

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Ciências de Saúde
Departamento de Odontologia



Trabalho de Conclusão de Curso

**A UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO
DIAGNÓSTICO PRECOCE DO CÂNCER DE BOCA.**

Erick Coelho de Oliveira

Brasília, 05 de junho de 2024

Erick Coelho de Oliveira

A utilização de ferramentas de inteligência artificial no diagnóstico precoce do câncer de boca.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a conclusão do curso de Graduação em Odontologia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Nilce Santos de Melo

Brasília, 2024

Erick Coelho de Oliveira

A utilização de ferramentas de inteligência artificial no diagnóstico precoce do câncer de boca.

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial para a conclusão do curso de Graduação em Odontologia, Departamento de Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Data da defesa: 21 de junho de 2024

Banca examinadora:

Prof^a Dr^a Nilce Santos de Melo

Prof. Dr. Paulo Tadeu de Souza Figueiredo

Prof. Ms. Suzeli Sampaio Porto

AGRADECIMENTOS

À minha esposa, Ana, por me apoiar incondicionalmente e me inspirar a ser um aluno e uma pessoa melhor.

À minha família, que sempre acreditou em mim, mais do que eu mesmo.

Aos meus amigos, em especial a minha dupla Natália, que fizeram desses anos mais agradáveis e me deram forças para continuar.

Aos meus professores, que me ensinaram, moldaram e inspiraram.

À Prof^a Dr^a Nilce, que sempre me orientou e me ajudou com prontidão.

A Jesus, meu Senhor, Rei e Amigo, que é a minha pedra angular em que minha casa e tudo o que sou está construído.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	7
RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
1 INTRODUÇÃO	10
2 MATERIAIS E MÉTODOS	12
2.1 ESTRATÉGIA DE BUSCA.....	12
2.2 DESENHO DO ESTUDO E CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE.....	12
2.3 COLETAS DE DADOS.....	13
3 RESULTADOS	14
3.1 SELEÇÃO DOS ESTUDOS.....	14
3.2 RESULTADO DAS PRINCIPAIS DESCOBERTAS E APLICAÇÕES.....	14
3.3 CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO.....	15
4 DISCUSSÃO	25
5 CONCLUSÃO	28
6 REFERÊNCIAS	29

RESUMO

De Oliveira, Erick Coelho. A utilização de ferramentas de inteligência artificial no diagnóstico precoce do câncer de boca. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Departamento de Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília

Introdução: O câncer de boca afeta mucosa oral, lábios, língua, gengiva e palato. Seus fatores de risco são etilismo, tabagismo, exposição diária ao sol, inflamação crônicas, entre outros. A maior parte dos diagnósticos são elaborados quando o tumor já está em tamanho avançado. Todavia, a detecção precoce é fundamental para um melhor prognóstico. As ferramentas de inteligência artificial podem ser usadas para diminuir o atraso no diagnóstico dessa neoplasia.

Objetivo: O objetivo desse trabalho foi avaliar o que a literatura científica tem relatado sobre a utilização de ferramentas de inteligência artificial no diagnóstico precoce do câncer de boca e se elas têm sido eficazes e precisas.

Materiais e métodos: Para esta pesquisa, recorreremos a bases de dados como PubMed/MEDLINE, EMBASE, LILACS, Web of Science, Scopus e literatura cinzenta para pesquisar sobre o uso de inteligência artificial (IA) no diagnóstico precoce do câncer de boca. O estudo focou em técnicas de IA como *Machine Learning* e *Deep Learning*, excluindo artigos sem resultados empíricos ou texto completo. A análise avaliou métodos de IA, precisão diagnóstica, benefícios comparados a métodos tradicionais e limitações.

Resultados: Inicialmente, foram encontrados 114 artigos, dos quais 16 foram incluídos para avaliação das ferramentas de inteligência artificial com o intuito de diminuir o atraso no diagnóstico do câncer de boca. Tais estudos foram publicados entre 2020 e 2023, produzidos em países e/ou escritos por autores de nacionalidades de países como Índia, EUA, Arábia Saudita, Brasil, Reino Unido, Malásia, Itália, China, Suíça e Austrália. As principais descobertas desses estudos apontaram que as IAs podem ajudar os profissionais de saúde a tomarem decisões assertivas e com alta precisão sobre o diagnóstico.

Conclusão: O diagnóstico do câncer de boca com o uso de ferramentas de IA tem se mostrado viável e preciso em comparação com os métodos tradicionais. No entanto, essas tecnologias não substituem o papel dos radiologistas na análise de imagens médicas. Apesar das limitações, essas ferramentas de IA podem ser valiosas como suporte e instrumento de ensino, especialmente para profissionais menos experientes, para diminuir o atraso no diagnóstico de neoplasias orais. Por fim, é essencial realizar mais estudos longitudinais com acompanhamento prolongado para compreender melhor a aplicação clínica desses sistemas de inteligência artificial.

Palavras-chave: Câncer de boca, Diagnóstico precoce, Inteligência artificial.

ABSTRACT

De Oliveira, Erick Coelho. The use of artificial intelligence tools in the early diagnosis of oral cancer. 2024. Course Conclusion Paper (Graduation in Dentistry) - Department of Dentistry, Faculty of Health Sciences, University of Brasília.

Introduction: Oral cancer affects the oral mucosa, lips, tongue, gums, and palate. Its risk factors are alcoholism, smoking, daily exposure to the sun, and chronic inflammation, among others. Most diagnoses are made when the tumor is already advanced. However, early detection is essential for a better prognosis. Artificial intelligence tools can be used to reduce the delay in diagnosing this neoplasm.

Objective: The objective of this study was to evaluate what the scientific literature has reported about the use of artificial intelligence tools in the early diagnosis of oral cancer and whether they have been effective and accurate.

Materials and methods: For this research, we used databases such as PubMed/MEDLINE, EMBASE, LILACS, Web of Science, Scopus, and gray literature to investigate the use of artificial intelligence (AI) in the early diagnosis of oral cancer. The study focused on AI techniques such as Machine Learning and Deep Learning, excluding articles without empirical results or full text. The analysis evaluated AI methods, diagnostic accuracy, benefits compared to traditional methods, and limitations.

Results: Initially, 114 articles were found, 16 of which were included to evaluate artificial intelligence tools to reduce the delay in diagnosing mouth cancer. These studies were published between 2020 and 2023, produced in countries and/or written by authors from India, USA, Saudi Arabia, Brazil, UK, Malaysia, Italy, China, Switzerland and Australia. The main findings of these studies indicate that AIs can help healthcare professionals make assertive and highly accurate diagnostic decisions.

Conclusions: The diagnosis of oral cancer using AI tools has proven to be viable and accurate compared to traditional methods. However, these technologies do not replace the role of radiologists in analyzing medical images. Despite their limitations, these AI tools can be valuable as a support and teaching tool, especially for less experienced professionals, to reduce the delay in diagnosing oral neoplasms. Finally, it is essential to carry out more longitudinal studies with extended follow-up to better understand the clinical application of these artificial intelligence systems.

Keywords: Oral cancer, Early diagnosis, Artificial intelligence.

1 INTRODUÇÃO

A neoplasia maligna, que afeta a região da boca, lábios, palato, gengiva, mucosa oral e língua, é denominada como câncer de boca (ou Cavidade Oral) [1,2]. Já na região da orofaringe, aquela composta pela posterior da língua, amígdalas e o palato mole e as paredes iniciais da garganta, os tumores manifestam-se de maneira diferente, quando comparados ao anterior [1]. Assim, progressivamente, forma-se o entendimento, na literatura, de que ambas neoplasias malignas (câncer de boca e câncer de orofaringe) são duas doenças distintas [3].

A Organização Mundial da Saúde (OMS) aponta que, além de estar entre os de maior prevalência do planeta (16º neoplasia mais comum e 15º causa de morte mundial), o câncer de boca incide com maior frequência em homens do que em mulheres. Além disso, o risco de desenvolver essa doença aumenta com a idade, principalmente após os 45,3 anos [2].

O câncer de boca é uma lesão multifatorial, e como fator de risco têm-se o ato de fumar tabaco e, principalmente, o de mascá-lo [2] – sendo que os pacientes de alto risco estão nessas duas condições [4]. O papel do álcool no desenvolvimento de neoplasias é consenso na literatura [2], podendo estar relacionado a 4,2% das mortes por câncer e 26,4% dos cânceres bucais [2]. Além desses fatores, é sabido que inflamação crônica, radiação ultravioleta, papiloma vírus (HPV), infecções por *Cândida*, imunossupressão e dieta estão associados à incidência de neoplasias malignas [5]. Outras causas dessas doenças podem estar associadas à baixa condição socioeconômica [2, 3], má higiene oral, carcinogênese do *streptococcus anginosus*, exposições múltiplas ao amianto e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e hereditariedade. [2].

Alguns fatores estão envolvidos na diminuição do risco da incidência do câncer de boca, como o hábito de consumir frutas cítricas e vegetais crus [3], além de frequentar o consultório odontológico regularmente e possuir poucos ou nenhum dente perdido [3].

A maior parte dos diagnósticos são adquiridos quando o tumor já está em tamanho avançado [1]. Todavia, a detecção precoce das lesões malignas é fundamental para um melhor prognóstico [5], podendo aumentar a taxa de

sobrevida para 75% a 90% [6]. Visto que os primeiros profissionais de saúde a fazerem os exames da cavidade oral dos pacientes são cirurgiões dentistas, eles possuem a capacidade de rastrear o câncer de boca [5] - além de incentivarem o autoexame para fazer a detecção em estágios iniciais.

É sabido sobre o câncer de boca que quando diagnosticados nas fases iniciais, a maioria desses casos possuem um prognóstico mais favorável [7] – haja vista que detecção precoce é restringir a propagação das células cancerígenas [8]. A taxa de sobrevida, em 5 anos, dos pacientes portadores de câncer na cavidade oral é de 50% na maioria dos países [5]. Diante disso e com o objetivo de facilitar a detecção e o diagnóstico das lesões oncológicas precocemente, o uso da tecnologia pode ser benéfico [6]. A detecção do câncer bucal pode ser feita por meio de métodos invasivos e não invasivos [8]. As ferramentas da inteligência artificial (IA) podem melhorar a triagem do câncer, como também de processamento claro e exato da gigantesca base de dados das várias modalidades de imagens [5].

Técnicas de inteligência artificial são utilizadas em diferentes domínios para melhorar o desempenho devido à sua capacidade de aprender e prever resultados [8]. A IA pode ser subcategorizada em *Machine Learning* (ML) e *Deep Learning* (DL). O ML usa algoritmos e processos computacionais para reconhecer padrões, enquanto a DL processa várias camadas de aprendizado, associando entradas e saídas relevantes [6]. Além de obter diagnósticos, essas ferramentas são úteis para melhorar o prognóstico de neoplasias [6]. A literatura científica relata que uma abordagem de ML é mais precisa no prognóstico do que as análises estatísticas tradicionais [9].

A rica fonte de técnicas e ferramentas de inteligência artificial fornece soluções econômicas para a detecção do câncer bucal. Essas tecnologias poderão beneficiar os profissionais de saúde, oferecendo uma ferramenta especializada e útil também em investigações futuras. A evolução dos algoritmos de computador tem proporcionado melhores soluções no diagnóstico de diversos tipos de câncer e outras doenças.[8]

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ESTRATÉGIA DE BUSCA

As seguintes bases de dados bibliográficas foram utilizadas para estratégias de pesquisa em 28 de maio de 2024: PubMed/MEDLINE, EMBASE, LILACS, Web of Science, Scopus. Também foi realizada uma pesquisa adicional na literatura cinzenta, incluindo o Google Scholar e OpenGrey, bem como uma busca manual em listas de referências dos estudos incluídos e posteriormente, cruzamento de referências por meio da análise da lista de referências das revisões sistemáticas avaliadas.

2.2 DESENHO DO ESTUDO E CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

O intuito desta pesquisa é avaliar a utilização de ferramentas de inteligência artificial (IA) no diagnóstico precoce do câncer de boca, analisando sua eficácia como alternativa às formas tradicionais de diagnóstico. Os critérios de inclusão abrangeram estudos que abordavam a aplicação de técnicas de IA, como *Machine Learning* (ML), *Deep Learning* (DL) e redes neurais, especificamente no diagnóstico precoce de câncer de boca. Foram excluídos artigos que não apresentavam resultados empíricos ou que não estavam disponíveis em texto completo.

A análise dos artigos selecionados focou-se em identificar os métodos de IA utilizados, a precisão dos diagnósticos, os benefícios em comparação com os métodos tradicionais, e as limitações apontadas pelos autores. A síntese das informações coletadas permitiu uma visão abrangente do estado atual da aplicação de IA no diagnóstico do câncer de boca, destacando suas potencialidades e desafios.

2.3 COLETA DE DADOS

Os dados coletados de cada estudo incluíram o nome do(s) autor(es), ano de publicação, tipo de ferramenta de inteligência artificial investigada, definição do objetivo do estudo (prognóstico ou diagnóstico), objetivo do estudo, resultados, e a precisão como métricas de desempenho.

De maneira geral, a precisão relatada em cada estudo incluído reflete o desempenho técnico (medida resumida) do modelo de aprendizado de máquina desenvolvido [9]. Outras informações relevantes, como as limitações dos estudos e a importância prognóstica da aplicação das ferramentas de IA, foram registradas e resumidas na seção Discussão.

3.RESULTADOS

3.1 SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Inicialmente, foram encontrados 114 artigos nas plataformas de base de dados bibliográficos e em referências cruzadas. Foram excluídos os trabalhos publicados anteriormente ao ano de 2020, os que não foram publicados em língua inglesa, os que não tivemos acesso ao texto completo e os que focavam em outros tipos de câncer, diferente do de boca. Foram incluídos nessa pesquisa para avaliação das ferramentas de inteligência artificial com o intuito de diminuir o atraso no diagnóstico do câncer de boca 16 estudos publicados entre os anos de 2020 e 2023, produzidos em países, e/ou escritos por autores de nacionalidades, como Índia, Estados Unidos (EUA), Arábia Saudita, Brasil, Reino Unido, Malásia, Itália, China, Suíça e Austrália.

3.2 RESULTADO DAS PRINCIPAIS DESCOBERTAS E APLICAÇÕES

As principais descobertas desses estudos, resumidas na Tabela 1, indicaram que a aplicação das ferramentas de inteligência artificial para o diagnóstico do câncer bucal pode ajudar os profissionais de saúde a tomar decisões assertivas sobre diagnósticos e parâmetros prognósticos. Além disso, alguns dos estudos publicados destacaram limitações significativas para a implementação desses modelos na prática clínica diária.

3.3 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS

Todos os estudos incluídos foram publicados na língua inglesa e há menos de 5 anos e focam no diagnóstico do câncer de boca a partir de uma ferramenta de inteligência artificial.

Tabela 1 – Resumo das características descritivas encontradas nos artigos

Artigo	Referência	Autor	Ano	País	Objetivo	Precisão	Ferramenta I.A.	Considerações
1	[10]	Marsden et al	2020	E.U.A.	Demonstrar a capacidade diagnóstica da Fluorescência Lifetime Imaging (FLIm)	90%	FLIm e ML	Possui a capacidade de distinguir várias condições de displasia.
2	[11]	Rahman et al	2020	Índia	Deteção e classificação semiautomática de câncer bucal	99,78%	SVM e KNN	Longo período de treinamento da ferramenta
3	[12]	Welikala et al	2020	Reino Unido	Deteção e classificação automatizada de lesões orais usando DL para deteção precoce de câncer oral.	84,77%	ResNet e Faster R- CNN	-
4	[13]	Jeyaraj et al.	2020	Índia	Detectar e classificar o câncer bucal a partir da imagem hiperespectral da investigação da região maxilofacial.	94,75%	(DBM) e SVM	-

	Referência	Autor	Ano	País	Objetivo	Precisão	Ferramenta I.A.	Considerações
5	[14]	Wetzer et al	2020	E.U.A.	Automatizado e eficiente processamento de Ressonância magnética	81%	CNN	Cnns superam o aumento geral de dados e o pré-treinamento na detecção de câncer oral
6	[15]	Matias et al	2020	Brasil	Diagnóstico e classificação de C.A. de boca com papanicolau	88%	CNN	Segmentação, Detecção e Classificação de Núcleos Celulares Oral em mostras de Citologia Coradas com Papanicolaou.
7	[16]	Navarun Das et al.	2020	Índia	Classificação automatizada de células em múltiplas classes no tecido epitelial do carcinoma espinocelular oral	97,50%	CNN	-
8	[17]	Romeo et al.	2020	Itália	Predição do grau do tumor e estadiamento em pacientes com CEC de Boca e orofaríngeo.	92,90%	Radiomic ML	-

	Referência	Autor	Ano	País	Objetivo	Precisão	Ferramenta I.A.	Considerações
9	[18]	McRae et al.,	2020	E.U.A.	Detectar potenciais lesões orais malignas	99,30%	ML	-
10	[19]	Mermod et al	2020	Suíça e Austrália	Ferramenta para prever metástases linfodais ocultas	90%	ML	O modelo desenvolvido poderia melhorar significativamente o tratamento de pacientes com CEC de Boca
11	[20]	Haamed et al	2021	Malásia e Índia	Avaliar, histologicamente, o desempenho das características e da técnica de pontuação automática.	98,10%	SVM	Facilidade da coleta do Histopatológico
12	[21]	Kirubaba et al.	2021	Índia	Diagnóstico por análise morfológica	99,30%	CNN	-

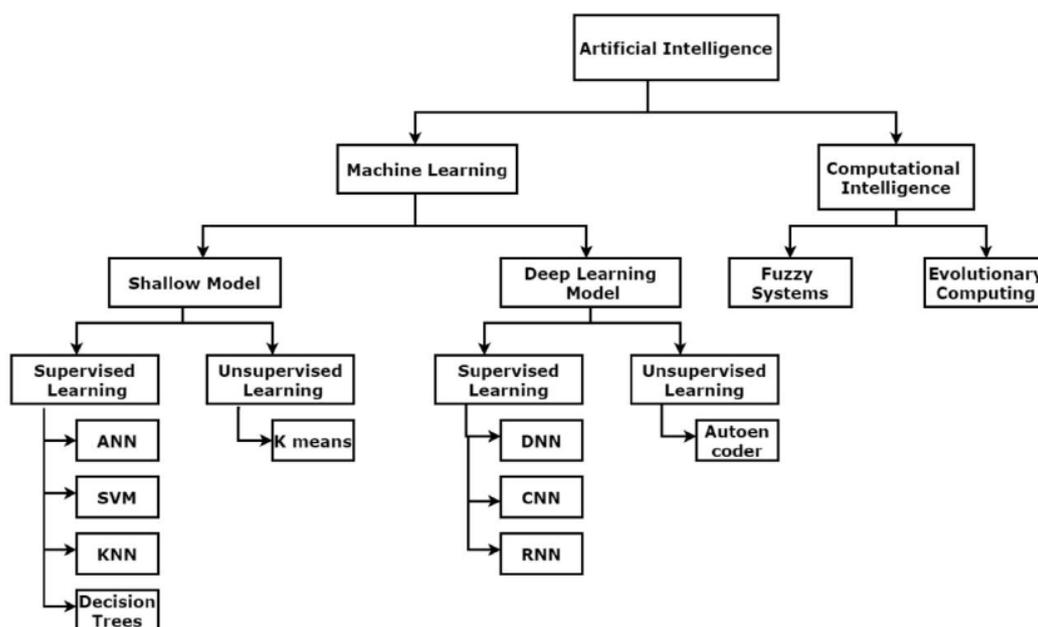
Referência	Autor	Ano	País	Objetivo	Precisão	Ferramenta I.A.	Considerações	
13	[22]	Hahman et al	2022	Arábia Saudita	Extrair características de classificação de imagens de biópsia de CEC para treinar o modelo.	97,66%	Alex Net (DL)	Coleta de dados Histopatológicos.
14	[23]	S Panigrahi et al.	2022	Arábia Saudita	Análise baseada em rede de cápsulas de imagens histopatológicas de carcinoma espinocelular oral	97,35%	Capsule Network (D.L.)	O desempenho da validação cruzada indica que a metodologia proposta pode classificar eficientemente as imagens histopatológicas do Carcinoma Espinocelular Oral (CEC)
15	[24]	S. Shetty et al.	2023	Índia	Construir um conjunto de classificadores que classifique com precisão o câncer bucal.	92,17%	SVM, CNN, MLP	-
16	[25]	Xie et al	2023	China	Diagnóstico do cancer oral em estágio inicial	95,70%	ML	Sugere o grande potencial da combinação da análise do hálito e da IA como método para o diagnóstico em estágio inicial do câncer bucal.
Média aritmética da precisão					93,64%			

[10–25]

(Fonte: Elaboração própria)

Os 16 artigos levantados nesse estudo utilizam variadas ferramentas de inteligência artificial com o objetivo tornar a o diagnóstico do câncer de boca menos lento e mais preciso. A precisão especifica a quantidade de amostras que são classificadas corretamente, ou seja, quando a ferramenta determinou corretamente se a imagem era ou não indicativa de neoplasia maligna [8].

Quadro 1 – Tipos de ferramentas de IA. Adaptado de Vimala et al, 2024



O *Machine Learning* (ML) é uma subárea da inteligência artificial que abrange uma ampla gama de algoritmos, com capacidade de aprender com os dados, tomar decisões e fazer previsões [26]. O ML é eficaz no diagnóstico de diversos tipos de cânceres e suas ferramentas foram utilizadas com o intuito de mensurar a progressão e o tratamento de neoplasias. Além disso, a capacidade das ferramentas de ML para identificar características importantes em conjuntos de dados complexos demonstra sua relevância. Diversas ferramentas, como Redes Neurais Artificiais (RNAs), Redes Bayesianas (BNs), Máquinas de Vetores de Suporte (SVMs), Rede Neural Convolutiva (ConvNet/Convolutional Neural Network /CNN), Árvores de Decisão (DTs), *Fluorescence*

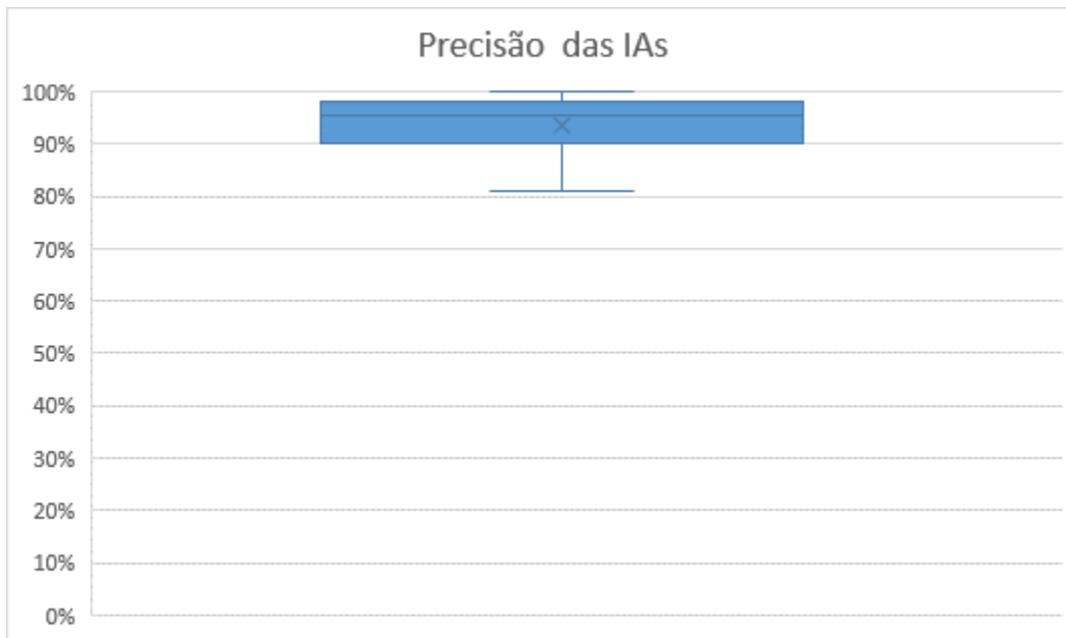
Imaging (FLIm), *k-nearest neighbors algorithm* (k-NN), além de *Res Net*, *Faster-R*, e *Alex Net*, têm sido amplamente aplicadas na pesquisa do câncer para o desenvolvimento de modelos preditivos, gerando resultados eficazes e tomada de decisões mais precisas. Embora seja claro que o uso de métodos de aprendizado de máquina possa melhorar nossa compreensão da progressão do câncer, é necessária uma validação adequada para que esses métodos sejam considerados [26].

Marsden et al. [10] demonstraram a capacidade diagnóstica da Fluorescência *Lifetime Imaging* (FLIm) e perceberam uma mudança estatisticamente significativa entre o diagnóstico de pessoas saudáveis e com câncer, alcançando uma precisão de 90%. E, ainda, concluíram que a abordagem desenvolvida demonstra o potencial do FLIm para avaliação rápida e confiável da margem intraoperatória, sem a necessidade de agentes de contraste. Rahman et al. [11] compararam cinco ferramentas de *Machine Learning* diferentes, concluindo que a árvore de decisão apresentou maior precisão de classificação [22]. Por outro lado, Marsden et al. [10] avaliaram diversas classificações em seu estudo e descobriram que o método *Random Forest* gerou resultados absolutos. Rahman et al. [22] propôs, em outro estudo, a comparação de três marcadores diferentes a fim de alcançar uma maior precisão

Já Welikala et al. [12] buscaram detectar e classificar de forma automatizada (DL) lesões orais usando duas ferramentas (*ResNet* e *Faster R-CNN*) e obtiveram uma precisão de 84,77%. Jeyara et al.[13] usaram imagens hiperespectrais da investigação da região maxilofacial com as ferramentas SVM e DBM, obtendo uma precisão de 94,75%.

Variados trabalhos utilizaram a ferramenta CNN e obtiveram resultados que geram otimismo e validam essa IA, com precisão superior a 80% [14–16,21,24].

Haamed et al. [20] avaliou 35 imagens de tecidos em relação às técnicas de pontuação automática e relatou que os resultados obtidos eram mais precisos quando comparados aos manuais.

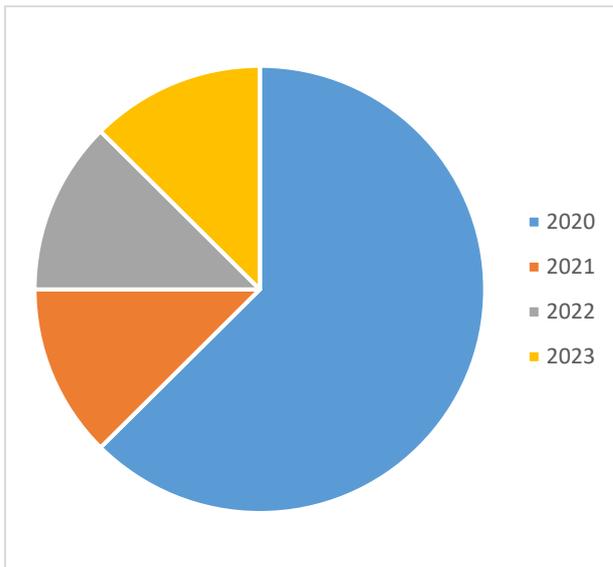
Quadro 2 – Gráfico *boxplot* da precisão das IAs

(fonte: elaboração própria)

Ao desenvolver um classificador com alguma IA, é fundamental que se avalie a eficácia de seu modelo preditivo. Durante o treinamento do modelo, diversas métricas de avaliação podem ser empregadas. A escolha da métrica mais adequada para determinar o "melhor modelo" depende do foco que o pesquisador quer dar para o problema em questão [27]. A precisão relatada em cada estudo incluído reflete o desempenho técnico (medida resumida) do modelo de aprendizado de máquina desenvolvido [9], visto que a precisão é uma métrica que avalia a razão entre a quantidade de verdadeiros positivos e a soma de todos os valores positivos (falsos positivos e verdadeiros positivos).[27]

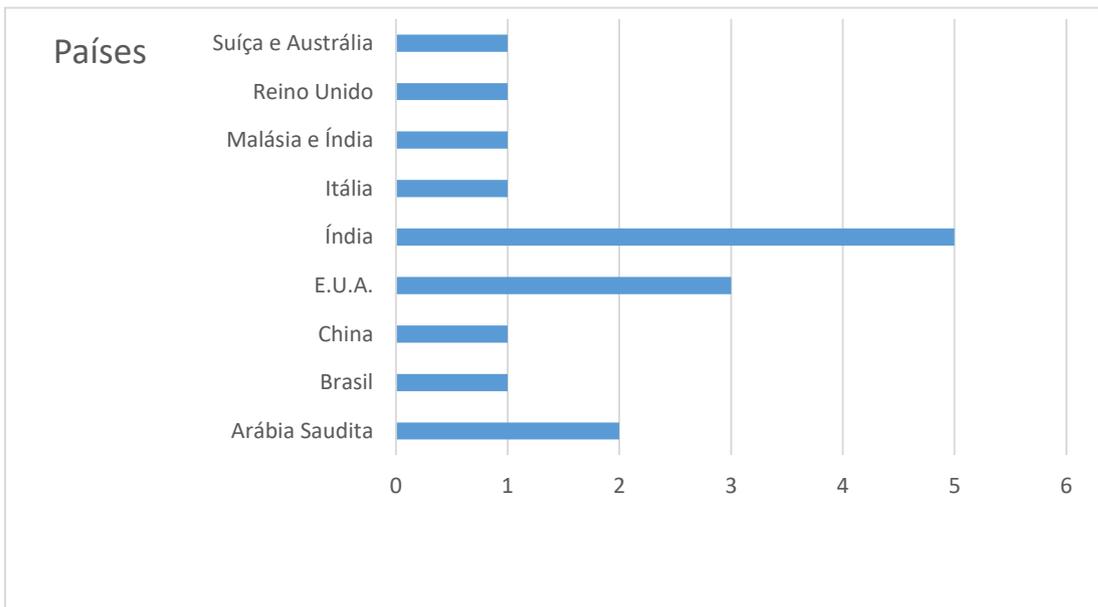
As ferramentas de IA dos estudos levantados conseguiram alcançar alta precisão em seus trabalhos, com valores entre 81% e 99,78%. Já a média aritmética dos valores mensurados resultou em 93,64%.

Quadro 3 – Ano de publicação dos estudos



[Fonte: elaboração própria]

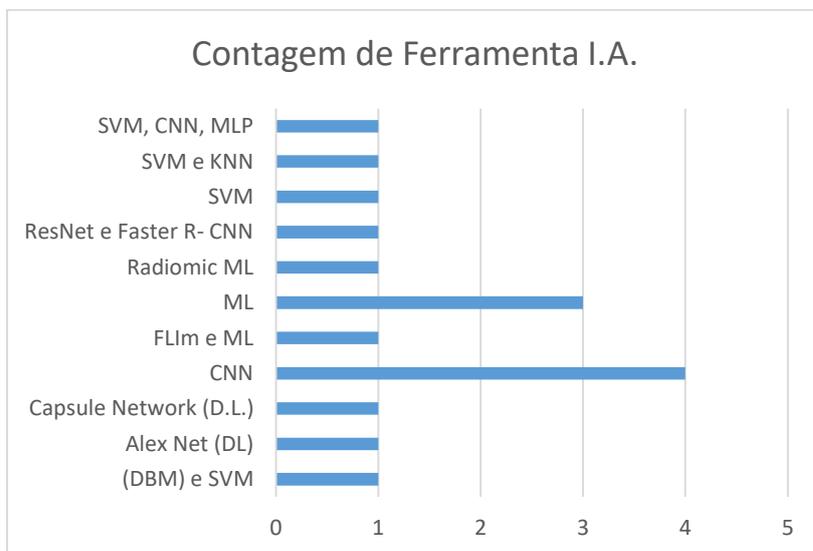
Quadro 4 – Países em que as pesquisas foram realizadas



[Fonte: elaboração própria]

No quadro 3, observamos que o gráfico pizza evidencia o ano em que as pesquisas foram publicadas. Já o quadro 4 aponta os países em que as pesquisas foram realizadas ou o da nacionalidade do principal autor. Dos 16 artigos, 5 são da Índia, 3 dos EUA, 2 da Arábia Saudita, e dos demais países foram utilizados apenas 1 artigo de cada para esse trabalho.

Quadro 5 - Ferramentas de IA mencionadas nos artigos



[Fonte: elaboração própria]

Nos trabalhos em questão foram utilizadas diferentes ferramentas de inteligência artificial, alguns artigos não especificaram qual subcategoria de *Machine Learning* (ML) foi operada, outros empregaram mais de uma ferramenta. A arquitetura mais utilizada é a das Redes Neurais Convolucionais (CNN), uma subcategoria do *Deep Learning* (DL). As CNNs são empregadas principalmente para avaliar imagens e têm a capacidade de reconhecer padrões. Elas possuem camadas ocultas e convolucionais que extraem automaticamente informações espaciais dos dados de entrada. Essas redes fornecem filtros capazes de identificar vários componentes visuais. [9]

4 DISCUSSÃO

Este estudo evidenciou que a utilização de ferramentas de inteligência artificial com o objetivo de diminuir o atraso no diagnóstico do câncer de boca já é uma realidade, embora restrita a grupos de pesquisa sem translação para a prática clínica. Diversos países já utilizam dessa tecnologia para diagnosticar neoplasias orais com precisão superior a 80%.

Os estudos analisados demonstram que as métricas de desempenho dos modelos de aprendizado de máquina possuem um alto nível de precisão no diagnóstico do câncer oral. Assim, a utilização de IAs no câncer oral, bem como em outros setores da saúde, não é mais uma ideia futurista, mas um fato em desenvolvimento com desdobramentos promissores [28].

Os resultados encontrados por Alabi et al [9] corroboram com os encontrados nesta pesquisa, visto que a precisão relatada variou entre 63,4% e 100%, haja vista que considera as previsões corretas sobre todas as demais feitas pelo algoritmo [27]. E, ainda, os dados aqui apurados em relação aos tipos de ferramentas de IA utilizados em diagnósticos de CA de boca são próximos aos encontrados em trabalhos semelhantes [8,9,29].

A inteligência artificial enfrenta desafios consideráveis no treinamento dos algoritmos e na interpretação dos casos, ainda que tenha demonstrado desempenhos impressionantes em uma variada gama de aplicações. Uma limitação importante para sua aplicação em ambientes sensíveis e regulamentados é a complexidade relacionadas ao modo e aos motivos pelos quais determinadas decisões são tomadas [30]. A necessidade de grandes volumes de dados rotulados para treinamento pode ser um obstáculo, e a “caixa preta” dos modelos complexos de IA torna difícil para que os profissionais de saúde entendam e confiem totalmente nos resultados gerados [31]. A questão da base de dados necessária para o treinamento das ferramentas de IA é um ponto crucial. Os resultados devem ser interpretados sempre à luz das limitações do número de dados usados na avaliação por IA.

O termo “caixa preta” é comumente utilizado como uma metáfora para descrever um método, inerente aos modelos e sistemas, que não seja claro ou

que seja desconhecido, mesmo sendo capazes de gerar resultados com alta precisão [31]. Ou seja, a “caixa preta” se refere à dificuldade de interpretar como a ferramenta chegou a uma determinada conclusão ou decisão.

Essa "caixa preta" traz algumas implicações importantes. Primeiramente, pode ser difícil para os usuários confiarem nos resultados de um modelo se eles não conseguem entender como se realizou o processamento, especialmente em áreas da saúde, em que é vital saber o porquê das decisões. Além disso, validar e auditar essas decisões se torna um grande desafio. Se algo der errado, torna-se difícil apontar o problema ou corrigir o modelo sem entender seu funcionamento interno [9]. Assim, enquanto os modelos de IA são altamente eficazes, a não compreensão teórica pode ser um obstáculo significativo para sua aplicação prática.

Existe também a preocupação com a coleta de informações para a base de dados a ser usada, e para isso, é necessário pré-processar esses dados, verificando-os e rotulando-os. Esse processo é desafiador, visto que os dados médicos são considerados, por muitas vezes, volumosos, complexos e confusos [32].

A preocupação com a quantidade limitada de informações ocorre pela dificuldade de incorporação desses materiais à base de dados (*big data*) das IAs. Haja vista que esses dados geralmente não estão imediatamente disponíveis para análise das ferramentas de IA. Eles estão frequentemente armazenados em diferentes locais e formatos, como registros eletrônicos de saúde (EHR), sistemas de patologia, arquivos de imagens médicas, prontuários físicos, dados de seguros e ferramentas de prescrição eletrônica. Essa quantidade restrita de dados incorre no risco de viés [9]. Não obstante, existe pouca quantidade de prontuários com classificação histológica e estadiamento dos tumores devidamente classificados nessas bases [7].

Outra consideração importante diz respeito aos sistemas eletrônicos hospitalares. O ambiente hospitalar é caracterizado por mudanças contínuas nas práticas clínicas e operacionais ao longo do tempo, resultando em alterações nas populações e características dos pacientes. Portanto, os modelos desenvolvidos anteriormente precisam ser retreinados periodicamente. Isso pode ser feito por meio de uma simples recalibração ou de um retreinamento completo do modelo [33].

Para que esses modelos potencialmente transformadores possam ser aplicados com sucesso nas práticas clínicas diárias, é essencial considerar a privacidade das informações dos pacientes e o uso ético dos dados. Para enfrentar as preocupações relativas à privacidade e ao uso indevido dos dados dos pacientes, é crucial obter o consentimento documentado dos pacientes para a utilização de suas informações [9].

As questões éticas devem ser levadas em conta. Como a responsabilização em caso de falha da ferramenta de IA e os interesses comerciais, já que a inclusão dessas tecnologias pode ser associada a demissões em massa [34].

Um estudo realizado no Hospital Universitário de Brasília (HUB) comprovou que ainda existe um longo período entre o aparecimento da lesão em um paciente e o diagnóstico de neoplasia [35]. Outro trabalho, também realizado no HUB, comprovou que existe atraso no diagnóstico do câncer de cabeça e pescoço (6). Por outro lado, as ferramentas de inteligência artificial são recursos factíveis e precisos no diagnóstico precoce do câncer de boca [9]. Todavia, ainda não estão presentes na prática clínica de hospitais e consultórios, visto que existem altos custos envolvidos e os poucos profissionais qualificados para criar, treinar e interpretar tais modelos [36].

A forma de diagnóstico que o algoritmo aplica na prática é feito por meio de processamento de imagem, removendo ruído e distorção, utilizando vários métodos. As imagens são coletadas de diversas fontes, como microscópicas, raios-X, ressonância magnética, tomografia computadorizada, PET Scan e imagens coloridas de celular, passando por um processo de melhoria, segmentação, extração de recursos e classificação [7].

O processo de melhoria de imagem visa aprimorar a qualidade da imagem ajustando brilho, contraste, ângulos e removendo ruídos com filtros. A segmentação divide a imagem em seções chamadas segmentos, facilitando a análise, especialmente útil para diagnósticos médicos rápidos e eficientes. A extração de recursos deriva dados específicos da imagem segmentada, reduzindo o espaço de armazenamento e a complexidade computacional, o que é crucial para o desempenho do algoritmo de classificação. Já a classificação organiza os dados em classes específicas; na detecção do câncer oral, ela identifica se os dados são cancerígenos ou não (classificação binária) ou determina os diferentes estágios do câncer (classificação multiclasse). Essas

etapas podem ser executadas em paralelo para aumentar a velocidade dos algoritmos [7].

Duas estratégias podem ser promovidas com o objetivo de diminuir o atraso no diagnóstico do câncer de boca. Primeiramente, a criação de um programa de rastreamento de dados e treinamento profissional para organização de informações precisas e transparentes. Ou seja, que a informação seja aplicável, mas lembrando que o paciente de alto risco precisa ser identificado e levado a uma consulta. Um agente fundamental nessa etapa de coleta de informações é o agente comunitário de saúde.

Trabalhos futuros devem ser feitos com o foco em desenvolver uma ferramenta de diagnóstico rápido de câncer bucal utilizando técnicas de processamento digital de imagens e inteligência artificial. Isso pode ser feito em ambientes de hospitais universitários, com uma metodologia que envolve a coleta de imagens médicas de fontes acessíveis como biópsias digitalizadas, raios-X, ressonância magnética, tomografia computadorizada, PET Scan e até câmeras de celular, por meio de aplicativos. Algoritmos de machine learning serão treinados para realizar classificações binárias e multiclasse, permitindo a identificação precisa do câncer e seus estágios. A ferramenta proposta incluirá uma interface intuitiva e de fácil acesso para o usuário, um processamento automático de imagens e classificação em tempo real, resultando em diagnósticos mais rápidos e precisos.

Para garantir a eficácia e praticidade da ferramenta, pode ser desenvolvida uma versão inicial a ser testada em hospitais públicos selecionados. A implementação deve incluir o desenvolvimento de software utilizando tecnologias como Python, TensorFlow e OpenCV, seguido por testes pilotos e capacitação dos profissionais de saúde. Espera-se que essa ferramenta reduza significativamente o tempo de diagnóstico, sendo acessível e de baixo custo.

Esta pesquisa tem como limitação o fato de que a maioria dos estudos não avaliou os desafios da inclusão dessas ferramentas de IA na prática clínica e não discutiu como os profissionais de saúde têm lidado com essa nova forma de trabalho e, ainda, há uma quantidade limitada de pesquisas feitas no Brasil. Outra limitação importante é o custo dessas ferramentas, especialmente considerando as inequidades sociais existentes no Brasil.

5 CONCLUSÃO

O diagnóstico do câncer de boca com o uso de ferramentas de IA tem se mostrado viável e preciso, em comparação com os métodos tradicionais, na forma de pesquisa e eventos isolados, sem a devida translação para a prática clínica. Apesar das limitações, essas ferramentas de IA podem ser valiosas como suporte e instrumento de ensino, especialmente para profissionais menos experientes, para diminuir o atraso no diagnóstico de neoplasias orais. Por fim, é essencial realizar mais estudos longitudinais com acompanhamento prolongado para compreender melhor a aplicação clínica desses sistemas de inteligência artificial e seus custos sociais envolvidos.

REFERÊNCIAS

1. Aghiorghiesei O, Zanoaga O, Nutu A, Braicu C, Campian RS, Lucaciu O, et al. The World of Oral Cancer and Its Risk Factors Viewed from the Aspect of MicroRNA Expression Patterns. *Genes*. 26 de março de 2022;13(4):594.
2. Conway DI, Purkayastha M, Chestnutt IG. The changing epidemiology of oral cancer: definitions, trends, and risk factors. *Br Dent J*. novembro de 2018;225(9):867–73.
3. Tu IWH, Shannon NB, Thankappan K, Balasubramanian D, Pillai V, Shetty V, et al. Risk Stratification in Oral Cancer: A Novel Approach. *Front Oncol*. 7 de julho de 2022;12:836803.
4. Irani S. New Insights into Oral Cancer—Risk Factors and Prevention: A Review of Literature. *Int J Prev Med*. 30 de dezembro de 2020;11:202.
5. Hegde S, Ajila V, Zhu W, Zeng C. Artificial intelligence in early diagnosis and prevention of oral cancer. *Asia-Pac J Oncol Nurs*. dezembro de 2022;9(12):100133.
6. Anjos N de ST dos, Porto SS, Dristig TA, Oliveira EC de, Melo NS de, Figueiredo PT de S. The impact of the COVID-19 Pandemic on the diagnosis of head and neck cancer at the University Hospital of Brasília : O impacto da pandemia de COVID-19 no diagnóstico de câncer de cabeça e pescoço no Hospital Universitário de Brasília. *Concilium*. 16 de maio de 2023;23(8):183–202.
7. C. K, Vimala HS, J. S. A systematic review of artificial intelligence techniques for oral cancer detection. *Healthc Anal*. 1º de junho de 2024;5:100304.
8. Alabi RO, Youssef O, Pirinen M, Elmusrati M, Mäkitie AA, Leivo I, et al. Machine learning in oral squamous cell carcinoma: Current status, clinical concerns and prospects for future-A systematic review. *Artif Intell Med*. maio de 2021;115:102060.
9. Marsden M, Weyers BW, Bec J, Sun T, Gandour-Edwards RF, Birkeland AC, et al. Intraoperative Margin Assessment in Oral and Oropharyngeal Cancer Using Label-Free

Fluorescence Lifetime Imaging and Machine Learning. *IEEE Trans Biomed Eng.* março de 2021;68(3):857–68.

10. Rahman TY, Mahanta LB, Choudhury H, Das AK, Sarma JD. Study of morphological and textural features for classification of oral squamous cell carcinoma by traditional machine learning techniques. *Cancer Rep [Internet]*. 2020 [citado 4 de junho de 2024];3(6). Disponível em: https://www.academia.edu/102561656/Study_of_morphological_and_textural_features_for_classification_of_oral_squamous_cell_carcinoma_by_traditional_machine_learning_techniques
11. Welikala RA, Remagnino P, Lim JH, Chan CS, Rajendran S, Kallarakkal TG, et al. Automated Detection and Classification of Oral Lesions Using Deep Learning for Early Detection of Oral Cancer. *IEEE Access*. 2020;8:132677–93.
12. Jeyaraj PR, Panigrahi BK, Samuel Nadar ER. Classifier Feature Fusion Using Deep Learning Model for Non-Invasive Detection of Oral Cancer from Hyperspectral Image. *IETE J Res.* 2020;1–12.
13. Wetzer E, Gay J, Harlin H, Lindblad J, Sladoje N. When Texture Matters: Texture-Focused Cnns Outperform General Data Augmentation and Pretraining in Oral Cancer Detection. Em: 2020 IEEE 17th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI) [Internet]. Iowa City, IA, USA: IEEE; 2020 [citado 5 de junho de 2024]. p. 517–21. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9098424/>
14. Matias: Segmentation, detection, and classification... - Google Acadêmico [Internet]. [citado 5 de junho de 2024]. Disponível em: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Segmentation%2C%20detection%20and%20classification%20of%20cell%20nuclei%20on%20oral%20cytology%20samples%20stained%20with%20papanicolaou&author=A.V.%20Matias&publication_year=2020&pages=53-58
15. Das N, Hussain E, Mahanta LB. Automated classification of cells into multiple classes in epithelial tissue of oral squamous cell carcinoma using transfer learning and convolutional neural network. *Neural Netw.* 1º de agosto de 2020;128:47–60.
16. Romeo V, Cuocolo R, Ricciardi C, Ugga L, Coccozza S, Verde F, et al. Prediction of Tumor Grade and Nodal Status in Oropharyngeal and Oral Cavity Squamous-cell Carcinoma Using a Radiomic Approach. *Anticancer Res.* 1º de janeiro de 2020;40(1):271–80.

17. McRae MP, Modak SS, Simmons GW, Trochesset DA, Kerr AR, Thornhill MH, et al. Point-of-care oral cytology tool for the screening and assessment of potentially malignant oral lesions. *Cancer Cytopathol.* março de 2020;128(3):207–20.
18. Mermod M, Jourdan E, Gupta R, Bongiovanni M, Tolstonog G, Simon C, et al. Development and validation of a multivariable prediction model for the identification of occult lymph node metastasis in oral squamous cell carcinoma. *Head Neck.* agosto de 2020;42(8):1811–20.
19. Shahul Hameed KA, Abubacker KAS, Banumathi A, Ulaganathan G. Immunohistochemical analysis of oral cancer tissue images using support vector machine. *Measurement.* 1º de março de 2021;173:108476.
20. Kirubabai: Deep learning classification method to... - Google Acadêmico [Internet]. [citado 5 de junho de 2024]. Disponível em:
https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Deep%20learning%20classification%20method%20to%20detect%20and%20diagnose%20the%20cancer%20regions%20in%20oral%20MRI%20images&author=M.P.%20Kirubabai&publication_year=2021&pages=462-468
21. Rahman A ur, Alqahtani A, Aldhafferri N, Nasir MU, Khan MF, Khan MA, et al. Histopathologic Oral Cancer Prediction Using Oral Squamous Cell Carcinoma Biopsy Empowered with Transfer Learning. *Sensors.* janeiro de 2022;22(10):3833.
22. Panigrahi: Capsule network based analysis of histopatholo... - Google Acadêmico [Internet]. [citado 5 de junho de 2024]. Disponível em:
https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Capsule%20network%20based%20analysis%20of%20histopathological%20images%20of%20oral%20squamous%20cell%20carcinoma&author=S.%20Panigrahi&publication_year=2020
23. Shetty S, Patil AP. Oral cancer detection model in distributed cloud environment via optimized ensemble technique. *Biomed Signal Process Control.* 1º de março de 2023;81:104311.
24. Xie X, Yu W, Chen Z, Wang L, Yang J, Liu S, et al. Early-stage oral cancer diagnosis by artificial intelligence-based SERS using Ag NWs@ZIF core-shell nanochains. *Nanoscale.* 17 de agosto de 2023;15(32):13466–72.

25. Kourou K, Exarchos T, Exarchos K, Karamouzis M, Fotiadis D. Machine learning applications in cancer prognosis and prediction. *Comput Struct Biotechnol J*. 15 de novembro de 2014;13.
26. Mariano D. Métricas de avaliação em machine learning: acurácia, sensibilidade, precisão, especificidade e F-score. Em: Mariano D, Dezordi FZ, Martins P, Xavier J, Sousa TDJ, Lima L, et al., organizadores. *BIOINFO - Revista Brasileira de Bioinformática e Biologia Computacional* [Internet]. 1º ed Alfahelix; 2021 [citado 7 de junho de 2024]. Disponível em: <https://bioinfo.com.br/metricas-de-avaliacao-em-machine-learning-acuracia-sensibilidade-precisao-especificidade-e-f-score/>
27. Kononenko I. Machine learning for medical diagnosis: history, state of the art and perspective. *Artif Intell Med*. agosto de 2001;23(1):89–109.
28. Mandel JC, Kreda DA, Mandl KD, Kohane IS, Ramoni RB. SMART on FHIR: a standards-based, interoperable apps platform for electronic health records. *J Am Med Inform Assoc*. 1º de setembro de 2016;23(5):899–908.
29. Heinrichs B, Eickhoff SB. Your evidence? Machine learning algorithms for medical diagnosis and prediction. *Hum Brain Mapp*. 15 de abril de 2020;41(6):1435–44.
30. Castelvechi D. Can we open the black box of AI? *Nat News*. 6 de outubro de 2016;538(7623):20.
31. Algoritmos de big data e aprendizado de máquina para prestação de cuidados de saúde - PubMed [Internet]. [citado 10 de junho de 2024]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31044724/>
32. Davis SE, Greevy RA, Fannesbeck C, Lasko TA, Walsh CG, Matheny ME. A nonparametric updating method to correct clinical prediction model drift. *J Am Med Inform Assoc*. 1º de dezembro de 2019;26(12):1448–57.
33. Bur AM, Holcomb A, Goodwin S, Woodroof J, Karadaghy O, Shnayder Y, et al. Machine learning to predict occult nodal metastasis in early oral squamous cell carcinoma. *Oral Oncol*. 1º de maio de 2019;92:20–5.

34. Coelho de Oliveira E. A Avaliação e mensuração do Estadiamento do Câncer de Cabeça e Pescoço de pacientes atendidos no HUB no período decorrido entre Março de 2019 e Junho de 2022, na pandemia de covid-19. 2023.

35. Machine learning for prognosis of oral cancer : What are the ethical challenges? - Osuva [Internet]. [citado 10 de junho de 2024]. Disponível em: <https://osuva.uwasa.fi/handle/10024/11563>