

Inteligência Artificial na odontologia: Avanços e aplicações na prática clínica moderna

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.006-021>

Carlos Eduardo Oliveira Figueiredo Barroso

Graduado em Odontologia - Faculdades Integradas Espírito Santenses
Especialista em Saúde da Família - Instituto Capixaba de Ensino, Pesquisa e Inovação em Saúde
E-mail: cadusfob@gmail.com

Eliseu Santana de Assis

Graduando em Odontologia - Universidade Federal da Bahia
E-mail: eliseu2022@gmail.com

Gabriel Olival de Sena Silva

Graduando em Odontologia - Centro Universitário de Maceió
E-mail: gsena6869@gmail.com

Jéssica Delazari Ferreira

Graduada em Odontologia - Universidade Federal do Espírito Santo
Especialista em Saúde Coletiva - Instituto Capixaba de Ensino, Pesquisa e Inovação em Saúde

João Eduardo Santos Aguiar

Graduando em Odontologia - Sociedade Educacional Santo Antônio
E-mail: joao.eduardo.15@hotmail.com

Joelma Rosa Bueno

Graduada em Comunicação Social - Centro Universitário Una
Graduanda em Odontologia - Centro Universitário de Belo Horizonte
E-mail: buenojelma2@gmail.com

Lucas Baião Lopes Caçado

Graduando em Odontologia - Centro Universitário de Belo Horizonte
E-mail: lucaslbaiao@gmail.com

Pedro dos Santos Neto

Graduando em Odontologia - Universidade Federal de Sergipe
E-mail: pedronetoapenas@gmail.com

RESUMO

O uso da Inteligência Artificial (IA) tornou-se relevante em diversas áreas nos últimos tempos. A aplicabilidade da IA na saúde aponta para resultados promissores ao auxiliar etapas como diagnóstico, planejamento e tratamento ampliando a possibilidade de sucesso. Neste sentido, este capítulo aborda os avanços mais atuais da IA nas especialidades odontológicas periodontia, dentística, prótese, cirurgia bucomaxilofacial e odontologia legal destacando seus benefícios e perspectivas futuras.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Odontologia, Aprendizado de Máquina, Aprendizagem Profunda, Redes Neurais.



1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, ocorreram muitos avanços tecnológicos, principalmente no desenvolvimento da Inteligência Artificial (IA). A IA compreende um campo da ciência que busca capacitar máquinas a realizar tarefas que utilizam inteligência humana. Diante da sua popularidade, alguns modelos de IA têm chamado a atenção tais como o ChatGTP, a Siri, a Alexa e o Google Assistant visto que simplificam tarefas cotidianas, além disso, abrem caminhos para novas formas de interação e colaboração entre humanos e máquinas. O potencial da IA ultrapassa a assistência virtual, sendo empregada em vários setores, incluindo medicina, finanças, fabricação e transporte, colaborando com a inovação e otimização de processos.

A inspiração para o surgimento da IA teve seu início em 1943 quando alguns cientistas começaram a se questionar se era possível replicar a estrutura de um neurônio que compõe o cérebro humano, e a partir deste ponto criaram o primeiro conceito simplificado de uma célula cerebral em um modelo matemático (McCulloch & Pitts, 1943).

Em 1950, Alan Turing, criou um teste denominado de "Teste de Turing", o qual avaliava a capacidade da máquina em simular conversação com humanos, de tal forma que se o humano não pudesse distinguir se estava conversando com outra pessoa ou com a máquina, esta seria uma máquina inteligente (Turing & Haugeland, 1950).

Em 1955, em Dartmouth, o termo "inteligência artificial" foi apresentado por John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon. Os pesquisadores buscavam descobrir como instruir máquinas a empregar linguagem, forjar abstrações e conceitos, resolver classes de problemas exclusivos dos humanos e se aperfeiçoarem (McCarthy, Minsky, & Rochester, 2006).

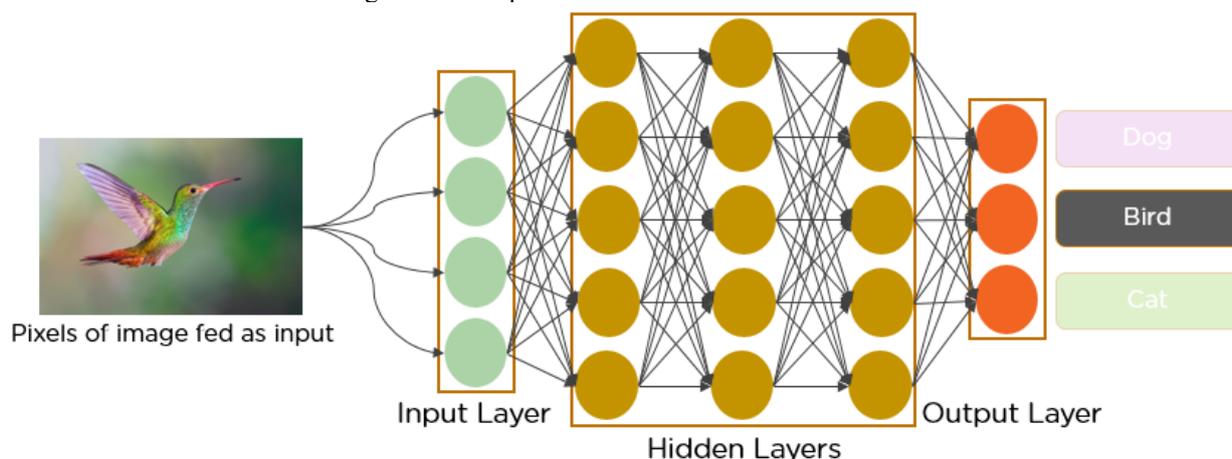
Durante todo este processo que se seguiu a Inteligência Artificial foi ganhando forma e nos dias atuais se subdivide em vários segmentos, alguns destes como o Aprendizado de Máquina (AM) e Aprendizagem Profunda (AP). No AM, os sistemas são treinados para realizar atividades inteligentes sem a necessidade de regras pré-estabelecidas, ajustando-se com base em exemplos fornecidos. Isso é especialmente relevante na área da saúde, onde o AM pode identificar padrões em dados de diagnóstico, melhorar tratamentos e até mesmo ajudar na descoberta de novos medicamentos, reduzindo assim erros humanos e melhorando os cuidados aos pacientes (Alowais, Alghamdi, Alsuhebany et al., 2023).

O AP é uma parte do AM em que os sistemas aprendem não só padrões isolados, mas também uma combinação deles, resultando em um sistema complexo. A diferença entre AM e AP está na abordagem de aprendizado e na quantidade de dados utilizados. Os pilares do AP são as Redes Neurais Artificiais (RNAs), que imitam os neurônios do cérebro em um modelo matemático não linear. Essas redes consistem em três camadas: entrada (onde as informações são inseridas), oculta (onde ocorre o processamento) e saída (onde as decisões são tomadas). O objetivo é organizar hierarquicamente as

informações da entrada para calcular os valores corretos na saída, simulando habilidades cognitivas humanas, como resolução de problemas e tomada de decisões (Nguyen, Larrivé, Lee, Bilaniuk & Durand, 2021).

Existem diferentes variações de RNAs, além desta, outra muito utilizada na área da odontologia são as Redes Neurais Convolucionais (RNCs), um tipo especializado de rede neural artificial que é muito útil ao extrair características da imagem por meio de operações convolucionais. Utilizando uma arquitetura especial de conexão de neurônios e operação matemática para processar sinais digitais sendo o algoritmo mais utilizado para reconhecimento de imagens (Ding et al., 2023).

Figura 1. Exemplo de funcionalidade de uma CNNs.



Fonte: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/05/convolutional-neural-networks-cnn/>

A IA emerge como uma ferramenta promissora no campo da odontologia. Sua adesão é cada vez mais relevante em áreas como periodontia, dentística, prótese dentária, cirurgia oral e bucomaxilofacial e odontologia legal.

Suas aplicações concentram-se principalmente no diagnóstico, tomada de decisões clínicas, planejamento terapêutico e prognóstico, o que evidencia os diversos benefícios da sua incorporação na prática odontológica rotineira (Nguyen, Larrivé, Lee, Bilaniuk, & Durand, 2021; Ossowska, Kusiak & Świetlik, 2022; Ding et al., 2023).

Tal tecnologia, quando aplicada de forma eficaz, ostenta o potencial de revolucionar o atendimento em diversas especialidades odontológicas. A jornada rumo a um futuro assistido por IA na odontologia já começou e o seu impacto promete ser transformador.

2 APLICAÇÕES DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NAS ESPECIALIDADES ODONTOLÓGICAS

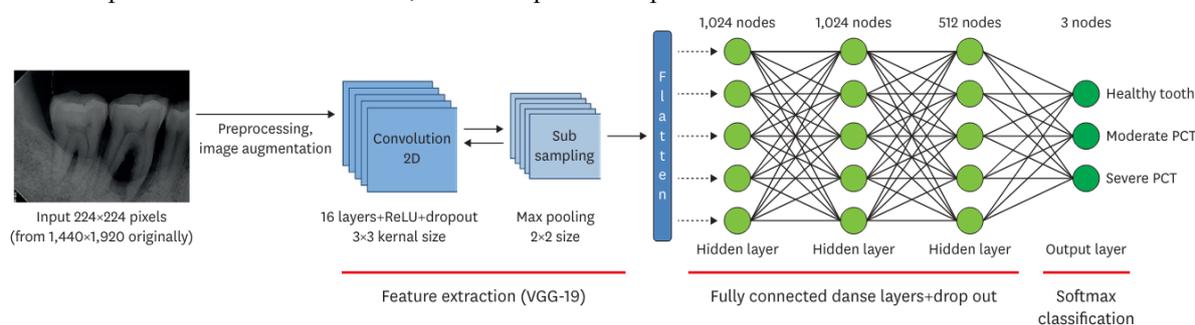
2.1 PERIODONTIA

A periodontia é uma área da odontologia cuja função é proteger e tratar os tecidos do periodonto acometidos por doenças periodontais, tais como a periodontite, onde ocorre a reabsorção óssea e, conseqüentemente, perda dentária.

A IA vem se mostrando promissora nesta área, vários estudos demonstraram a eficácia do uso de RNCs no diagnóstico de problemas periodontais. Krois et al. (2019) e Chang et al. (2020) utilizaram as RNCs para analisar radiografias com o intuito de fornecer diagnósticos eficientes e previsões sobre a doença periodontal, comparando os resultados com a opinião de profissionais experientes na área. Os dados obtidos mostraram-se semelhantes quando comparados aos profissionais, indicando que o uso de RNCs pode auxiliar no diagnóstico por imagem da doença periodontal.

É importante destacar que esses estudos têm algumas limitações, como a disponibilidade limitada de bases de dados e a qualidade variável das radiografias. Para que o sistema funcione adequadamente, é necessário elevada qualidade das radiografias, nem sempre isso se verifica.

Figura 2. Demonstração de funcionalidade de RCNs na avaliação de radiografias para avaliação se dente saudável, dente comprometido periodontalmente moderado, dente comprometido periodontalmente severo.



Fonte: Direito autoral de Chang et al., 2020.

Portanto, a utilização de redes neurais pode auxiliar os dentistas no diagnóstico da doença periodontal. Entretanto, para alcançar um diagnóstico mais preciso, é essencial realizar o exame clínico, incluindo o uso da sonda periodontal para avaliar o sangramento e o nível de profundidade de sondagem, além dos testes pulpares, que são fundamentais para o diagnóstico final (Lee, Kim, Jeong & Choi, 2018).

Thanathornwong e Suebnukarn(2020) destacam a relevância de estudos prospectivos visando ao aprimoramento das técnicas empregadas nos sistemas de IA. Ademais, a busca por sistemas de rede neural mais atualizados pode representar uma contribuição significativa para o avanço no diagnóstico da doença periodontal.



2.2 DENTÍSTICA E PRÓTESE DENTÁRIA

A dentística é o ramo da odontologia que atua na reparação dos dentes por tratamentos restauradores, enquanto a prótese dentária abrange a confecção de peças que sejam capazes de recuperar a coroa dos dentes ou substituir dentes em espaços nos quais encontram-se ausentes, visando restabelecer dessa maneira a função oral.

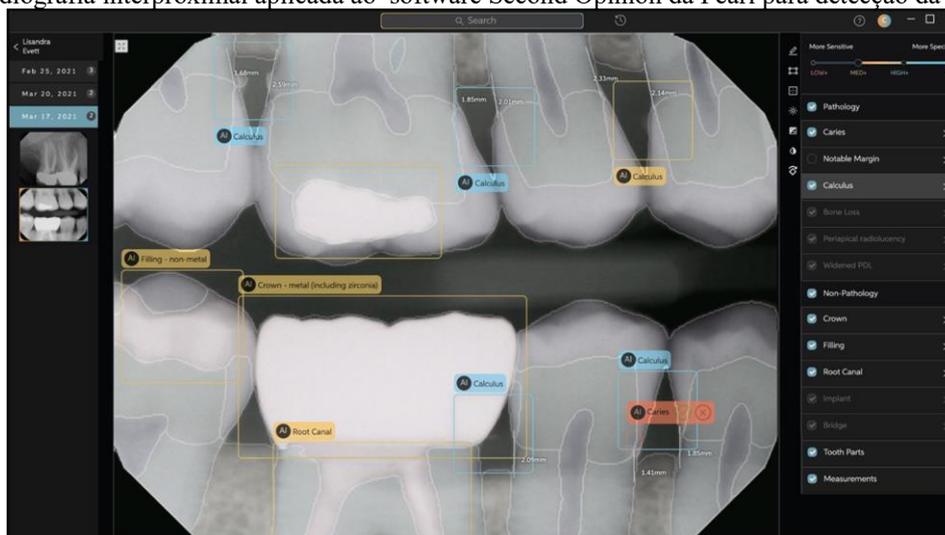
Com o desenvolvimento tecnológico, os fluxos de trabalho nessas áreas têm utilizado cada vez mais recursos digitais e com isso as aplicações da IA vêm aumentando progressivamente. Atualmente, há relatos de modelos de IA como ferramenta com potencial para auxiliar em diversas etapas dos tratamentos restauradores, com aplicações desde o diagnóstico da condição oral e planejamento inicial até a confecção de peças protéticas, o que possibilita processos de trabalho e tratamentos mais eficientes do que os métodos usualmente utilizados (Ahmed et al., 2021; Ding et al., 2023; Revilla-León et al., 2023).

A aplicação da RCNs para auxiliar no diagnóstico da condição dentária foi avaliada por alguns estudos e obteve resultado na detecção de lesões proximais em radiografias interproximais quando comparada a profissionais da área (Chen, Guo, Ye, Zhang, & Liang, 2022).

Tal tecnologia também foi capaz de identificar corretamente cáries de superfícies oclusais e lisas, assim como classificá-las nas categorias lesão de cárie não cavitada ou cavitada usando como base fotografias de dentes permanentes. Os achados reforçam a alta viabilidade da aplicação de métodos de IA para diagnóstico da cárie dentária ao ser capaz de fazê-lo com maior precisão (Kühnisch et al., 2022).

Um dos avanços mais recentes da IA com finalidade diagnóstica foi a criação do software Second Opinion da Pearl, que ultrapassou a precisão humana na detecção de sinais de patologias e condições dentárias comuns em radiografias, como cáries incipientes ou sinais precoces de radiolucência periapical (Kukucka, 2024).

Figura 3. Radiografia interproximal aplicada ao software Second Opinion da Pearl para detecção da cárie dentária.



Fonte: <https://www.hellopearl.com/products/second-opinion>

Alguns pesquisadores desenvolveram um algoritmo de visão computacional baseado em IA programado para analisar radiografias panorâmicas com o objetivo de detectar e classificar automaticamente restaurações dentárias alcançando um sucesso maior que 90% para ambas finalidades (Abdalla-Aslan et al., 2020).

Além disso, a tecnologia de IA apresentou bom desempenho para previsão da probabilidade de descolamento de coroas de resina composta, tal fato foi comprovado em uma pesquisa que avaliou coroas fabricadas com o uso de computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) a partir da análise de imagens de preparos dentários em modelos 3D obtidos por escaneamento em pacientes selecionados. Desse modo, ao ser capaz de prever possíveis falhas, o uso da IA direciona a produção de restaurações com maior precisão e segurança (Yamaguchi et al., 2019).

Os avanços tecnológicos também estão presentes no CAD/CAM, com a implementação do AI Scan 2.0 no scanner intraoral 3Shape TRIOS, que facilita a digitalização dos componentes da mandíbula e maxila. O IA Scan 2.0 exibe discernimento inteligente ao identificar tecidos moles junto com outros detalhes intraorais cruciais. O resultado é um documento digital final impecável que encapsula com precisão a situação intra oral do paciente livre de informações desnecessárias sobre tecidos moles e, portanto, mais útil em aplicações clínicas (Ding et al., 2023).

Figura 4. Scanner 3Shape TRIOS.

3shape



Fonte: <https://www.3shape.com/pt>

Outras aplicabilidades da IA estão presentes também na projeção automática de coroas e próteses parciais removíveis, que torna-se cada vez mais relevante ao auxiliar em procedimentos como seleção de cor dentária, mapeamento da linha de acabamento de preparos, previsão de alterações faciais em pacientes com próteses removíveis (Revilla-León et al., 2023).

Coroa produzidas por impressão 3D em resina composta a partir da utilização da IA obtiveram melhor adaptação marginal ao preparo, além de reduzir consideravelmente o tempo gasto quando comparado a outros métodos com trabalho humano, como enceramento e desenhos digitais (Liu et al., 2024).

Um método de IA denominado 3D-Deep Convolutional Generative Adversarial Network (3D-DCGAN) foi utilizado para produzir de maneira automática coroas dentárias usando material de dissilicato de lítio. Como resultado as peças projetadas apresentaram maior semelhança aos dentes naturais tanto quanto a morfologia quanto a biomecânica indicando que tal tecnologia é capaz de oferecer alta precisão na reprodução de coroas dentárias personalizadas (Ding et al., 2023).

Outra atribuição da IA é contribuir para análise e melhoria na composição de peças protéticas. A IA foi capaz de identificar os componentes que são efetivos para proporcionar alta resistência à flexão da resina composta e assim prever maior sucesso do desempenho dos materiais na função mastigatória (Li et al., 2022).

A otimização no processo de fundição de peças protéticas metálicas também foi possível, em um outro estudo, diante da minimização de porosidade no metal fundido e redução no tempo geral de fabricação. Frente ao exposto, maior é a possibilidade de alcançar os resultados almejados na reabilitação com próteses produzidas com auxílio da IA (Revilla-León et al., 2023).

Ressalta-se que diante dos benefícios das tecnologias que aplicam IA, tanto profissionais da odontologia quanto pacientes são favorecidos considerando a possibilidade de diagnósticos mais precisos, planejamento e execução de procedimentos de maneira mais eficaz, produção automática e ágil de peças protéticas, bem como maior conforto, segurança e rapidez nos tratamentos restauradores e protéticos. Considera-se que melhorias ainda precisam ser desenvolvidas para superar algumas limitações, como fornecer informações aprimoradas e mais estudos são necessários para ampliar a abrangência de aplicações clínicas.

2.3 BUCOMAXILOFACIAL

Na área de cirurgia oral e maxilofacial o profissional responsável se caracteriza como um Bucomaxilofacial, onde atuará no diagnóstico e tratamento de condições relacionadas à face, boca, mandíbula e estruturas associadas, treinados para lidar com uma variedade de condições, incluindo deformidades craniofaciais congênitas, traumas faciais, doenças da mandíbula, tumores orofaciais, disfunção temporomandibular e cirurgia ortognática.

2.3.1 Câncer bucal

Ultimamente, tem-se observado um interesse crescente na aplicação de técnicas de IA para prognóstico e diagnóstico do câncer bucal. Essas técnicas englobam RNAs, algoritmos genéticos, lógica difusa, entre outras e está emergindo com um impacto substancial, refinando a precisão do diagnóstico em várias disciplinas médicas (Al-Rawi et al., 2022).

Algumas pesquisas que empregam RNAs para a detecção precoce de câncer oral, utilizando tecnologia que abrange a digitalização de lâminas citológicas, já evidenciam a eficácia da IA em ser equiparável à da citologia e histologia convencionais. (Al-Rawi et al., 2022).

Outro estudo desenvolvido utilizando o RNCs para classificar pacientes com câncer de língua com base em imagens endoscópicas orais, demonstrou um desempenho aceitável no diagnóstico de câncer de língua, revelando que a RNCs demonstra maior eficácia na discriminação entre lesões malignas leves e graves. Os algoritmos de RNCs estão demonstrando ser uma ferramenta adequada para detecção de câncer. Em outro estudo foi possível a partir de imagens ópticas intraorais identificar e distinguir entre variados diferentes tipos de tumores (Heo et al., 2022).

Figura 5. Aparelho Endoscópico.



Fonte: Os autores 2024.

A IA demonstra maior precisão na análise e previsão do câncer oral em comparação com os métodos tradicionais de diagnóstico. Além disso, a maioria dos algoritmos de IA apresenta resultados precisos na previsão da ocorrência do câncer oral (Rosma et al., 2010).

Conclui-se que, a inteligência artificial demonstra maior precisão na análise e previsão do câncer oral em comparação com os métodos tradicionais de diagnóstico. Além disso, a maioria dos algoritmos de IA apresenta resultados precisos na previsão da ocorrência do câncer oral (Chauveron et al., 2024).

2.3.2 Próteses faciais

No âmbito onde ciência, tecnologia e estética convergem sinergicamente, a especialização Bucomaxilofacial, se distingue por sua capacidade singular de restaurar não apenas a funcionalidade, mas também a estética em sujeitos afetados por deformidades faciais, em sua maioria, originadas dos tratamentos oncológicos e severas mutilações resultantes, principalmente, de acidentes automobilísticos. Quando o paciente é submetido a remoção do câncer o mesmo apresentará deformações na face, e uma equipe médica multidisciplinar desenvolveu significativos projetos nos quais a aparência facial e funcional dos pacientes sejam restabelecidas através das próteses faciais.

Essa especialidade pode ser vista como um único método viável para integrar-se socialmente, colaborando diretamente para sua qualidade de vida (Carvalho et al., 2013).

Esses profissionais precisam de amplo conhecimento anatômico, especialmente quando as deformidades afetam pontos de referências de elementos faciais únicos, como o nariz, sendo assim as medidas canônicas são cruciais para uma integração harmoniosa da face (Cardoso et al., 2006).

Convencionalmente, as próteses faciais são feitas replicando as características individuais do paciente usando uma matriz de gesso e alginato. A partir desses moldes, são replicados os modelos em gesso ou cera, aos quais serão subsequentemente preenchidos pelo elastômero (Carvalho et al., 2013).

Figura 6. Prótese de orelha.



Fonte: <https://br.pinterest.com>

Apesar da compreensão morfológica e simétrica, os profissionais enfrentam restrições significativas na produção de materiais, devido à propensão a resultados inadequados, incluindo a formação de bolhas ou falhas na transferência anatômica (Brophy, 2005).

A integração da tecnologia na reconstrução da identidade emerge como uma alternativa promissora na fabricação de próteses faciais 3D, oferecendo rapidez e um alto padrão estético. As impressoras 3D utilizam inicialmente as imagens da biblioteca Eigenfaces, o método Eigenfaces extrai e codifica informações relevantes da imagem facial para análise (Agarwal et al. 2010).

Alguns autores propõem uma abordagem para a restauração de lacunas em imagens empregando RNCs, demonstrada a partir do exemplo na figura a seguir (Liu et al. 2018).

Figura 7. Representação de reconstrução facial empregando uso de RNCs.



Fonte: Os autores 2024.

Os primeiros testes não foram muito eficazes. A análise das imagens por redes neurais mostrou-se dispendiosa, especialmente com o aumento da resolução, de 64x64 para 1000x1000 pixels (Albawi et al., 2017).

Tal como os pesquisadores do passado, a busca por métodos aprimorados de reabilitação para pacientes mutilados continua, e neste contexto, a IA surge para abordar os desafios enfrentados na criação de próteses faciais (Albawi et al., 2017).

Referências importantes de conjunto de dados extensos e rotulados:

1. **Labeled Faces in the Wild (LFW):** Banco de dados com mais de 13.000 imagens de rostos coletados da web, com cada rosto rotulado. Última atualização em maio de 2017.
2. **Bosphorus Database:** Destinado a pesquisa de processamento de rosto humano em 3D e 2D, com 4666 imagens de rostos de 105 assuntos.
3. **ImageNet:** Conjunto de dados com mais de 15 milhões de imagens de alta resolução, rotuladas em 22.000 categorias, coletadas e rotuladas usando Mechanical Turk.

Figura 8. Banco de imagens.

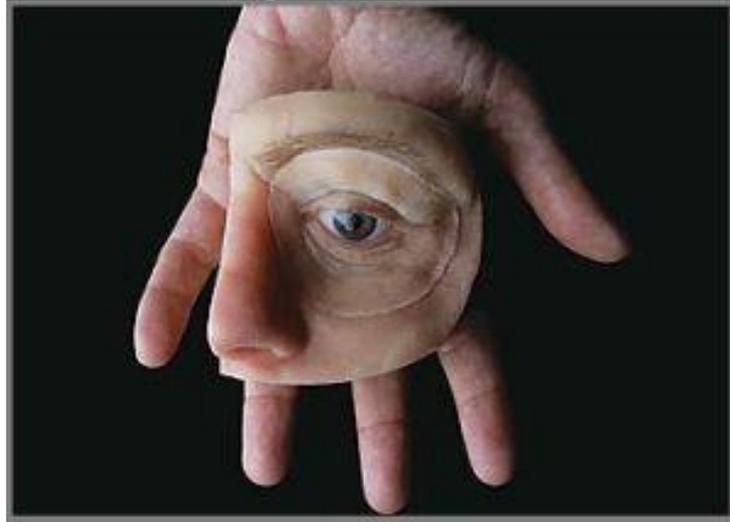


Fonte: <https://vis-www.cs.umass.edu/lfw/>

A eficácia da aplicação de um algoritmo de processamento de imagem está intrinsecamente ligada à qualidade da imagem sobre a qual é empregado (Agarwal et al. 2010).

A produção de próteses faciais 3D começa com a captura de imagens da região afetada do paciente, utilizando inteligência artificial para analisar proporções e características faciais. Após a aprovação do modelo, a inteligência artificial coordena a fabricação da prótese, considerando tanto aspectos estéticos quanto funcionais, usando a técnica de impressão 3D (Agarwal et al. 2010).

Figura 9. Prótese facial.



Fonte: <https://br.pinterest.com>

Portanto, no âmbito da confecção de próteses, a tecnologia empregada permite a produção integral desses dispositivos através da combinação de impressoras 3D e IA. Essa abordagem, baseada na plasticidade dessas tecnologias, possibilita a conformação precisa das diferentes partes constituintes da prótese, garantindo uma personalização meticulosa para atender às necessidades funcionais e estéticas do paciente (Becker et al., 2016).

2.3.3 Disfunção temporomandibular

Ainda na área de atuação do bucomaxilofacial nos deparamos com outros desafios como as DTM (disfunções temporomandibulares), onde está sendo possível observar êxito quando temos a inclusão da IA.

Geralmente as doenças relacionadas à ATM (articulação temporomandibular) incluem condições médicas que afetam a articulação e suas estruturas associadas, resultando em dor na articulação da mandíbula, disfunção e desconforto em áreas circundantes (Ozsari, Güzel, Yılmaz, & Kamburoğlu, 2023).

A aquisição de dados para o diagnóstico automatizado de doenças relacionadas à ATM desempenha um papel crucial na garantia da precisão e confiabilidade do processo diagnóstico. Os tipos e a qualidade dos dados utilizados para treinar e testar algoritmos de AM e AP influenciam significativamente o desempenho do sistema na identificação e categorização de condições relacionadas à ATM (Fang, Xiong, Lin, Wu, Xiang & Wang, 2023; Ozsari, Güzel, Yılmaz, & Kamburoğlu, 2023).

Figura 10. Dor em ATM.



Fonte: Os autores 2024.

A utilização de dados limpos e confiáveis minimiza o risco de falsos positivos ou falsos negativos e melhora o desempenho geral do sistema. O tamanho do conjunto de dados utilizado para treinar o algoritmo é de extrema importância. Garantir diversidade no conjunto de dados, abrangendo uma ampla gama de casos relacionados à DTM, é crucial para permitir que o algoritmo lide com várias condições e manifestações. Um conjunto de dados diversificado evita viés em relação a tipos específicos de DTM e melhora a capacidade do sistema de reconhecer distúrbios menos comuns (Diniz de Lima, E. et al., 2021; Farook, Jamayet, Abdullah, & Alam, 2021; Ito, S. et al., 2022; Ozsari, S. et al., 2023).

2.4 ODONTOLOGIA LEGAL

A odontologia legal é um campo de trabalho que foi regulamentado no Brasil no século passado e tem como função aplicar os conhecimentos odontológicos aos interesses da justiça para analisar, periciar e avaliar fenômenos de diversas naturezas que possam atingir o homem, desde que tal evento esteja amparado pela competência do cirurgião-dentista (Gobbo et al., 2021; Trevisol et al., 2021; Vaswani, Caenazzo & Congram, 2023).

O desenvolvimento e avanço de tecnologias de forma frequente têm revolucionado as mais diversas áreas, na odontologia legal não é diferente, o uso da IA como meio de auxílio nas perícias vem sendo cada vez mais estudado com o objetivo de fornecer um sistema de apoio ao odontologista (Neto et al., 2019; Mohammad, Ahmad, Kurniawan & Yusof, 2022).

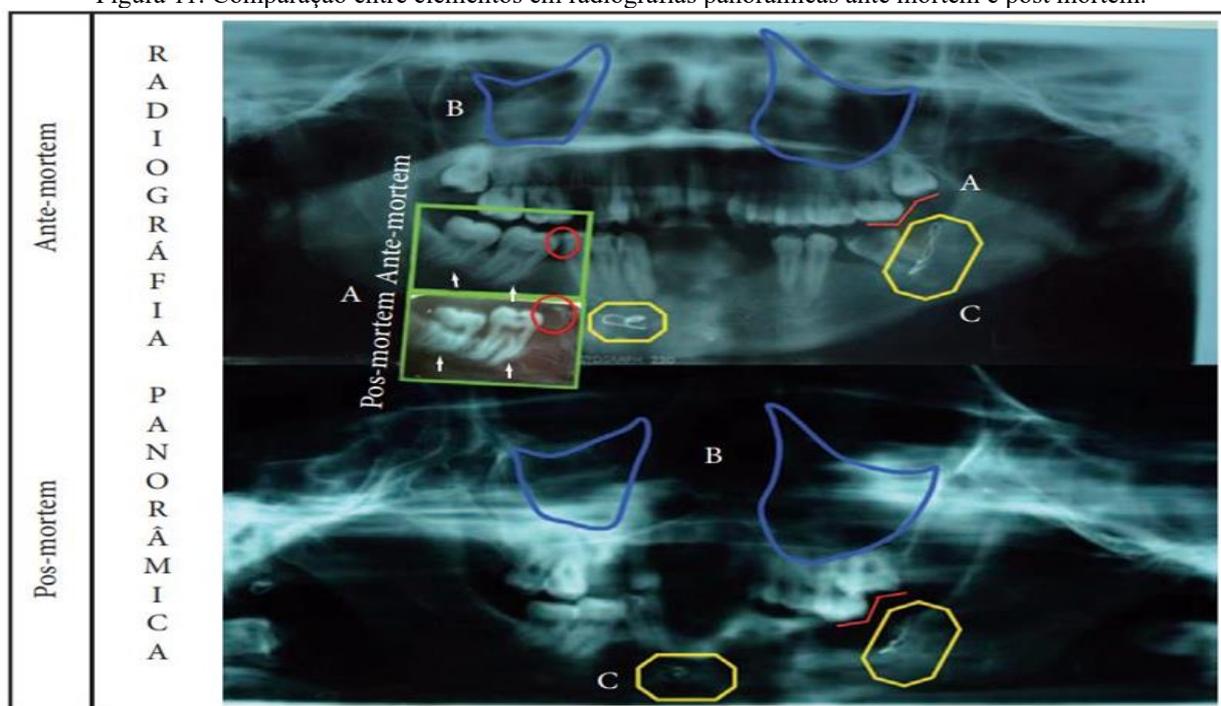
O processo de identificação humano é de suma importância para garantir a dignidade humana em uma série de contextos. Em vista disso, existem 3 métodos básicos:

1. Datiloscopia, estratégia que pode não ser aplicável dependendo do estado do indivíduo;
2. Por meio da odontologia legal, método que pode ser aplicado tanto em situações simples quanto em ocasiões extremas, como desastres naturais com muitas mortes, por conta da grande resistência dos dentes e estruturas adjacentes;

3. Identificação por DNA, técnica mais precisa, entretanto, demorada e com custos exorbitantes (Blau, Graham, Smythe & Rowbotham, 2020; Trevisol et al., 2021).

Sob essa conjuntura, a IA, com aplicação de seus subcampos, tem o potencial de fornecer um sistema estruturado de apoio à decisão do odontologista. Através do treinamento de IA com dados pré-processados de radiografias, onde são treinados a identificar características relevantes nas imagens, como, estruturas, restaurações, perdas dentárias e outras propriedades, elas seriam preparadas a reconhecer e avaliar as similaridades e diferenças entre as informações colhidas antes e depois da morte, sendo capaz de oferecer um suporte ao perito na decisão de apontar se as informações entram em acordo ou não (Neto et al., 2019; Fan et al., 2020; Kim, Ha, Jeon, Lee & Han, 2021; Mohammad et al., 2022).

Figura 11. Comparação entre elementos em radiografias panorâmicas ante mortem e post mortem.



Fonte: Direito autoral de Musse et al., 2011.

A Inteligência artificial também pode ser utilizada para a determinação da idade através de análises radiográficas. Quando o conhecimento da idade cronológica de um indivíduo vivo ou morto apresenta relevância, como em situações de vítimas sem idade comprovada, identificação de menores infratores ou de adoção de menores de idade (Heinrich, 2024; Shen et al., 2024).

Nesse contexto, a utilização de IA com técnicas de processamento de imagem e AM junto a um treinamento com grandes volumes de dados, conseguem, através de análise das radiografias panorâmicas dos indivíduos-alvo, classificar os estágios de mineralização dos dentes e produzir uma suposição de idade. Com isso, ao utilizar tais resultados em conjunto com o próprio exame realizado



pelo perito odontologista, uma precisão maior de estimativa de idade cronológica. (Miranda, Neves, Gomes, & Corte-Real, 2016; Gobbo et al., 2021; Shen et al., 2024).

3 CONCLUSÃO

Diante do exposto, a odontologia sempre avançou de maneira muito rápida, mas nunca esteve tão associada ao desenvolvimento e aplicação de tecnologias. Dentre as ferramentas tecnológicas recentes, a inteligência artificial coloca-se como objeto de grande investimento por ser capaz de revolucionar a atuação dos cirurgiões-dentistas, das mais diversas especialidades, por possibilitar a entrega de tratamentos de melhor qualidade através do aumento da precisão de diagnósticos, auxílio no planejamento e predição de resultados de tratamentos, além de reduzir o tempo de trabalho dos odontólogos. Por fim, espera-se que a partir do desenvolvimento constante e progressivo das IAs, no futuro, elas sejam capazes de superar o desempenho de especialistas possibilitando uma verdadeira revolução no cuidado com a saúde oral, impactando significativamente a qualidade de vida dos pacientes.



REFERÊNCIAS

- Abdalla-Aslan, R., et al. (2020). An artificial intelligence system using machine learning for automatic detection and classification of dental restorations in panoramic radiography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology*, 130(5), 593–602. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32646672/>
- Agarwal, M., Jain, N., Kumar, M., & Agrawal, H. (2010). Face recognition using eigen faces and artificial neural network. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 2(4), 624-629. doi:10.7763/IJCTE.2010.V2.213
- Ahmed, N., et al. (2021). Artificial intelligence techniques: Analysis, application, and outcome in dentistry-A systematic review. *BioMed Research International*, 2021(7), 1–15. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34258283/>
- Albawi, S., Mohammed, T. A., & Al-Zawi, S. (2017). Understanding of a convolutional neural network. In *International Conference on Engineering and Technology* (pp. 1-6). doi:10.1109/icengtechnol.2017.8308186
- Alowais, S.A., Alghamdi, S.S., Alsuhebany, N., et al. (2023). Revolutionizing healthcare: The role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC Medical Education*, 23, 689. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04698-z>
- Al-Rawi, N., et al. (2022). The effectiveness of artificial intelligence in detection of oral cancer. *International Dental Journal*.
- Bankman, I. (2008). *Handbook of medical image processing and analysis* (2nd ed.). Burlington, MA, EUA: Academic Press.
- Becker, C., Becker, A. M., & Pfeiffer, J. (2016). Health-related quality of life in patients with nasal prosthesis. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 44(1), 75-79. doi:10.1016/j.jcms.2015.10.028
- Brophy, J. E. (2005). Research on the self-fulfilling prophecy and teacher expectation. *Oral Biology*, 27, 27-28.
- Cardoso, M. D., Souza, E. H., Cardoso, A. J., Lobo, J. S., & Cardoso, S. O. (2006). Importância da reabilitação protética nasal. *Revista de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial*, 6(1), 43-46.
- Carvalho, J. C. M., Dias, R. B., André, M., Mattos, B. S. C., & Crivello Junior, O. (2013). *Reabilitação protética craniomaxilofacial*. São Paulo: Editora Santos.
- Chang, H.J., Lee, S.J., Yong, T.H., et al. (2020). Deep learning hybrid method to automatically diagnose periodontal bone loss and stage periodontitis. *Scientific Reports*, 10, 7531. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64509-z>
- Chen, X., Guo, J., Ye, J., Zhang, M., & Liang, Y. (2022). Detection of proximal caries lesions on bitewing radiographs using deep learning method. *Caries Research*, 56(5-6), 455–463. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36215971/>
- Chollet, F. (2017). *Deep Learning with Python*. Shelter Island: Manning.

Ding, H., Wu, J., Zhao, W., Matinlinna, J., & Burrow, M., Tsoi, J. (2023). Artificial intelligence in dentistry—A review. *Frontiers in Dental Medicine*, 4. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdmed.2023.1085251/full>

Diniz de Lima, E., Souza Paulino, J. A., Lira de Farias Freitas, A. P., Viana Ferreira, J. E., Barbosa, J. da S., Bezerra Silva, D. F., Bento, P. M., Araújo Maia Amorim, A. M., & Melo, D. P. (2021). Artificial intelligence and infrared thermography as auxiliary tools in the diagnosis of temporomandibular disorder. *Dentomaxillofacial Radiology*. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20210318>

Fang, X., Xiong, X., Lin, J., Wu, Y., Xiang, J., & Wang, J. (2023). Machine-learning-based detection of degenerative temporomandibular joint diseases using lateral cephalograms. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 163(2), 260-271.e5. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2022.10.015>

Fan, F., Ke, W., Wu, W., Tian, X., Lyu, T., Liu, Y., Liao, P., Dai, X., Chen, H., & Deng, Z. (2020). Automatic human identification from panoramic dental radiographs using the convolutional neural network. *Forensic Science International*, 314, 110416. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110416>

Farook, T. H., Jamayet, N. B., Abdullah, J. Y., & Alam, M. K. (2021). Machine Learning and Intelligent Diagnostics in Dental and Orofacial Pain Management: A Systematic Review. *Pain Research and Management*, 2021, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2021/6659133>

Gobbo, S. F. R., Alonso, M. B. C., Kawamoto, K. K. M., Teixeira, D. de B., Silva, R. H. A. da, & Comar, L. P. (2021). Estimativa da idade dental pelo método de nicodemo em uma população da região sudeste do Brasil. *Revista Criminalística E Medicina Legal*, 06(01), 10–18. <https://doi.org/10.51147/rcml044.2021>

Heo, J., Lim, J.H., Lee, H.R., et al. (2022). Modelo de aprendizagem profunda para diagnóstico de câncer de língua usando imagens endoscópicas. *Scientific Reports*, 12, 6281.

Heinrich, A. (2024). Accelerating computer vision-based human identification through the integration of deep learning-based age estimation from 2 to 89 years. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54877-1>

Ito, S., Mine, Y., Yoshimi, Y., Takeda, S., Tanaka, A., Onishi, A., Peng, T.-Y., Nakamoto, T., Toshikazu Nagasaki, Naoya Kakimoto, Murayama, T., & Tanimoto, K. (2022). Automated segmentation of articular disc of the temporomandibular joint on magnetic resonance images using deep learning. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04354-w>

Jaya Suji, R., & Dr. Rajagopalan, S.P. (2013). Uma classificação automática de câncer oral usando técnicas de mineração de dados. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*, 2(10).

Kim, Y. H., Ha, E.-G., Jeon, K. J., Lee, C., & Han, S.-S. (2021). A fully automated method of human identification based on dental panoramic radiographs using a convolutional neural network. *Dentomaxillofacial Radiology*, 51. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20210383>

Krois, J., Ekert, T., Meinhold, L., et al. (2019). Deep learning for the radiographic detection of periodontal bone loss. *Scientific Reports*, 9, 8495. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44839-3>

Kukucka, E. (2024). The transformative power of AI in dentistry. *International Magazine of Artificial Intelligence in Dentistry*, 1, 06-09. <https://us.dental-tribune.com/e-paper/ce-magazines/ai-dentistry-international/ai-dentistry-international-magazine-of-artificial-intelligence-in-dentistry-preview/>



Kühnisch, J., et al. (2022). Caries detection on intraoral images using artificial intelligence. *Journal of Dental Research*, 101(2), 158–165. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34416824/>

Lee, J.H., Kim, D.H., Jeong, S.N., & Choi, S.H. (2018). Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 48(2), 114-123. <https://doi.org/10.5051/jpis.2018.48.2.114>

Liu, C.M., Lin, W.C., & Lee, S.Y. (2024). Evaluation of the efficiency, trueness, and clinical application of novel artificial intelligence design for dental crown prostheses. *Dental Materials*, 40(1), 19–27. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37858418/>

McCarthy, J., Minsky, M., Rochester, N., & Shannon, C.E. (2006). A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence. *AI Magazine*, 27(4), 12–14. <http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>

Miranda, S. S., Neves, D. M. P. D., Gomes, F. J. da S., & Corte-Real, A. T. (2016). Estimativa da idade pela mineralização dentária utilizando o método de Nicodemo, Morais e Médiçi Filho (1974) em população portuguesa. *Arquivos Em Odontologia*, 51(3). <https://doi.org/10.7308/aodontol/2015.51.3.06>

Mohammad, N., Ahmad, R., Kurniawan, A., & Yusof, M. Y. P. M. (2022). Applications of contemporary artificial intelligence technology in forensic odontology as primary forensic identifier: A scoping review. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5. <https://doi.org/10.3389/frai.2022.1049584>

Musse, J. D. O., Marques, J. A. M., Vilas Boas, C. D. F., Sousa, R. S. V. de, & Oliveira, R. N. de. (2011). Importância pericial das radiografias panorâmicas e da análise odontológica para identificação humana: relato de caso. *Revista Odontologia da UNESP, Araraquara*, 40(2), 108–111.

Nayak, G.S., Kamath, S., Pai, K.M., Sarkar, A., Ray, S., Kurien, J., D’Almeida, L., Krishnanand, B.R., Santhosh, C., Kartha, V.B., et al. (2006). Principal component analysis and artificial neural network analysis of oral tissue fluorescence spectra: Classification of normal premalignant and malignant pathological conditions. *Biopolymers*, 82, 152–166.

Neto, C. D. do N., Borges, K. F. L., Souza, C. M. de, Magioni, M. G. L. K., Baggieri, B. R., & Pereira, A. L. (2019). Inteligência artificial como ferramenta para identificação humana em odontologia legal. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 82–96.

Nguyen, T.T., Larrivé, N., Lee, A., Bilaniuk, O., & Durand, R. (2021). Use of artificial intelligence in dentistry: Current clinical trends and research advances. *Journal of the Canadian Dental Association*, 87, 17. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34343070/>

Ossowska, A., Kusiak, A., & Świetlik, D. (2022, March 15). Artificial intelligence in dentistry—Narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3449. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35329136/>

Ozsari, S., Güzel, M. S., Yılmaz, D., & Kamburoğlu, K. (2023). A Comprehensive Review of Artificial Intelligence Based Algorithms Regarding Temporomandibular Joint Related Diseases. *Diagnostics*, 13(16), 2700. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13162700>

Pérez de Frutos, J., Holden Helland, R., Desai, S., Nymo, L.C., Langø, T., Remman, T., & Sen, A. (2024). AI-Dentify: Deep learning for proximal caries detection on bitewing x-ray - HUNT4 Oral

Health Study. BMC Oral Health, 24(1), 344.
<https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-024-04120-0>

Praveena Kirubabai, M., & Arumugam, G. (2021). Método de classificação de aprendizagem profunda para detectar e diagnosticar as regiões cancerígenas em imagens de ressonância magnética oral. *Atualização Médico Legal*, 21(1).

Ramezani, K., & Tofangchiha, M. (2022). Oral cancer screening by artificial intelligence-oriented interpretation of optical coherence tomography images. *Radiology Research and Practice*, 2022(1), 1–10.

Revilla-León, M., et al. (2022). Artificial intelligence applications in restorative dentistry: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(5), 867–875.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022391321000871>

Revilla-León, M., Gómez-Polo, M., Vyas, S., Barmak, A.B., Gallucci, G.O., Att, W., Özcan, M., & Krishnamurthy, V.R. (2023). Artificial intelligence models for tooth-supported fixed and removable prosthodontics: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 129(2), 276–292.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34281697/>

Simões, F. G., Reis, R. C., & Dias, R. D. (2009). A especialidade de prótese bucomaxilofacial e sua atuação na odontologia. *RSBO*, 6(3), 327-331.

Shen, S., Guo, Y., Han, J., Sui, M., Zhou, Z., & Tao, J. (2024). Predicting chronological age of 14 or 18 in adolescents: integrating dental assessments with machine learning. *BMC Pediatrics*, 24(1).
<https://doi.org/10.1186/s12887-024-04722-1>

Thanathornwong, B., & Suebnukarn, S. (2020). Automatic detection of periodontal compromised teeth in digital panoramic radiographs using faster regional convolutional neural networks. *Imaging Science in Dentistry*, 50(2), 169-174. <https://doi.org/10.5624/isd.2020.50.2.169>

Turing, A.M., & Haugeland, J. (1950). *Computing machinery and intelligence*. MIT Press.
<https://phil415.pbworks.com/f/TuringComputing.pdf>

Trevisol, S., Tiecher, C., Coelho, A. M., Loureiro, M. A., Thiel, R. R., & Ehrhardt, A. (2021). Odontologia Forense: sua importância e meios de identificação post mortem. *Revista Brasileira de Criminalística*, 10(1), 11–21. <https://doi.org/10.15260/rbc.v10i1.410>

Uthoff, R.D., Song, B., Sunny, S., Patrick, S., Suresh, A., Kolar, T., Keerthi, G., Spires, O., Anbarani, A., & Wilder-Smith, P. (2018). Point-of-care, smartphone-based, dual-modality, dual-view, oral cancer screening device with neural network classification for low-resource communities. *PLoS ONE*, 13, 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207493>

Vaswani, V., Caenazzo, L., & Congram, D. (2023). Corpses identification in mass disasters and other violence: the ethical challenges of a humanitarian approach. *Forensic Sciences Research*, 9(1).
<https://doi.org/10.1093/fsr/owad048>

Yamaguchi, S., Lee, C., Karaer, O., Ban, S., Mine, A., & Imazato, S. (2019). Predicting the debonding of CAD/CAM composite resin crowns with AI. *Journal of Dental Research*, 98(11), 1234–1238.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31379234/>