivo de reduzir falhas humanas e otimizar o tempo de trabalho. A Inteligência Artificial auxilia nesse processo cotidiano, como por exemplo, o desenvolvimento de programas de diagnóstico odontológico e apoio à decisão clínica. O objetivo dessa ferramenta não é substituir o cirurgião-dentista e sim, apoiá-lo no diagnóstico. Esse estudo baseia-se na coleta e reunião de informações apresentadas em forma de revisão de literatura, e serve como base para futuros estudos e atualização dos profissionais da área.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial; Redes Neurais; Diagnóstico; Proteção de Dados.

MAZZOCHI, A.C. **Artificial Inteligente: A Futurística Concepto in Dental Diagnoses.** [Final Paper]. Guarapuava, Uniguairacá; 2020.

### **ABSTRACT**

Technological evolution occurs continuously and accelerated. The Artificial Intelligence (AI) is a field of Information Technology that aims to simplify and hurry the professionals' work. The health area is one of those that benefits the most from this improvement. The AI allows the software's creation that assembles the human thought and, in record time, can analyze, store and cross information. There is an increase in the need of rapid diagnosis in odontology, with the goal to reduce human failures and optimize the working time. The Artificial Intelligence helps on this daily process, such as, the development of odontology diagnosis programs and clinical decision support. This tool's goal is not to substitute the dental surgeon, but to aid him on the diagnosis. This study stands on the collection and gathering of information's showed in form of literature review and serves as basis for future studies and updating professionals of the field.

**Keywords:** Artificial Intelligence; Neural Network; Diagnoses; Data Protection.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	-	Algoritmos mais utilizados no diagnóstico	22
Figura 2	-	Algoritmos mais utilizados no planejamento	23
Figura 3	-	Amostras utilizadas nos estudos	24

## **LISTA DE SIGLAS**

CLE - Endomicroscopia Confocal a Laser

CNN - Rede Neural Convolutacional

IA - Inteligência Artificial

LGPD - Lei Geral de Proteção de Dados

MLP - Multilayer Perceptron

OMS - Organização Mundial da Saúde

PACS - Sistema de Arquivamento e Comunicação

RNA - Redes Neurais Artificiais

SVM - Máquina de vetores de suporte

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
<b>2</b>	<b>PROPOSIÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UM BREVE HISTÓRICO.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>CONCEITOS BÁSICOS.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3</b>	<b>PROTEÇÃO DE DADOS DOS PACIENTES.....</b>	<b>14</b>
<b>3.4</b>	<b>APLICAÇÕES NA ÁREA DA SAÚDE E NA ODONTOLOGIA</b>	<b>14</b>
<b>3.5</b>	<b>INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIAGNÓSTICO.....</b>	<b>15</b>
<b>3.6</b>	<b>INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PLANEJAMENTO</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>24</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>29</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O termo Inteligência Artificial originou-se na Conferência de Dartmouth nos Estados Unidos, em 1956, contando com o pesquisador John McCarthy. A princípio, a intenção era que o termo envolvesse diversas áreas, por exemplo: cibernética, investigação de operações, ciências da computação e lógica (RANGEL, *et al.*, 2015). O principal objetivo da Inteligência Artificial é fazer com que os sistemas computacionais possam processar as informações e tomar decisões similares ao pensamento humano, a fim de se obter a capacidade de aprender, perceber, deliberar e decidir de forma racional e inteligente a respeito de um problema específico (LU, *et al.*, 2018; JACKSON, 2019).

Baliga (2020) relatou que o uso da IA e dos sistemas de aprendizado de máquina está aumentando em todas as fronteiras, por exemplo, na área da saúde, economia, matemática, neurociência, engenharia e ciência da computação. Na odontologia, ao longo dos anos, a IA mudou a forma como a mesma é praticada, com diagnósticos baseados em computadores e aplicações radiológicas, ganhando um impulso enorme.

Com relação à radiologia, Santos (2019) destaca que a área está passando por importantes atualizações com as revoluções tecnológicas que acontecem no mundo: primeiro, com a digitalização dos ambientes radiológicos; depois, com a evolução das técnicas de visão computacional e inteligência artificial no desenvolvimento de sistemas de auxílio no diagnóstico; e mais recentemente, com o amadurecimento dos modelos computacionais de suporte a decisões clínicas e predição prognóstica.

Além, disso, os recentes avanços em tecnologia computacional, aprendizado de máquina e Inteligência Artificial permitiram a avaliação automatizada de imagens médicas para gerar diagnóstico e prognóstico (HAIDER, 2020). Esses avanços têm uma profunda influência na maneira como são feitos os diagnósticos dos pacientes e o planejamento do tratamento (ALLAREDDY, 2019).

Diante deste exposto, o propósito desse trabalho é reunir informações para responder a seguinte pergunta: “De que forma a Inteligência Artificial pode ajudar no diagnóstico e no planejamento dentro da odontologia?”.

## **2. PROPOSIÇÃO**

O propósito do presente estudo foi realizar uma revisão de literatura e evidenciar as contribuições da Inteligência Artificial nos diagnósticos odontológicos, bem como, as formas como pode tornar possíveis a otimização do tempo de trabalho do cirurgião-dentista e a redução das falhas humanas. O trabalho destaca ainda, as diferentes áreas da odontologia em que a IA pode ser aplicada.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UM BREVE HISTÓRICO

A partir do trabalho de pesquisa de Alan Turing - o termo “Inteligência Artificial” emergiu oficialmente na Conferência de Dartmouth em 1956 (BOULETREAU, 2019; LIMA, 2018). O principal objetivo do trabalho foi um computador ser interrogado por uma pessoa, sem que esta estivesse vendo que estava “conversando” com um computador ou não. O computador passaria no teste se a pessoa não conseguisse identificar se estava falando com um computador ou com outro ser humano (GESSINGER, 2019).

Contudo, um dos marcos mais emblemáticos para a área foi o projeto “IBM DeepBlue”, um software que derrotou o campeão mundial de xadrez, Gary Kasparov em 1997. Outro projeto importante com autoria da Google, foi o Google-Alphago, que permitiu que uma máquina com inteligência artificial vencesse o campeão mundial de Go 2017, um jogo chinês (BOULETREAU, 2019). Após a partida o jogador exclamou: “Não é uma jogada humana. Eu nunca vi um humano fazer este movimento” (SAMEK; WIEGAND; MÜLLER, 2017).

De acordo com Neto (2020), nas últimas décadas, inúmeras aplicações na área da saúde tiveram grandes avanços científicos por meio de técnicas e tecnologias cada vez mais recentes e sofisticadas. Isso contribui em larga escala para a solução de problemas e gera melhores condições de trabalho para os profissionais da área, logo, maior qualidade de vida para os pacientes.

No campo da medicina, aplicações muito promissoras de inteligência artificial surgiram, por exemplo as Redes Neurais Convolucionais (CNN) treinadas com grandes conjuntos de dados rotulados, que se mostraram superiores aos médicos quanto a capacidade de reconhecimento de imagem. Isso porque as máquinas podem correlacionar centenas de milhares de casos clínicos armazenados em seu sistema. Isso excede, de longe, o nível clínico de experiência humana, até mesmo dos melhores especialistas em qualquer área (BOULETREAU, 2019).

#### 3.2 CONCEITOS BÁSICOS

A Inteligência Artificial pode ser classificada sob quatro abordagens, são elas: os sistemas que pensam como seres humanos, os que agem como seres humanos, os que pensam racionalmente e por fim, os que se agem racionalmente (GÓMEZ; ANDRÉS, 2016). E deve ser capacitada para realizar três tarefas: armazenar conhecimento; utilizar conhecimento

armazenado para solucionar problemas e adquirir novos conhecimentos através da experiência. Sendo assim, representação, raciocínio e aprendizagem (SAGE, 1990).

Um dos setores mais aprofundados em IA é o aprendizado de máquina. Este método possibilita a identificação de padrões por técnicas de classificação com base em casos e experimentos anteriores, assim como acontece com a inteligência humana (ERICKSON, 2017). A classificação consiste em determinar se um padrão pertence dentro de uma categoria pré-estabelecida e este processo pode ser desenvolvido por meio de alguns algoritmos, tais como: redes neurais artificiais, árvore de decisão, máquina de vetores de suporte, que são definidas como:

- As Redes Neurais Artificiais (RNA), são inspiradas no cérebro humano pois apresentam capacidade de aprender e de se adaptar. Assim, conseguem lidar com dados imprecisos e situações que não estejam completamente definidas, ou seja, é capaz de reconhecer semelhanças quando apresentada para um novo padrão de entrada resultando num padrão de saída previsto (HAYKIN, 2001). De acordo com Vargas (2016) atualmente destaca-se o uso de Rede Neural Convolutacional (CNN), que é influenciada por um processo biológico de processamentos de dados visuais. De modo parecido com os processos tradicionais de visão computacional, uma CNN é capaz de aplicar filtros em dados visuais, mantendo a relação de vizinhança entre os pixels da imagem ao longo do processamento da rede. Este modelo de rede vem sendo muito utilizado, principalmente nas aplicações de classificação, detecção e reconhecimento de imagens.
- As árvores de decisão são usadas como métodos para desenvolvimento de modelos preditivos de apoio à tomada de decisão por serem de fácil entendimento e aplicação, caracterizadas por segmentar dados heterogêneos de acordo com suas similaridades de maneira que se tornem mais homogêneos em relação à variável alvo (CERVANTES et al., 2015).
- A máquina de vetores de suporte (SVM) é um método de aprendizado de máquina que foi proposto por Vapnik e colaboradores em 1992. O maior propósito deste método é resolver problemas de classificação binária. Dessa forma, o SVM visa separar duas classes utilizando um hiperplano que as separe sem erros e utilizando a maior margem possível entre elas (BOSER, 1992).

Além dos algoritmos anteriores, dentro do ramo do aprendizado de máquina e redes neurais artificiais, Sejnowski (2019), enfatizam-se os algoritmos de aprendizado profundo, que tem suas vertentes da matemática, da ciência da computação e da neurociência. As redes

profundas aprendem e são treinadas com grande volume de dados, que, em conjunto com técnicas de *Big Data*, formam os pilares de inovação da pesquisa em IA.

Nesse sentido, de acordo com Simon (2019), devido à grandeza e a complexidade dos dados abrangidos, o *Big Data* proporciona a evolução de novas técnicas de processamento de dados, que, em conjunto aos algoritmos de aprendizado profundo, possibilitam efetuar previsões e reconhecimento de padrões de imagens e sistemas em diversas aplicações, desde informações geradas por smartphones, até dados climáticos ou de demandas populacionais.

A tabela a seguir apresenta um recorte do trabalho de Santos *et al.* (2019) em que estão descritos os termos mais comuns utilizados na inteligência artificial que foram utilizados no decorrer do texto e suas definições.

Tabela 1 - Termos fundamentais e seus conceitos, utilizados na Inteligência Artificial de acordo com Santos *et al.* (2019, p. 388).

<b>Termos</b>	<b>Conceitos</b>
<b>Aprendizado de Máquina (Machine Learning)</b>	Parte da ciência da computação que descreve a evolução dos sistemas de reconhecimento de padrões, possibilitando aos computadores aprender a partir dos erros e fazer previsões.
<b>Aprendizado Profundo (Deep Learning)</b>	Campo do aprendizado de máquina que tenta modelar uma extensa quantidade de dados utilizando várias camadas de processamento.
<b>Big Data</b>	Conjunto de dados e informações que podem ser armazenados e analisados pelas ferramentas modernas de análise computacional, extensa em volume, velocidade e variedade.
<b>Inteligência Artificial</b>	Inteligência parecida com a humana exibida por máquinas ou programas de computador.
<b>Rede Neural Artificial</b>	Método de aprendizado de máquina que tem como orientação o sistema nervoso central humano, com modelos computacionais formados por camadas, sendo cada camada composta por neurônios.
<b>Rede Neural Convolutacional</b>	Classificação de rede neural artificial desenvolvida para demandar o mínimo pré-processamento possível.

Fonte: (SANTOS, *et al.*, 2019, p. 388).

### 3.3 PROTEÇÃO DE DADOS DOS PACIENTES

Hafen (2019), citou que a medicina está se transformando, pois parte-se de um modelo de ciência investigadora que depende de um número relativamente pequeno de casos para um formato que envolve uma casuística muito maior, a mesma voltada à bancos de dados. Grande parte dos dados, que são relevantes para pesquisa em saúde e assistência médica, são pessoais. Isso inclui informações armazenadas em registros médicos e prontuários confidenciais. O uso desse material para pesquisa e assistência médica se torna desafiador, pois abrange questões sigilosas, interoperabilidade e acessibilidade de dados, além de ser necessário o consentimento do paciente para acessar e usar suas informações.

Dados referentes a saúde são abundantes e complexos, o ideal para a medicina personalizada é a obtenção de conjuntos massivos de informações de cada paciente (BOULETREAU, 2019) sendo que, garantir a confidencialidade do paciente é de suma importância. Desenvolvimento de processos que possam identificar imagens relevantes extraíndo as mesmas do Sistema de Arquivamento e Comunicação (PACS), que são a base da radiologia sem filme. Em seguida, essas imagens são rotuladas abordando o armazenamento de dados de cada centro. Esse processo é essencial para os radiologistas, cientistas e profissionais de departamentos de tecnologia da informação para estabelecer caminhos de criação de bancos de dados. A manutenção do sigilo permite que os Institutos de Ética em Pesquisa aceitem esses projetos, assim os pesquisadores podem encontrar abordagens que facilitam a pesquisa em Inteligência Artificial (VAN DER POL, 2020).

A utilização inadequada e o acesso descontrolado aos dados de caráter pessoal são atentatórios e banalizam o direito à privacidade do cidadão. Não raras vezes, esse desconhece completamente o destino que será dado aos seus registros (SIQUEIRA, 2018). Portanto, o cuidado com o tratamento dos dados dos clientes, inclusive em meios digitais, foi objeto da Lei 13.709 de 14 agosto de 2018, conhecida como Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). A validade desta se dará a partir do segundo semestre de 2020, com os dispositivos da Lei de Proteção de Dados – LGPD. O seu propósito é regular o uso que as empresas fazem das informações de clientes e não clientes, reforçando princípios como o direito à privacidade, à liberdade de expressão e à anonimização de dados (ARAUJO, 2020).

### 3.4 APLICAÇÕES NA ÁREA DA SAÚDE E NA ODONTOLOGIA

Baseando-se nos conceitos e tecnologias emergentes, a IA influencia o cotidiano da área da saúde. O seu desenvolvimento torna possível a análise de *Big Data*, oferecendo informações confiáveis e melhorando o processo de tomada de decisão (CHEN; STANLEY; ATT, 2020).

Entre as tecnologias na odontologia, Leite (2019) destacou as imagens digitais e os sistemas de arquivamento e comunicação de imagens (PACS). Esses recursos transformaram integralmente os relatórios dos exames imaginológicos e permitiram que um grande número de imagens fosse armazenado em forma de dados qualitativos e quantitativos.

Santos *et al.* (2019), demonstraram que sistemas de diagnóstico, auxiliados por computador, foram elaborados com o objetivo de complementar a imagem diagnóstica e contribuir no processo de tomada de decisão. Assim concluíram que a chegada da IA e o aprendizado de máquina, nos move em direção à rápida expansão do uso dessas ferramentas. A partir desse propósito cada paciente se torna único, além de levar a radiologia ao conceito de abordagem multidisciplinar e medicina de precisão.

Há ainda a possibilidade de interpretações errôneas e é necessário investir na garantia de proteção da privacidade do paciente. Apesar disso, a IA conecta-se à odontologia em uma perspectiva abrangente, devido à necessidade de procedimentos e tratamentos precisos e troca instantânea de informações. Futuramente, visa-se um sistema de atendimento amplo baseado em IA que deve determinar um atendimento de alta qualidade ao paciente, além do desenvolvimento inovador, contribuindo para inclusão de ferramentas avançadas de apoio à decisão aos profissionais. Uma coordenação interprofissional moderna de médicos, pesquisadores e engenheiros será a chave para o desenvolvimento da IA no campo da odontologia. (CHEN; STANLEY; ATT, 2020).

### 3.5 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIAGNÓSTICO

O diagnóstico adequado de qualquer doença é a base para o sucesso do tratamento. Redes Neurais Artificiais (RNA) funcionam bem para este fim, em vários estudos o diagnóstico dado por um cirurgião-dentista e comparado com o obtido pela RNA, resultou em alta especificidade e sensibilidade da RNA. Assim, revelando a importância de IA no diagnóstico de doenças bucais complexas e reduzindo as chances de erros em diagnósticos (TANDON, 2020).

O câncer bucal é uma dessas doenças complexas, com alta gravidade. Através da tecnologia avançada, com um algoritmo de aprendizagem, é possível a detecção e classificação precoce (JEYARAJ, 2018). Como por exemplo, a identificação do Carcinoma Epidermóide de

Células Escamosas, que é um tipo frequente de câncer do epitélio oral, correspondendo a aproximadamente 90 a 95% de todas as neoplasias malignas encontradas no mundo. A avaliação dessas lesões realizadas no consultório de forma não invasiva, pode reduzir a morbidade da doença, e a taxa de sobrevivência dos pacientes (CHOI, *et al.*, 2006; AUBREVILLE, 2017).

Conforme Uthoff (2018), o câncer de boca é um problema de saúde crescente em vários países de baixa e média renda, particularmente no sul e sudeste da Ásia. Para atender a necessidade de rastreamento do câncer bucal, em populações de alto risco, foi desenvolvido um sistema baseado em smartphone de baixo custo e no local de atendimento. Esse sistema não precisa ser operado por um especialista, os dados de localização e imagens do paciente são carregados para um servidor em nuvem através de “Wi-Fi” e pode ser acessado remotamente em qualquer lugar com conexão à internet por meio de um aplicativo. O sistema e um especialista remoto foram capazes de classificar 170 pares de imagens, em 'suspeitos' e 'não suspeitos', com sensibilidade, especificidade, valores preditivos positivos e valores preditivos negativos, variando de 81,25% a 94,94%. Esse desempenho aumenta à medida que imagens adicionais são coletadas e com melhorias específicas. Esse aplicativo habilitará a detecção de câncer oral em comunidades com recursos escassos, com diagnóstico precoce. Além de evitar a progressão da doença e reduzir as taxas de mortalidade por câncer de boca, isso tudo a um baixo custo.

Ainda utilizando do aprendizado profundo, a Endomicroscopia Confocal a Laser (CLE) registra imagens micro anatômicas subsuperficiais para análise de estrutura celular *in vivo*. Estudos recentes com essa técnica mostraram grandes perspectivas de confiabilidade e para isso, foi apresentada e avaliada uma nova abordagem automática para o Carcinoma Epidermóide Oral. Essa ferramenta tem o potencial de fornecer informações em tempo real sobre a lesão suspeita. Foram utilizadas 7.894 imagens de CLE de pacientes diagnosticados com Carcinoma Epidermóide Oral, obtidas de quatro locais na cavidade oral. Essa abordagem teve uma média de precisão de 88,3%, 86,6% de sensibilidade, e especificidade de 90% (AUBREVILLE, 2017).

Na pesquisa de Jeyaraj (2018), foi projetada uma Rede Neural Convolucional Profunda Particionada para o sistema automatizado de detecção de câncer oral, auxiliado por computador. O seu desempenho foi verificado pela precisão da classificação. Obteve-se precisão por esse algoritmo particionado de 94,5%, com especificidade de 98% e sensibilidade de 94%. Para a fase de treinamento foram definidos 500 conjuntos de dados de imagem e nesta

análise, o algoritmo de processamento previu se o tumor era maligno ou benigno. Além de eficiente, o algoritmo de integração é facilmente implementado em um ambiente de trabalho simples, para fornecer um classificador automático de imagens sem conhecimento especializado (JEYARAJ, 2018).

Bur (2020) avaliou, desenvolveu e validou um algoritmo para prever metástases nodais ocultas. Múltiplos algoritmos de aprendizado de máquina foram desenvolvidos para prever metástases nodais patológicas. Para esses algoritmos foram utilizados cinco critérios clínicos e variáveis tecnológicas para prever a presença de linfonodos ocultos. O aplicativo melhorou a previsão de metástase nodal patológica em pacientes com Câncer de Células Escamosas da Cavidade Oral. Contudo, ainda são necessários algoritmos preditivos aprimorados para garantir que pacientes com doença nodal oculta sejam tratados adequadamente, reduzindo o custo e a morbidade da doença.

Alabi *et al.* (2019) detectou recorrências do Carcinoma de Células Escamosas da Língua em estágio inicial, através de redes neurais artificiais. Para isso, usou Redes Neurais Artificiais (RNA) para prever recorrências loco-regionais de câncer de língua em estágio inicial e encontrou um melhor desempenho comparado com a regressão logística. Além disso, desenvolveu também uma ferramenta para classificar os pacientes como indivíduos de “baixo risco” ou “alto risco” de recorrência, o que facilita a avaliação de seus prognósticos. Os fatores usados como insumos para a rede neural foram: idade, sexo, estágio, grau histológico da Organização Mundial da Saúde (OMS), profundidade do tumor, padrão de invasão, invasão perineural e resposta linfocítica do hospedeiro. O RNA utilizado reconheceu o surgimento de tumores e a profundidade de invasão como o prognóstico histopatológico mais importante para prever a recorrência com eficiência. A precisão dessa rede neural foi de 92,7%. A ferramenta on-line forneceu precisão de 88,2%, sensibilidade de 71,2% e especificidade de 98,9%. Em conclusão, o uso de RNA é um meio eficiente de prever recorrência no início do Carcinoma de Células Escamosas da Língua, a combinação de marcadores apresentados na ferramenta pôde prever a recorrência com sucesso.

Chan (2019) relatou que quase metade de todos os cânceres orais não são diagnosticados até o estágio III ou IV. Para solucionar esse problema, o estudo apresentou um modelo de programa de rastreamento e detecção de câncer bucal. No resultado experimental, a sensibilidade e especificidade médias de detecção são de até 0,9687 e 0,7129. E a sensibilidade e especificidade médias de detecção são de até 0,9314 e 0,9475, respectivamente, com base no *Gabor Filter*, um filtro linear usado para análise de textura, que basicamente analisa se existe

algum conteúdo específico de frequência na imagem. Os resultados confirmaram que o modelo fornece uma boa capacidade de marcar automaticamente as regiões de alto risco e, portanto, fornece uma ferramenta útil para a triagem do câncer de boca (ANEXO A).

### 3.6 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PLANEJAMENTO

A revolução mais comentada e recente na odontologia ortodôntica é impulsionada pela IA no tratamento ortodôntico personalizado. A Inteligência Artificial agora é usada em várias fases da ortodontia desde o diagnóstico, planejamento do tratamento e o acompanhamento dos casos (TANDON, 2020).

De acordo com Jung (2016), uma parte importante do planejamento é a decisão sobre extrações, pois são irreversíveis. Uma decisão errada poderia resultar em muitos problemas durante o tratamento ortodôntico, podendo incluir: falha de ancoragem, inclinação anormal dos dentes anteriores, oclusão inadequada, *overjet* inadequado, sobremordida e dificuldades no fechamento dos espaços das extrações. O objetivo do autor foi fazer uma avaliação do modelo de tomada de decisão de inteligência artificial para o diagnóstico de extrações, usando aprendizado de máquina de redes neurais. Além disso, foi determinado a validação e precisão deste modelo. Os dados de entrada consistiram em 12 cefalométricos variáveis, utilizando 156 pacientes. As taxas de sucesso dos classificadores foram de 93% para o diagnóstico de extração versus não extração e 84% para o detalhamento diagnóstico dos padrões de extração no total.

Li (2019) criou um método para determinar se um paciente precisa de extração dentária ou não. Baseado em um classificador em Multilayer Perceptron (MLP) que analisa os prontuários dos pacientes. A rede neural pode gerar viabilidade de vários planos de tratamento aplicáveis de extração ou não extração, oferecendo aos ortodontistas flexibilidade na tomada de decisões. O autor incluiu amostras de 302 pacientes, apresentando uma precisão de 94,0% para previsão de extração/não-extração, sensibilidade de 94,6% e especificidade de 93,8%. As precisões dos padrões de extração e ancoragem são de 84,2% e 92,8%, respectivamente. As características mais importantes para a previsão das redes neurais são apinhamento, arco superior, e curva de Spee. Esses resultados indicam que o método proposto baseado em RNA pode fornecer uma boa orientação para o planejamento do tratamento ortodôntico de pacientes de ortodontistas com menos experiência.

Outro novo modelo baseado em IA, foi desenvolvido por Choi *et al.* (2019), para decidir entre abordagem cirúrgica ou não cirúrgica para extração e também para avaliar o desempenho do próprio sistema. A amostra utilizada neste estudo consistiu em 316 pacientes. Do total da

amostra, 160 foram classificados para tratamento cirúrgico e 156 foram não-cirúrgico. O modelo selecionou 96% dos casos como diagnóstico de decisão não cirúrgica e 91% para o diagnóstico cirúrgico e decisão de extração. De acordo com os casos de falha no diagnóstico, 29 casos de 316 casos não foram diagnosticados corretamente: diagnóstico incorreto de extração e não extração de Classe III foram 15 e foi o mais comum, diagnóstico incorreto de cirurgia e não cirurgia em pacientes Classe II foram 10 casos, diagnóstico incorreto de cirurgia e não cirurgia em pacientes Classe III foram 3 casos. Diagnóstico incorreto de extração e não extração de classe II foi de apenas 1 caso. É possível adicionar uma etapa ao modelo que divide e classifica também o tipo de cirurgia, assim o sistema pode ser mais simplificado e pode ter maior precisão e adequação. A limitação deste estudo foi a exclusão da assimetria esquelética, portanto estudos adicionais para o diagnóstico de casos de assimetria serão planejados.

Em sua pesquisa, Kunz *et al.* (2019) criaram uma análise radiológica cefalométrica automatizada usando um algoritmo de IA, a Rede Neural Convolutiva (CNN). Para avaliar a viabilidade de tal sistema em rotina diária ortodôntica, identificaram 18 pontos de referência, utilizando 1792 imagens privadas de Raio-x. Para isso, as imagens de base foram transformadas para aumentar a quantidade de amostras e o treinamento foi realizado mediante um algoritmo customizado de CNNs. Devido ao alto nível de qualidade e a grande quantidade de dados de treinamento, o algoritmo de IA treinado analisa um Raio-x cefalométrico em uma fração de segundos, mesmo quando usado em um computador comum. Os autores utilizaram um algoritmo customizado, ou seja, não realizaram comparação com algoritmos já implementados na literatura. Quase não houve diferenças estatisticamente significativas entre o padrão da avaliação humana e as previsões da IA (ANEXO B).

#### 4. DISCUSSÃO

Como mencionado a Inteligência Artificial já é uma realidade e está por toda parte. A procura por sistemas que facilitem o cotidiano e que minimizem o tempo de trabalho fez com que, a era digital viesse para ficar de vez na odontologia, apresentando uma grande utilidade no que diz respeito ao auxílio dos profissionais nas mais diversas áreas na tomada de decisão, ocasionando uma transformação no período atual (LEE, 2018).

Poucos são os estudos encontrados no Brasil sobre Inteligência Artificial, no que se refere à odontologia. Silva (2019) destaca, que o Brasil, de uma forma geral, encontra uma infinidade de dificuldades em acompanhar os desdobramentos tecnológicos de ponta verificados nas principais potências. Machoy (2020) enfatiza que a IA na odontologia clínica é escassa até agora, mas será muito promissora no futuro.

Em relação aos diagnósticos, foram voltados para detecção de câncer oral e foi apresentado em grande parte dos artigos uma abordagem muito otimista, as ideias apresentadas têm um grande potencial para tornar os diagnósticos simples e confiáveis (MACHOY, 2020). No trabalho de Aubreville (2017), foi delineado o enorme potencial de aplicação de tecnologias de aprendizagem profunda no campo da detecção de câncer, sendo propostas imagens de regiões suspeitas de câncer, além disso, imagens de três outras regiões foram feitas: do lábio inferior, do lábio superior e região do palato duro, resultando em 7.894 imagens de boa qualidade atribuídas para a classe clinicamente normal e cancerígena, esse número de amostra de dados foi um dos maiores encontrados na literatura. Este trabalho representou um passo significativo para a detecção automática de câncer oral, porém a aplicação do sistema em outros tecidos ainda não foi demonstrada.

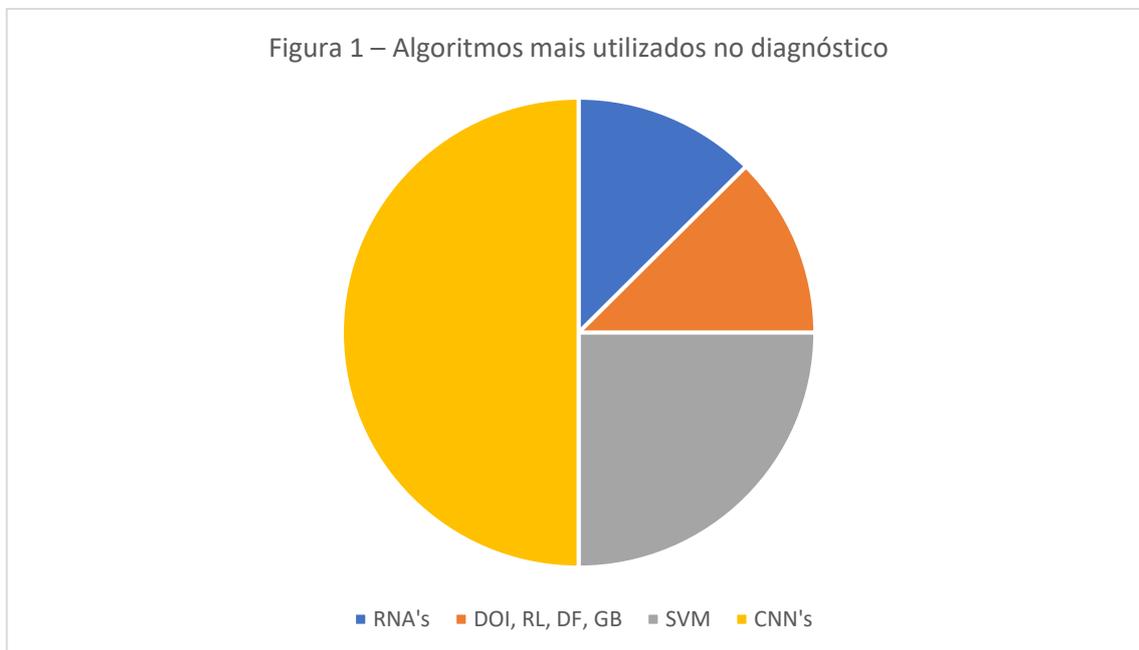
O estudo de Jeyaraj (2018) conseguiu prever se os tumores eram malignos ou benignos, mas apenas 500 conjuntos de dados foram utilizados, o que é considerado uma amostra pequena. Chan (2019), também propôs um modelo para detecção de câncer oral, contudo, baseado em mapa de textura e uma amostra de dados considerável em comparação as outras pesquisas.

A plataforma de Uthoff (2018), é uma progressão e melhoria dos sistemas de autofluorescência baseados em Smartphone anteriores (LANE, 2012; POH et al., 2007; PRAKASH, 2012) até onde se sabe, mais atual, oferecendo várias melhorias, como: captura de imagem, salvamento, revisão, transmissão e a operação do sistema é simples. Elaborado para áreas remotas, com infraestrutura limitada e de baixo custo. Entretanto, apresenta uma amostra pequena de dados e os futuros estudos precisarão incluir casos benignos nos processos de

treinamento e classificação. Além disso, conforme os aperfeiçoamentos feitos no dispositivo o tamanho do conjunto de dados e a porcentagem de qualidade das imagens aumentarão, levando a melhorias no treinamento da CNN.

Verifica-se na Figura – 1, que 50% dos autores utilizaram CNN's para o diagnóstico (AUBREVILLE, 2017; UTHOFF. 2018; JEYARAJ, 2018; CHAN, 2019), demonstrando destaque para este tipo de algoritmo. Observa-se que, 25% dos autores utilizararam SVM (CHAN, 2019), 13% DOI, Regressão Logística (RL), *Decision Forest* (DF), *Gradient Boosting* (GB) (BUR *et al.*, 2020) e para RNA's a média é de 13% (ALABI *et al.*, 2019).

Figura 1 – Algoritmos mais utilizados no diagnóstico

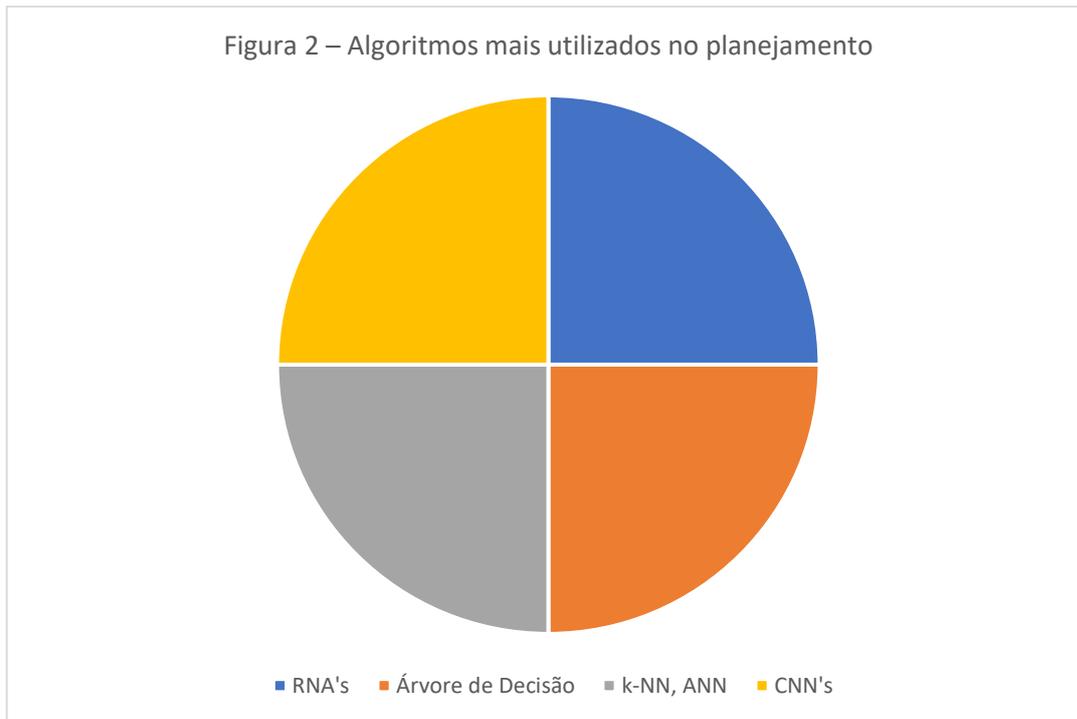


Fonte: A Autora (2020).

Em relação a Inteligência Artificial no planejamento, a maioria das pesquisas foram delineadas para a área da ortodontia. Kunz (2019) destaca que alguns algoritmos utilizados em seu estudo supera a capacidade humana no reconhecimento, processamento de linguagem natural, classificação e segmentação de imagens. A amostra de treinamento foi muito maior que as pesquisas feitas anteriormente, isso demonstra que a precisão das previsões de aprendizado profundo depende muito do número de dados de treinamento, quanto maior os dados extraídos melhor a capacidade de reconhecimento. A comparação entre as previsões da IA e do padrão dos humanos mostrou que não houve diferenças estatisticamente significativas entre um e outro, com exceção da inclinação da mandíbula e da inclinação dos incisivos superiores, na inclinação da mandíbula o parâmetro foi de apenas  $0,31^\circ$  e da inclinação dos

incisivos superiores foi maior que  $2,18^\circ$ , a relevância clínica destas discrepâncias são questionáveis. Na figura 2 – observa-se a utilização de cerca de 25% para cada algoritmo (JUNG, 2016; LI, 2019; CHOI *et al.*, 2019; KUNZ, 2019).

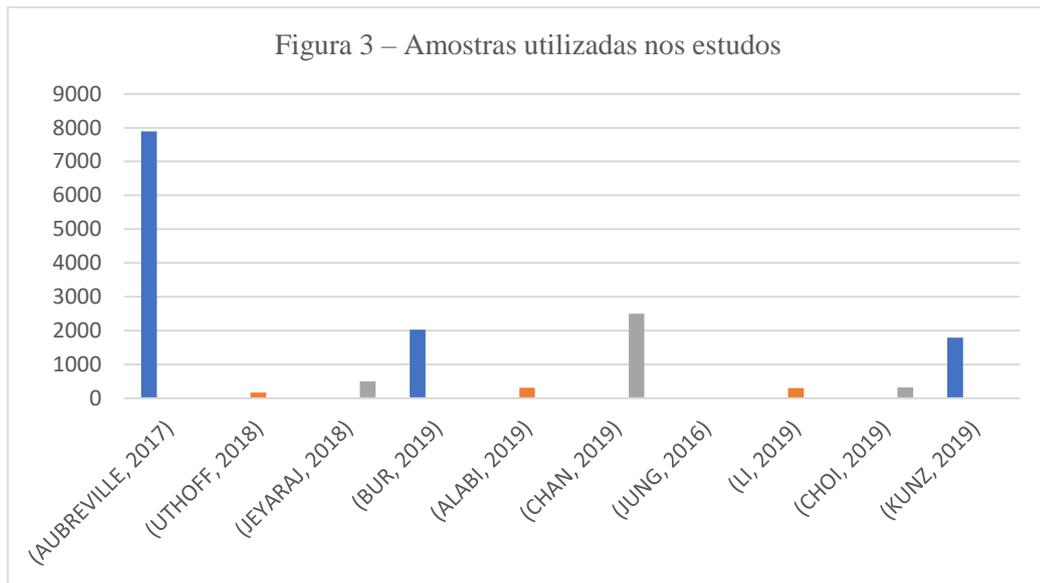
Figura 2 – Algoritmos mais utilizados no planejamento



Fonte: A Autora (2020).

Uma das limitações da IA é devido a seleção de imagens para treinamento apresentadas na Figura – 3. Foram excluídas dos estudos imagens que apresentavam ruído, relacionado a algum problema de iluminação. Outro problema comum, é o movimento das imagens, resultando em alongamento das mesmas. Foram excluídas também, imagens apresentando gotas de saliva e sangue (AUBREVILLE, 2017; UTHOFF, 2018; KUNZ *et al.*, 2019).

Figura 3 – Amostras utilizadas nos estudos



Fonte: A Autora (2020).

Contudo, observa-se nos artigos que os benefícios da IA na odontologia são inúmeros, mas como contraponto é enfatizado seu alto custo, complexidade e treinamento adequado do sistema. Entre as limitações do seu uso atualmente destaca-se a disponibilidade de dados insuficientes e imprecisos (TANDON, 2020).

Além disso, a integração dos métodos de Inteligência Artificial, focada no aprendizado de máquina, com o conhecimento humano por parte dos especialistas traz resultado satisfatório nas áreas de planejamento e diagnóstico. Visto que, muitas vidas podem ser salvas com um diagnóstico precoce e preciso, e, concomitantemente, aponta para um futuro que os especialistas humanos e a IA trabalharão juntos e não como concorrentes (SEJNOWSKI, 2019).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A Inteligência Artificial está se tornando realidade dentro da odontologia, mostrando auxiliar na tomada de decisão, armazenando dados e gerando assistência rápida, possibilitando o diagnóstico precoce. Dessa forma, contribuindo com inúmeros benefícios para a área da saúde, nos mais diversos ramos.

Apesar da revolução tecnológica estar presente em todas as áreas do nosso cotidiano, a Inteligência Artificial ainda se mostra como um desafio para a pesquisa odontológica, pela limitação da falta de base de dados, falta de informações, padronização dos softwares e experiência do profissional para domínio dessa ferramenta.

O crescimento dessa tecnologia deve ocorrer conforme aumentam o número de pesquisas, mostrando, portanto, um mercado em ampla expansão à medida que algoritmos treinados com Inteligência Artificial são aplicados. Por essa razão, o que ainda prevalece é o diagnóstico de um especialista, a Inteligência Artificial não vem para a substituição do profissional, mas sim, como uma ferramenta auxiliar.

## REFERÊNCIAS

- BALIGA, S. **Artificial intelligence - The next frontier in pediatric dentistry.** Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry, v.37, issue 4, pp. 315, 2019.
- ALLAREDDY, V *et al.* **Orthodontics in the era of big data analytics.** Orthodontics & Craniofacial Research, v.23, issue 2, maio de 2019.
- AUBREVILLE, Marc *et al.* **Automatic Classification of Cancerous Tissue in Laser endomicroscopy Images of the Oral Cavity using Deep Learning.** Scientific Reports, setembro de 2017.
- ARAUJO, B. 2020. **Identificação das Expectativas dos Micro e Pequenos Exportadores do Estado de São Paulo em Relação à Transformação Digital no Setor Financeiro.** Fundação Getúlio Vargas: Escola de Administração de Empresas de São Paulo, 33 pg. Março de 2020.
- BOULETREAU, P. **Artificial Intelligence: Applications in Orthognathic Surgery.** Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial ALABI, R.O *et al.* **Machine learning application for prediction of locoregional recurrences in early oral tongue cancer: a Web-based prognostic tool.** Virchow's Arch **475**, 489–497; 2019.
- BOSER, BE. **A Training Algorithm for Optimal Margin Classifiers. Proceedings of the 5th Annual Workshop on Computational Learning Theory.** Pg. 144-152. 1992.
- BRASIL, **Lei Nº 13.709**, de 14 de agosto de 2018, Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2018/lei-13709-14-agosto-2018-787077-publicacaooriginal-156212-pl.html> Acesso em 20 de agosto de 2020.
- BUR, A M. *et al.* **Machine learning to predict occult nodal metastasis in early oral squamous cell carcinoma.** Oral Oncology – A Journal Related to Head & Neck Oncology, v. 101, editora ELSEVIER, fevereiro de 2019.
- CERVANTES, J., Lamont, F. G., LÓPEZ-CHAU, A., MAZAHUA, L. R. e RUÍZ, J. S. **Data selection based on decision tree for svm classification on large data sets.** V. 37: 787–798. 2015.
- CHAN, Chi-Hung *et al.* **Texture-Map-Based Branch-Collaborative Network for Oral Cancer Detection.** IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, v. 13, nº4, Agosto de 2019.
- CHEN, Y. STANKEY, K.; ATT, W. **Artificial intelligence in dentistry: current applications and future perspectives.** Quintessence Int 5, No. 3, pp. 248-257; 2020.
- CHOI, H *et al.* **Artificial Intelligent Model With Neural Network Machine Learning for the Diagnosis of Orthognathic Surgery.** The Journal of Craniofacial Surgery, v.30, nº7, outubro de 2019.
- CHOI, K-K. *et al.* **Independent prognostic factors of 861 cases of oral squamous cell carcinoma in Korean adults.** Oral Oncol. 42(2):208-17; 2006.

ERICKSON BJ, Korfiatis P, Akkus Z, et al. **Machine learning for medical imaging. Radiographics.** 37:505–15; 2017.

GESSINGER, Joice. **Inteligência artificial.** Unidade Central de Educação Fai (UCEFF). 2019.

GÓMEZ, V. ANDRÉS, J. **Problemas bioéticos emergentes de la inteligencia artificial.** v. 12, n. 1, p. 137-147; 2016.

HAFEN, E. **Personal Data Cooperatives – A New Data Governance Framework for Data Donations and Precision Health. The Ethics of Medical Data Donation,** v. 137, Ch. 9, Janeiro de 2019.

HAIDER, Stefan. **Applications of radiomics in precision diagnosis, prognostication and treatment planning of head and neck squamous cell carcinomas.** Cancers Head Neck. 2020.

HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática.** 2ª edição. Porto Alegre: Ed. Bookman, p. 46-49; 2001.

JACKSON, P. C. **Introduction to artificial intelligence.** Courier Dover Publications. (2019).

JEYARAJ, P. NADAR, E. R. **Computer-assisted medical image classification for early diagnosis of oral cancer employing deep learning algorithm.** Journal of Cancer Research and Clinical Oncology, v.146, issue 6, Junho de 2020.

JUNG, S. K. KIM, T. W. **New approach for the diagnosis of extractions with neural network machine learning.** American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, v.149, issue 1, janeiro de 2016.

KUNZ, F. *et al.* **Evaluation of a fully automated cephalometric analysis using a customized convolutional neural network.** J Orfac Orthop 81, 52-68; 2020.

LANE, P. M. **Has Fluorescence Spectroscopy Come of Age? A Case Series of Oral Precancers and Cancers Using White Light, Fluorescent Light at 405 Nm, and Reflected Light at 545 Nm Using the Trimira Identafi 3000.** Gend Med. 2012.

LEE, Bora. **Evaluation of the fit of zirconia copings fabricated by direct and indirect digital impression procedures.** The journal of prosthetic dentistry. 2017.

LEITE, Claudia. **Artificial intelligence, radiology, precision medicine and personalized medicine.** Radiol. Bras, vol.52 no.6 São Paulo nov./ dez. 2019 Epub 25 nov; 2019.

LI, P. *et al.* **Orthodontic Treatment Planning based on Artificial Neural Networks.** Scientific Reports, fevereiro de 2019;

LIMA, M. **Perspectivismo maquínico à luz dos ecossistemas comunicacionais.** Revista Eletrônica Mutações, v.9, nº16, abril; 2018.

LU, H *et al.* **Brain intelligence: go beyond artificial intelligence.** *Mobile Networks and Applications*, 23(2), 368-375; 2018.

MACHOY, M. **Present and future of artificial intelligence in dentistry.** *Adv. Clin. Exp. Med.* Mar;29(3):375-384; 2020.

NETO, C. **Inteligência artificial e novas tecnologias em saúde: desafios e perspectivas.** *Brazilian Journal of Development*, v.6, n°2; 2020.

POH, C. F *et al.* **Direct Fluorescence Visualization of Clinically Occult High-Risk Oral Premalignant Disease Using a Simple Hand-Held Device.** *Head Neck*. 2007.

PRAKASH, M. **O Scan: Screening Tool for Oral Lesions**; 2012. Disponível em: <https://web.stanford.edu/~manup/Oscan/> Acesso em 20 de setembro de 2020.

RANGEL, J. G. C *et al.* **La Inteligencia Artificial y sus Contribuciones a la Física Médica y la Bioingeniería.** *Revista Mundo FESC*, n. 9, p. 60-63, junho de 2015.

SAGE, A. P. E. **Concise Encyclopedia of Information Processing in Systems and Organizations.** New York: Pergamon, p. 295-301; 1990.

SAMEK, W. WIEGAND, T. MÜLLER, K. **Explainable artificial intelligence: understanding, visualizing and interpreting deep learning models.** *Genebra. ITU Journal: ICT Discoveries*, Special Issue No. 1, outubro 2017.

SANTOS, M. K. *et al.* **Artificial intelligence, machine learning, computer-aided and radiomatic diagnostics: advances in image for precision medicine.** *Radiol. Bras* vol.52 no.6 São Paulo nov./ dez. 2019.

SEJNOWSKI, T. Prefácio. **A Revolução do Aprendizado Profundo.** Rio de Janeiro, Alta Books, 352 p; 10,5 MB; 2019.

SIQUEIRA, L. **Os Dados Pessoais e a Proteção de Dados de Saúde: Análise a partir das Iniciativas de E-Saúde.** Congresso Nacional de Direito e Contemporaneidade UFSM, 18 páginas. Setembro de 2019.

SILVA, Allana *et al.* **O uso das tecnologias de informação e comunicação no ensino em odontologia.** *Revista da academia brasileira de odontologia*. 2019.

SIMON, G.E. **Big data from health records in mental health care: hardly clairvoyant but already useful.** *JAMA psychiatry*, 76(4), 349-350; 2019.

TANDON, D. **Present and future of artificial intelligence in dentistry.** J Oral Biol Craniofac Res. Out-Dez 2020.

UTHOFF, R. D. *et al.* **Point-of-care, smartphone-based, dual modality, dual-view, oral cancer screening device with neural network classification for low-resource communities.** Journal Plos One, 13(12), dezembro de 2018.

VAN DER POL, C. **Canadian Radiology in the Age of Artificial Intelligence: A Golden Opportunity.** Canadian Association of Radiologists Journal, v.71: 127-128, maio de 2020.

## **ANEXOS**

### **ANEXO A – INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIAGNÓSTICO**

AUTOR	OBJETIVOS	BASE DE DADOS	TAMANHO	PRÉ PROCESSAMENTO	ALGORITMO	TREINO VALIDAÇÃO	TESTE ESTATÍSTICO
<b>Aubreville (2017)</b>	Abordagem Automática para Diagnóstico de Carcinoma Epidermóide Oral	Vídeo sequences da University of Erlangen-Nürnberg	7.894	Extração de Patches, compressão	CNN Inception V3	12.000 patches e 77,9% validação cruzada	GLCM, LBP Validação cruzada com ROC
<b>Uthoff (2018)</b>	Dispositivo de Triagem para Câncer Bucal	Servidor em nuvem	170	Smartphone	CNN VGG-M	86,88%	-
<b>Jeyaraj (2018)</b>	Classificação de Imagens para Diagnóstico Precoce do Câncer Bucal	-	500	Segmentação ROI e HSI, rotulagem	CNN GoogLeNet	Varia entre 10 a 90% para treino/validação	Matriz de confusão, Acurácia, sensibilidade, especificidade
<b>Bur (2020)</b>	Desenvolver e Validar um Algoritmo para Prever Metástases Nodais Ocultas	National Cancer Data base (NCDB); Academic National Center	2032	Median Imputation	DOI, regressão logística, Decision Forest, SVM, Gradient Boosting,	80% e 20%	Student's t-test Delong's test X2 test or Fisher's Exact test. ROC
<b>Alabi et al. (2019)</b>	Previsão da recorrência do Carcinoma de Células Escamosas da Língua em estágio inicial.	Características Clínico patológicas de pacientes	311	-	RNA MLP	70% e 15%	Acurácia e curva ROC
<b>Chan (2019)</b>	Abordagem para detecção de regiões cancerígenas.	-	2500	-	R-CNN e SVM	160 K e 180 K	Arquitetura FCN e FPN

Fonte: A autora (2020).

**ANEXO B – INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PLANEJAMENTO**

<b>Autor</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Base de dados</b>	<b>Tamanho</b>	<b>Pré-Processamento</b>	<b>Algoritmo</b>	<b>Treino/Validação</b>	<b>Teste estatístico</b>
<b>Jung (2016)</b>	Rede Neural Artificial para Determinar Extração ou Não Extração	-	12 cefalométricos	-	RNA	92% e 94%.	-
<b>Li (2019)</b>	Previsão de tratamento ortodôntico, extração, não-extração.	-	302 pacientes	MLP, PaD	k- NN, ANN	95,0% e 93,3%	-
<b>Choi (2019)</b>	Sistema baseado em IA para decisão cirúrgica/não cirúrgica	Korean patients who visited the Department of Orthodontics	316 pacientes	-	Árvore de decisão	95% e 97%	Acurácia
<b>Kunz (2019)</b>	Análise de raio X cefalometrico	Imagens privadas de Sirona Orthophos XG	1792	Data augmentation	CNN customizado	96.6% e 3.4%	Teste-t, Correlação de Pearson e regressão linear

Fonte: A Autora (2020).