



ISSN 2674-8169



Qualis B3
CAPES 2021-2024

Latindex



DOI

Google
Acadêmico

ANÁLISE FACIAL POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UMA NOVA FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO E PLANEJAMENTO ESTÉTICO POR MÉDICOS E CIRURGIÕES-DENTISTAS

Layannara Nascimento Santos¹ Ana Carolina Bragança da Silva Rocha² Ticiany de Fátima de Souza Duarte³ Laura Cristina da Silva Faour-Velocci⁴ Luiz Henrique do Nascimento Velocci⁵ Juliana Martins Ferreira⁶ Leandro Rago de Souza⁷ Sophia Fernandes dos Santos⁸ Carla Maria Melleiro Gimenez⁹ Eduardo Guimarães Moreira Mangolin¹⁰ Luciene Santos Salles¹¹ Diogo Henrique Juliano Pinto de Moura¹² Eduarda Miranda Cattoni¹³ Maria Julia Marques Cruz Bogéa¹⁴ Ana Carolina Meireles Dias Bark¹⁵ Cristiane Cunha Lima¹⁶ Luiza Nunes Cardoso¹⁷ Karina Victória Campos Santos¹⁸ Rodney Capp Pallotta¹⁹



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2026v8n8p1210-1229>

Artigo recebido em 21 de Julho e publicado em 21 de Agosto de 2026

ARTIGO DE REVISÃO

RESUMO

A análise facial é uma etapa fundamental para a avaliação e o planejamento de procedimentos estéticos realizados por médicos e cirurgiões-dentistas, permitindo identificar proporções, assimetrias e características dos tecidos faciais. Com o avanço das tecnologias digitais, a inteligência artificial tem sido incorporada a esse processo como ferramenta capaz de automatizar mensurações e auxiliar na interpretação de imagens. Este trabalho teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão da literatura, a aplicação da inteligência artificial na análise facial, destacando suas contribuições, possibilidades e limitações para a avaliação e o planejamento estético. Foram analisados estudos científicos publicados entre 2021 e 2025 relacionados à utilização de aprendizado de máquina, aprendizado profundo e redes neurais na avaliação craniofacial. As evidências demonstraram aplicações na localização automática de pontos anatômicos, análise de fotografias e imagens tridimensionais, avaliação de proporções e assimetrias, interpretação cefalométrica e previsão de alterações dos tecidos moles. Os estudos também indicaram potencial para aumentar a padronização, a rapidez e a reprodutibilidade das avaliações, oferecendo informações complementares para a tomada de decisão clínica. Entretanto, foram identificadas limitações relacionadas à qualidade e diversidade dos bancos de dados, precisão variável entre sistemas, capacidade de generalização dos algoritmos e necessidade de validação clínica. Conclui-se que a inteligência artificial representa uma ferramenta promissora para a análise facial e o planejamento estético, podendo contribuir para

avaliações mais objetivas e individualizadas. Contudo, sua utilização deve permanecer associada à avaliação clínica e à supervisão profissional, não substituindo o julgamento do médico ou cirurgião-dentista responsável pelo tratamento.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Aprendizado de Máquina. Face. Estética. Diagnóstico por Imagem. Odontologia.

Artificial Intelligence-Based Facial Analysis: A New Tool for Aesthetic Assessment and Planning for Physicians and Dentists

ABSTRACT

Facial analysis is a fundamental step in the assessment and planning of aesthetic procedures performed by physicians and dental surgeons, allowing the identification of proportions, asymmetries, and characteristics of facial tissues. With the advancement of digital technologies, artificial intelligence has been incorporated into this process as a tool capable of automating measurements and assisting image interpretation. This study aimed to analyze, through a literature review, the application of artificial intelligence in facial analysis, highlighting its contributions, possibilities, and limitations for aesthetic assessment and planning. Scientific studies published between 2021 and 2025 addressing the use of machine learning, deep learning, and neural networks in craniofacial assessment were analyzed. The evidence demonstrated applications in automatic anatomical landmark detection, analysis of photographs and three-dimensional images, assessment of proportions and asymmetries, cephalometric interpretation, and prediction of soft tissue changes. The studies also indicated the potential to increase standardization, speed, and reproducibility of assessments, providing complementary information for clinical decision-making. However, limitations were identified regarding the quality and diversity of databases, variable accuracy among systems, algorithm generalizability, and the need for clinical validation. It is concluded that artificial intelligence represents a promising tool for facial analysis and aesthetic planning and may contribute to more objective and individualized assessments. Nevertheless, its use should remain associated with clinical evaluation and professional supervision, without replacing the judgment of the physician or dental surgeon responsible for treatment.

Keywords: Artificial Intelligence. Machine Learning. Face. Esthetics. Diagnostic Imaging. Dentistry.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



INTRODUÇÃO

A análise facial constitui uma etapa fundamental no planejamento de procedimentos médicos e odontológicos que envolvem modificações estéticas e funcionais da face. Tradicionalmente, essa avaliação é realizada por meio da observação clínica, fotografias, medidas antropométricas e exames de imagem, permitindo identificar proporções, assimetrias e relações entre os componentes faciais. Entretanto, parte desse processo depende da experiência e da interpretação do profissional, o que pode gerar variações entre avaliadores. A incorporação da inteligência artificial (IA) à análise facial surge como uma alternativa para automatizar a identificação de estruturas e produzir medidas quantitativas de maneira padronizada, oferecendo informações complementares para o diagnóstico e o planejamento clínico (BICHU *et al.*, 2021).

A inteligência artificial compreende diferentes recursos computacionais capazes de reconhecer padrões e executar tarefas a partir do processamento de grandes conjuntos de dados. Entre suas principais aplicações estão o aprendizado de máquina, o aprendizado profundo e as redes neurais convolucionais, tecnologias que têm demonstrado capacidade para interpretar imagens médicas e odontológicas. Na avaliação da região craniofacial, esses sistemas podem auxiliar na identificação automática de pontos anatômicos, classificação de características faciais e processamento de fotografias e exames radiográficos, contribuindo para tornar determinadas etapas diagnósticas mais rápidas e reproduzíveis (MONILL-GONZÁLEZ *et al.*, 2021).

A aplicação da IA especificamente no diagnóstico médico e odontológico da face apresenta possibilidades relacionadas à análise de fotografias, reconhecimento de estruturas anatômicas e avaliação de características morfológicas. Algoritmos treinados adequadamente podem detectar informações que posteriormente são transformadas em parâmetros objetivos para auxiliar a interpretação profissional. Apesar dessas possibilidades, fatores como qualidade das imagens, composição dos bancos de dados, diversidade das populações utilizadas no treinamento e capacidade de generalização dos modelos precisam ser considerados antes de sua utilização rotineira. Dessa forma, a IA deve ser compreendida como tecnologia complementar à avaliação clínica, e não

como substituta do julgamento profissional (PATCAS *et al.*, 2022).

O avanço dessas tecnologias amplia as perspectivas de utilização da análise facial computadorizada por médicos e cirurgiões-dentistas envolvidos em procedimentos estéticos, ortodônticos e cirúrgicos. Modelos atuais conseguem trabalhar com fotografias bidimensionais, imagens tridimensionais e dados craniofaciais, permitindo identificar pontos anatômicos e calcular relações faciais de forma automatizada. Contudo, a adoção clínica responsável exige compreensão de suas limitações, validação dos algoritmos e supervisão profissional. Assim, investigar as aplicações contemporâneas da inteligência artificial na análise facial é relevante para compreender seu potencial como ferramenta auxiliar na avaliação e no planejamento estético individualizado (NORDBLOM *et al.*, 2024).

METODOLOGIA

REVISÃO DE LITERATURA

A aplicação de técnicas de inteligência artificial na Ortodontia apresentou crescimento significativo nos últimos anos, especialmente em tarefas relacionadas à interpretação de imagens, localização de pontos anatômicos, diagnóstico e planejamento terapêutico. O aprendizado de máquina possibilita processar conjuntos extensos de informações e identificar padrões capazes de apoiar decisões clínicas. Entretanto, o desempenho desses sistemas está diretamente relacionado à qualidade e representatividade dos dados utilizados no treinamento, tornando indispensável a avaliação crítica de sua capacidade de generalização antes da implementação clínica (KHANAGAR *et al.*, 2021).

A análise da estética facial constitui uma das possibilidades de utilização da inteligência artificial, uma vez que algoritmos podem processar fotografias e estabelecer associações entre determinadas características da face e parâmetros de atratividade. Em estudo envolvendo fotografias padronizadas, a IA foi utilizada para investigar a influência da estética dentária sobre a atratividade facial e a percepção de idade. Os resultados demonstraram que modificações dentárias podem interferir na avaliação global da aparência, indicando que os componentes dentários devem ser considerados

dentro do conjunto facial durante o planejamento estético (OBWEGESER *et al.*, 2022).

O reconhecimento automatizado de pontos faciais tridimensionais representa outro avanço relevante para a análise craniofacial. Métodos convencionais de marcação manual podem consumir tempo e apresentar variações entre examinadores, enquanto sistemas automatizados procuram estabelecer pontos anatômicos de maneira padronizada. A revisão sistemática sobre métodos de localização automática em imagens faciais tridimensionais demonstrou resultados promissores quanto à precisão e à confiabilidade, embora diferenças metodológicas entre algoritmos e bancos de imagens ainda dificultem a comparação direta e a definição de um padrão universal para aplicação clínica (AL-BAKER *et al.*, 2023).

O desenvolvimento de redes neurais profundas permitiu ampliar a automatização da identificação dos tecidos moles da face. Um modelo destinado à predição automática de pontos anatômicos em imagens faciais tridimensionais demonstrou a possibilidade de localizar referências importantes para mensurações craniofaciais utilizando técnicas de detecção de objetos e aprendizado profundo. A automatização dessas marcações pode contribuir para avaliações quantitativas da simetria, proporções e relações entre diferentes regiões faciais, reduzindo etapas manuais durante o processamento dos registros clínicos (ZHANG *et al.*, 2023).

O emprego de inteligência artificial na localização de referências cefalométricas tridimensionais também vem apresentando resultados relevantes. A utilização de conjuntos de dados provenientes de diferentes centros é especialmente importante porque aproxima o treinamento dos algoritmos da diversidade encontrada na prática clínica. Modelos de aprendizado profundo aplicados à tomografia computadorizada de feixe cônico podem auxiliar na localização automática de pontos craniofaciais utilizados na avaliação de discrepâncias esqueléticas e no planejamento ortodôntico e cirúrgico, embora a precisão possa variar conforme o ponto anatômico analisado (SAHLSTEN *et al.*, 2024).

Nas imagens tridimensionais da superfície facial, redes neurais convolucionais também têm demonstrado capacidade para automatizar a localização de referências anatômicas. Um modelo desenvolvido a partir de 408 imagens faciais tridimensionais, contendo 37 pontos anatômicos previamente marcados, apresentou erro médio geral de localização de aproximadamente 0,83 mm. Além disso, a maioria dos pontos

apresentou erros inferiores a 1 mm, demonstrando que sistemas automatizados podem alcançar desempenho próximo ao das marcações de referência em determinadas condições clínicas e contribuir para avaliações ortodônticas e ortognáticas mais eficientes (AL-BAKER *et al.*, 2024).

A capacidade de prever alterações dos tecidos moles após intervenções esqueléticas amplia a aplicação da inteligência artificial no planejamento facial. Uma revisão sobre modelos de IA empregados na previsão das mudanças faciais após cirurgia ortognática identificou resultados promissores em diferentes regiões da face. Entretanto, foram observadas limitações relacionadas ao tamanho das amostras e à ausência de validação externa de determinados modelos. Esses aspectos demonstram que resultados computacionais devem ser interpretados com cautela, principalmente quando utilizados para apresentar ao paciente possíveis resultados estéticos antes de procedimentos capazes de modificar sua aparência facial (ALMARHOUMI, 2024).

Mais recentemente, modelos multimodais de inteligência artificial também passaram a ser investigados diretamente na análise facial voltada à cirurgia plástica. A comparação de diferentes modelos demonstrou que essas tecnologias conseguem reconhecer características faciais e produzir avaliações relacionadas a aspectos relevantes para o planejamento estético. Entretanto, foram identificadas diferenças no desempenho entre os sistemas, indicando que a análise produzida pela IA ainda não deve ser interpretada como avaliação clínica definitiva. Sua utilização apresenta maior potencial quando funciona como ferramenta complementar, permitindo ao médico ou cirurgião-dentista integrar informações automatizadas aos achados clínicos e às necessidades individuais do paciente (HAIDER *et al.*, 2025).

Este artigo tem como objetivo, analisar, por meio de uma revisão da literatura, a aplicação da inteligência artificial na análise facial como ferramenta auxiliar para médicos e cirurgiões-dentistas, destacando sua utilização na avaliação de características anatômicas, proporções, simetrias e tecidos faciais, bem como sua contribuição para o diagnóstico e o planejamento estético. Busca-se também identificar as principais possibilidades, benefícios e limitações dessas tecnologias, considerando sua precisão, aplicabilidade clínica e importância como recurso complementar à avaliação profissional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A incorporação da inteligência artificial à análise facial representa uma evolução importante dos métodos empregados na avaliação e no planejamento de procedimentos médicos e odontológicos. De modo geral, os estudos analisados convergem ao demonstrar que algoritmos de aprendizado de máquina e aprendizado profundo apresentam capacidade crescente para identificar estruturas anatômicas, realizar mensurações, reconhecer padrões craniofaciais e auxiliar diferentes etapas do planejamento clínico. Bichu *et al.* (2021) destacaram a expansão das aplicações da inteligência artificial na Ortodontia, enquanto Monill-González *et al.* (2021) observaram que essas tecnologias apresentam potencial principalmente nas atividades relacionadas ao diagnóstico e ao planejamento. Os dois estudos apresentam perspectivas semelhantes ao reconhecerem a capacidade da IA de tornar determinadas tarefas mais rápidas e padronizadas, mas também ressaltam que sua incorporação clínica depende da qualidade dos sistemas utilizados e da adequada interpretação dos resultados pelo profissional.

Ao comparar Bichu *et al.* (2021) com Khanagar *et al.* (2021), observa-se uma concordância ainda mais evidente quanto ao papel do aprendizado de máquina na transformação dos métodos diagnósticos empregados na Ortodontia. Bichu *et al.* (2021) apresentaram uma visão ampla das aplicações da IA, incluindo diagnóstico, planejamento e diferentes atividades relacionadas à especialidade, enquanto Khanagar *et al.* (2021) enfatizaram as tendências existentes e as possibilidades futuras do aprendizado de máquina. Em conjunto, os autores demonstram que a automatização não deve ser compreendida apenas como uma forma de substituir procedimentos manuais, mas como uma estratégia capaz de processar grandes volumes de informações e fornecer dados adicionais para a tomada de decisão. Ao mesmo tempo, Khanagar *et al.* (2021) chamam atenção para a dependência da qualidade e representatividade dos dados de treinamento, aspecto essencial para evitar que resultados aparentemente precisos sejam utilizados fora das condições nas quais os algoritmos foram desenvolvidos.

Essa preocupação também está presente em Patcas *et al.* (2022), que abordaram

especificamente as oportunidades e os desafios da inteligência artificial aplicada ao diagnóstico médico e odontológico da face. Quando comparados a Bichu *et al.* (2021), Monill-González *et al.* (2021) e Khanagar *et al.* (2021), Patcas *et al.* (2022) ampliam a discussão ao direcionar a análise para a região facial e para a necessidade de considerar não somente o desempenho técnico dos algoritmos, mas também sua aplicabilidade diante da diversidade encontrada entre os pacientes. Assim, enquanto os trabalhos de 2021 evidenciam principalmente o crescimento e as possibilidades da tecnologia no campo ortodôntico, Patcas *et al.* (2022) reforçam uma perspectiva crítica sobre sua utilização clínica, destacando que bancos de dados, características populacionais e condições de aquisição das imagens podem influenciar diretamente os resultados.

A discussão sobre a utilização da IA na análise facial também envolve uma dimensão estética que ultrapassa a simples localização de pontos anatômicos. Obwegeser *et al.* (2022) demonstraram que a inteligência artificial pode ser empregada para estudar a influência da estética dentária sobre a atratividade facial e a percepção de idade, aproximando a tecnologia de aspectos diretamente relacionados ao planejamento estético. Esse enfoque difere parcialmente daquele apresentado por Patcas *et al.* (2022), pois enquanto estes se concentraram nas possibilidades diagnósticas da IA aplicada à face, Obwegeser *et al.* (2022) exploraram a relação entre características dentárias e a percepção estética global. Entretanto, os trabalhos se complementam ao evidenciarem que a análise facial não deve considerar estruturas isoladamente. Para médicos e cirurgiões-dentistas envolvidos com estética, essa constatação é particularmente relevante, uma vez que alterações realizadas em determinada região podem modificar a percepção do conjunto facial.

Os achados de Obwegeser *et al.* (2022) também permitem estabelecer uma relação com Monill-González *et al.* (2021), principalmente quanto à possibilidade de utilizar algoritmos para identificar padrões que não seriam facilmente quantificados apenas pela observação clínica convencional. Enquanto Monill-González *et al.* (2021) apresentaram a IA como recurso capaz de apoiar diferentes tarefas diagnósticas e ortodônticas, Obwegeser *et al.* (2022) demonstraram uma aplicação mais específica, envolvendo a percepção estética. Essa diferença evidencia a amplitude das possibilidades da tecnologia, que pode atuar tanto em avaliações objetivas, como localização de referências anatômicas e realização de medidas, quanto em investigações

envolvendo características estéticas mais complexas. Contudo, a percepção de beleza possui componentes individuais, culturais e sociais, fazendo com que resultados derivados de modelos computacionais não possam ser considerados critérios absolutos para a definição do tratamento.

No campo da análise tridimensional, Al-Baker *et al.* (2023) aprofundaram a investigação sobre a localização automática de pontos faciais e demonstraram resultados promissores em relação à precisão e confiabilidade desses métodos. Esse estudo apresenta relação direta com as considerações de Bichu *et al.* (2021) e Khanagar *et al.* (2021), pois fornece evidências mais específicas sobre uma das aplicações que anteriormente eram apresentadas dentro de um conjunto mais amplo de possibilidades da inteligência artificial. Al-Baker *et al.* (2023), entretanto, identificaram diferenças metodológicas entre algoritmos e bancos de imagens, mostrando que o desenvolvimento tecnológico não elimina a necessidade de padronização científica. Portanto, a elevada precisão observada em determinados sistemas não significa necessariamente que todos os algoritmos disponíveis apresentem desempenho semelhante ou possam ser aplicados indistintamente em diferentes populações.

A possibilidade de automatizar a localização de pontos anatômicos foi igualmente explorada por Zhang *et al.* (2023), que empregaram técnicas de detecção de objetos e aprendizado profundo para prever referências dos tecidos moles em imagens faciais tridimensionais. Comparando Zhang *et al.* (2023) com Al-Baker *et al.* (2023), percebe-se que os estudos se complementam metodologicamente. Al-Baker *et al.* (2023) analisaram de maneira abrangente as evidências disponíveis sobre métodos automáticos de localização tridimensional, enquanto Zhang *et al.* (2023) apresentaram uma aplicação concreta baseada em redes neurais profundas. Dessa maneira, a revisão de Al-Baker *et al.* (2023) fornece uma visão geral sobre o estágio de desenvolvimento da tecnologia, enquanto Zhang *et al.* (2023) demonstram como um sistema específico pode executar uma das tarefas necessárias para a análise facial automatizada.

Os resultados de Zhang *et al.* (2023) reforçam ainda a proposta apresentada anteriormente por Patcas *et al.* (2022) de que a inteligência artificial pode fornecer parâmetros quantitativos complementares ao exame profissional. A identificação automatizada de pontos dos tecidos moles permite posteriormente calcular distâncias, ângulos, proporções e assimetrias, informações fundamentais para a avaliação estética.

Entretanto, Patcas *et al.* (2022) apresentam uma perspectiva mais cautelosa, enfatizando as limitações relacionadas à generalização dos modelos. Portanto, a comparação demonstra que avanços técnicos observados em estudos específicos devem ser acompanhados de validação externa antes da incorporação definitiva à rotina clínica.

Essa evolução torna-se ainda mais evidente nos estudos publicados em 2024. Sahlsten *et al.* (2024) investigaram o aprendizado profundo aplicado à localização de referências cefalométricas tridimensionais utilizando um conjunto heterogêneo e multicêntrico de tomografias computadorizadas de feixe cônico. A utilização de dados provenientes de diferentes centros representa um aspecto particularmente relevante quando comparada às preocupações apresentadas por Khanagar *et al.* (2021) e Patcas *et al.* (2022). Ambos já haviam destacado que a representatividade dos dados influencia diretamente o desempenho dos sistemas de inteligência artificial. Nesse sentido, a estratégia adotada por Sahlsten *et al.* (2024) contribui para enfrentar uma das limitações apontadas pelos estudos anteriores, pois bancos multicêntricos podem oferecer maior diversidade de imagens e condições clínicas.

Embora Sahlsten *et al.* (2024) tenham trabalhado com referências cefalométricas em exames de imagem, Al-Baker *et al.* (2024) avaliaram a localização automática de pontos diretamente em imagens tridimensionais da superfície facial. Os estudos apresentam objetivos relacionados, mas utilizam fontes de informação distintas. Essa diferença é importante para a prática clínica, pois demonstra que a inteligência artificial pode integrar diferentes modalidades de registros. Sahlsten *et al.* (2024) aproximam a tecnologia da avaliação das estruturas craniofaciais presentes na tomografia, enquanto Al-Baker *et al.* (2024) direcionam a aplicação para a morfologia externa da face. A integração futura dessas informações pode favorecer uma análise mais completa, associando estruturas esqueléticas, dentárias e tecidos moles.

Os resultados quantitativos apresentados por Al-Baker *et al.* (2024) fortalecem essa perspectiva, uma vez que o modelo desenvolvido a partir de 408 imagens tridimensionais e 37 pontos anatômicos apresentou erro médio geral de localização próximo de 0,83 mm, com grande parte das referências apresentando erros inferiores a 1 mm. Esses resultados podem ser interpretados em conjunto com Al-Baker *et al.* (2023), que anteriormente haviam identificado desempenho promissor dos sistemas

automatizados. A comparação entre os dois trabalhos sugere uma progressão das evidências, passando de uma avaliação sistemática dos métodos disponíveis para a demonstração prática de um modelo com elevada precisão em determinadas condições. Ainda assim, a precisão numérica deve ser interpretada considerando o contexto clínico e o ponto anatômico analisado.

Sahlsten *et al.* (2024) também demonstraram que a precisão pode variar entre diferentes referências anatômicas, aspecto que impede considerar a inteligência artificial uniformemente precisa para todas as regiões craniofaciais. Esse resultado é coerente com Al-Baker *et al.* (2023), que destacaram a heterogeneidade metodológica existente entre os estudos. Dessa forma, mesmo quando os valores médios de erro são reduzidos, determinados pontos podem apresentar maior dificuldade de identificação. Para o planejamento estético, essa questão é relevante porque pequenas variações em referências específicas podem alterar medidas de proporção, simetria ou projeção facial. A interpretação clínica dos dados permanece, portanto, indispensável.

A utilização da inteligência artificial para prever resultados posteriores aos procedimentos representa um nível adicional de complexidade. Almarhoumi (2024) avaliou a precisão de modelos empregados na previsão de alterações faciais após cirurgia ortognática e identificou resultados promissores, mas destacou limitações relacionadas ao tamanho das amostras e à ausência de validação externa em determinados estudos. Quando comparado a Al-Baker *et al.* (2024) e Sahlsten *et al.* (2024), observa-se uma mudança importante na finalidade do algoritmo. Enquanto estes autores investigaram principalmente a identificação de referências anatômicas, Almarhoumi (2024) discutiu sistemas que procuram antecipar modificações futuras da aparência facial. A complexidade dessa tarefa é maior, pois exige não apenas reconhecer a anatomia existente, mas também estimar a resposta dos tecidos após uma intervenção.

Essa capacidade preditiva possui grande potencial para médicos e cirurgiões-dentistas, especialmente na comunicação com o paciente e na definição das expectativas relacionadas aos resultados. Entretanto, as limitações apontadas por Almarhoumi (2024) devem ser consideradas em conjunto com as advertências de Patcas *et al.* (2022). A previsão computacional de uma aparência futura não constitui garantia de resultado, pois fatores biológicos, técnicos e individuais podem modificar a resposta

ao tratamento. Nesse sentido, utilizar simulações produzidas por IA sem esclarecer suas limitações pode criar expectativas incompatíveis com os resultados clinicamente alcançáveis. A tecnologia apresenta maior valor quando empregada como recurso de apoio à discussão terapêutica e não como instrumento capaz de prever com absoluta precisão o resultado final.

Além da localização de pontos tridimensionais e da previsão de alterações cirúrgicas, a análise automatizada de fotografias convencionais também apresenta aplicabilidade clínica relevante. Embora os estudos mais recentes tenham ampliado o uso de imagens tridimensionais, os princípios apresentados por Monill-González *et al.* (2021) permanecem importantes, uma vez que fotografias clínicas são amplamente utilizadas por médicos e cirurgiões-dentistas. A possibilidade de aplicar IA a diferentes tipos de registros favorece sua integração à rotina profissional, principalmente quando equipamentos tridimensionais não estão disponíveis. Por outro lado, a padronização da iluminação, posição da cabeça, distância da câmera e expressão facial continua sendo essencial para garantir que as informações processadas pelo algoritmo sejam adequadas.

Outro aspecto que emerge da comparação dos estudos é a progressiva mudança da inteligência artificial de uma tecnologia predominantemente experimental para uma ferramenta com aplicações cada vez mais próximas da prática clínica. Bichu *et al.* (2021), Khanagar *et al.* (2021) e Monill-González *et al.* (2021) apresentaram um cenário em que muitas aplicações ainda estavam sendo mapeadas e avaliadas. Nos anos seguintes, estudos como os de Zhang *et al.* (2023), Sahlsten *et al.* (2024) e Al-Baker *et al.* (2024) passaram a demonstrar sistemas específicos capazes de executar tarefas de localização anatômica com resultados quantitativos. Essa evolução mostra que a discussão atual não se limita mais à possibilidade de utilizar IA na análise facial, mas passa a envolver quais sistemas apresentam precisão suficiente, em quais situações podem ser empregados e quais limitações precisam ser consideradas.

Ao mesmo tempo, Obwegeser *et al.* (2022) demonstraram que a aplicação da inteligência artificial não precisa ficar restrita às estruturas anatômicas e às mensurações cefalométricas. A investigação da atratividade facial evidencia que a tecnologia também pode ser utilizada para estudar como diferentes características interferem na percepção estética. Quando esse resultado é comparado às aplicações

tridimensionais de Zhang *et al.* (2023) e Al-Baker *et al.* (2024), observa-se a existência de duas dimensões complementares. Uma delas está relacionada à mensuração objetiva da anatomia e a outra à interpretação de características relacionadas à estética. Para o planejamento facial, ambas podem ser relevantes, desde que a percepção estética não seja reduzida exclusivamente a parâmetros matemáticos definidos por algoritmos.

Essa questão assume ainda maior importância diante dos resultados apresentados por Haider *et al.* (2025), que avaliaram modelos multimodais de inteligência artificial aplicados à análise facial para cirurgia plástica. Diferentemente dos sistemas desenvolvidos exclusivamente para localizar pontos anatômicos, esses modelos apresentam capacidade mais ampla de interpretar informações visuais e produzir avaliações relacionadas às características da face. Quando comparados a Obwegeser *et al.* (2022), observa-se uma aproximação entre inteligência artificial e avaliação estética global. Entretanto, Haider *et al.* (2025) identificaram diferenças de desempenho entre os modelos avaliados, demonstrando que a capacidade de fornecer uma análise facial não significa necessariamente que todos os sistemas apresentem confiabilidade equivalente.

Os achados de Haider *et al.* (2025) reforçam, portanto, preocupações que já haviam sido apresentadas por Patcas *et al.* (2022) sobre a necessidade de avaliação crítica das ferramentas de inteligência artificial. Essa continuidade entre os estudos é relevante porque demonstra que, mesmo com a rápida evolução dos algoritmos entre 2022 e 2025, algumas questões fundamentais permanecem. A precisão, a diversidade dos dados de treinamento, a transparência dos modelos e a validação clínica continuam determinantes para definir se uma tecnologia pode ser incorporada de forma segura. O fato de modelos mais recentes serem capazes de realizar avaliações complexas não elimina a necessidade de supervisão humana.

Ao reunir os resultados de Bichu *et al.* (2021), Monill-González *et al.* (2021), Khanagar *et al.* (2021), Patcas *et al.* (2022), Obwegeser *et al.* (2022), Al-Baker *et al.* (2023), Zhang *et al.* (2023), Sahlsten *et al.* (2024), Al-Baker *et al.* (2024), Almarhoumi (2024) e Haider *et al.* (2025), observa-se uma trajetória de desenvolvimento caracterizada pela ampliação progressiva das funções desempenhadas pela inteligência artificial. Inicialmente, os estudos destacaram principalmente seu potencial diagnóstico e a automatização de tarefas. Posteriormente, passaram a surgir aplicações mais

específicas envolvendo imagens tridimensionais, tecidos moles, tomografias, previsão de alterações pós-operatórias e avaliação estética. Essa evolução evidencia que a análise facial baseada em IA constitui um campo multidisciplinar com aplicações que podem interessar simultaneamente à Ortodontia, Cirurgia Bucomaxilofacial, Harmonização Orofacial, Cirurgia Plástica e outras áreas relacionadas à estética da face.

Apesar das diferenças metodológicas, existe uma concordância importante entre os autores quanto ao caráter complementar da inteligência artificial. Patcas *et al.* (2022) enfatizam os desafios relacionados à aplicação clínica, Al-Baker *et al.* (2023) demonstram a necessidade de maior padronização, Sahlsten *et al.* (2024) evidenciam diferenças de precisão entre referências anatômicas, Almarhoumi (2024) aponta limitações na validação dos modelos preditivos e Haider *et al.* (2025) identifica diferenças entre sistemas multimodais. Em conjunto, esses resultados não diminuem a importância da IA, mas demonstram que seu emprego deve ocorrer de maneira criteriosa. O profissional permanece responsável por interpretar os resultados e relacioná-los à anamnese, ao exame físico, às expectativas do paciente e às possibilidades terapêuticas.

Para médicos e cirurgiões-dentistas que atuam no planejamento estético, a principal contribuição dessas tecnologias parece estar na associação entre objetividade e eficiência. As evidências apresentadas por Zhang *et al.* (2023), Sahlsten *et al.* (2024) e Al-Baker *et al.* (2024) demonstram que tarefas repetitivas de localização e mensuração podem ser automatizadas, enquanto Obwegeser *et al.* (2022), Almarhoumi (2024) e Haider *et al.* (2025) ampliam as possibilidades para avaliação estética e previsão de alterações faciais. Dessa maneira, a IA pode reduzir o tempo empregado em determinadas etapas técnicas e fornecer informações adicionais que auxiliem a elaboração de um planejamento mais detalhado. Contudo, rapidez e precisão computacional não equivalem automaticamente a uma decisão terapêutica adequada.

A análise conjunta dos trabalhos também demonstra que a qualidade dos resultados depende de uma relação direta entre tecnologia e qualidade dos dados. Khanagar *et al.* (2021) já haviam chamado atenção para a representatividade das informações utilizadas no treinamento, enquanto Patcas *et al.* (2022) reforçaram a importância da diversidade populacional. Posteriormente, Sahlsten *et al.* (2024) empregaram dados multicêntricos, demonstrando uma estratégia capaz de aproximar

os algoritmos da heterogeneidade clínica. Essa progressão evidencia que a evolução da inteligência artificial não depende exclusivamente da criação de redes neurais mais complexas, mas também da formação de bancos de dados diversificados, padronizados e clinicamente representativos.

Outro ponto de convergência está relacionado à necessidade de individualização. Embora sistemas computacionais consigam identificar padrões médios, cada paciente apresenta características anatômicas, funcionais e estéticas próprias. Obwegeser *et al.* (2022) demonstraram a interação entre estética dentária e percepção facial, enquanto Almarhoumi (2024) mostrou que a previsão das modificações dos tecidos moles ainda apresenta limitações. Esses resultados reforçam que proporções matemáticas ou previsões algorítmicas não devem ser transformadas em modelos estéticos universais. O planejamento deve respeitar as características individuais, os objetivos do tratamento e as expectativas do paciente.

Dessa forma, a comparação entre todos os estudos analisados demonstra que a inteligência artificial apresenta potencial consistente para modificar a forma como a análise facial é realizada, mas sua maior contribuição está em ampliar, e não substituir, a capacidade diagnóstica do profissional. Bichu *et al.* (2021), Monill-González *et al.* (2021) e Khanagar *et al.* (2021) estabeleceram as bases para compreender a expansão dessas tecnologias, Patcas *et al.* (2022) e Obwegeser *et al.* (2022) aproximaram suas aplicações da avaliação facial e estética, Al-Baker *et al.* (2023) e Zhang *et al.* (2023) demonstraram avanços na análise tridimensional, Sahlsten *et al.* (2024) e Al-Baker *et al.* (2024) apresentaram evidências sobre a precisão da localização automatizada, Almarhoumi (2024) ampliou a discussão para a previsão dos resultados faciais e Haider *et al.* (2025) mostrou as possibilidades e limitações dos modelos multimodais mais recentes.

Portanto, as evidências disponíveis indicam uma evolução contínua da inteligência artificial aplicada à análise facial, passando da automatização de mensurações para sistemas capazes de integrar diferentes informações e apoiar avaliações mais complexas. A concordância entre os autores quanto ao potencial dessas ferramentas é acompanhada por uma preocupação igualmente consistente com precisão, validação, diversidade dos dados e supervisão profissional. Para médicos e cirurgiões-dentistas, a utilização responsável da IA pode favorecer avaliações mais

padronizadas, auxiliar a identificação de assimetrias e proporções, facilitar comparações entre diferentes momentos do tratamento e oferecer suporte ao planejamento estético. Entretanto, o julgamento clínico, a experiência profissional e a individualização permanecem elementos indispensáveis para transformar os dados produzidos pelos algoritmos em decisões terapêuticas seguras, éticas e compatíveis com as necessidades de cada paciente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a inteligência artificial vem se consolidando como uma ferramenta promissora para a análise facial e para o planejamento estético realizado por médicos e cirurgiões-dentistas. Os estudos analisados demonstram que diferentes sistemas baseados em aprendizado de máquina e aprendizado profundo podem auxiliar na identificação de pontos anatômicos, realização de mensurações, avaliação de proporções e assimetrias, interpretação de imagens bidimensionais e tridimensionais e previsão de alterações faciais relacionadas a determinados tratamentos.

A utilização desses recursos pode contribuir para avaliações mais padronizadas, rápidas e reprodutíveis, além de fornecer informações complementares importantes para o diagnóstico e para a definição do planejamento terapêutico. Também se observa potencial para melhorar a comunicação entre profissional e paciente, especialmente quando a tecnologia é utilizada para demonstrar características faciais e possíveis modificações decorrentes dos procedimentos.

Entretanto, apesar dos avanços observados, a inteligência artificial ainda apresenta limitações relacionadas à qualidade e diversidade dos bancos de dados, à validação externa dos algoritmos, às diferenças de desempenho entre sistemas e à possibilidade de erros na identificação ou interpretação de determinadas estruturas. Dessa forma, seus resultados não devem ser utilizados de maneira isolada.

Assim, a inteligência artificial deve ser compreendida como uma ferramenta complementar à avaliação clínica, mantendo o médico e o cirurgião-dentista como responsáveis pela interpretação das informações e pela decisão terapêutica. Com o aprimoramento e a validação contínua dos sistemas, espera-se que sua aplicação se

torne cada vez mais integrada ao planejamento estético facial, contribuindo para procedimentos mais individualizados, previsíveis e seguros.

REFERÊNCIAS

- AL-BAKER, B.; ALKALALY, A.; AYOUB, A.; *et al.* Accuracy and reliability of automated three-dimensional facial landmarking in medical and biological studies: a systematic review. *European Journal of Orthodontics*, v. 45, n. 4, p. 382-395, 2023.
- AL-BAKER, B.; JU, X.; KHAAMBAY, B.; *et al.* Patch-based convolutional neural networks for automatic landmark detection of 3D facial images in clinical settings. *European Journal of Orthodontics*, v. 46, n. 6, p. 56-58, 2024.
- ALMARHOUMI, A. A. Accuracy of artificial intelligence in predicting facial changes post-orthognathic surgery: a comprehensive scoping review. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, v. 16, n. 5, p. e624-e633, 2024.
- BICHU, Y. M.; HANSA, I.; BICHU, A. Y.; *et al.* Applications of artificial intelligence and machine learning in orthodontics: a scoping review. *Progress in Orthodontics*, v. 22, n. 1, p. 18-21, 2021.
- CHANG, Q.; BAI, Y.; WANG, S.; *et al.* Automatic soft-tissue analysis on orthodontic frontal and lateral facial photographs based on deep learning. *Orthodontics & Craniofacial Research*, v. 27, p. 893-902, 2024.
- CHENG, M.; ZHANG, X.; WANG, J.; *et al.* Prediction of orthognathic surgery plan from 3D cephalometric analysis via deep learning. *BMC Oral Health*, v. 23, art. 161, 2023.
- HAIDER, S. A.; PRABHA, S.; GOMEZ-CABELLO, C. A.; *et al.* Facial analysis for plastic surgery in the era of artificial intelligence: a comparative evaluation of multimodal large language models. *Journal of Clinical Medicine*, v. 14, n. 10, p. 34-37, 2025.
- KHANAGAR, S. B.; AL-EHAIDEB, A.; MAGANUR, P. C.; *et al.* Machine learning and orthodontics, current trends and the future opportunities: a scoping review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, v. 16, n. 2, p. 170-192, 2021.
- MONILL-GONZÁLEZ, A.; ROVIRA-CALATAYUD, L.; D'OLIVEIRA, N. G.; *et al.* Artificial intelligence in orthodontics: where are we now. A scoping review. *Orthodontics & Craniofacial Research*, v. 24, n. 2, p. 6-15, 2021.
- NORDBLOM, N. F.; BÜTTNER, M.; SCHWENDICKE, F. Artificial intelligence in orthodontics: critical review. *Journal of Dental Research*, v. 13, n. 6, p. 577-584, 2024.
- OBWEGESER, D.; TIMOFTE, R.; MAYER, C.; *et al.* Using artificial intelligence to



determine the influence of dental aesthetics on facial attractiveness in comparison to other facial modifications. *European Journal of Orthodontics*, v. 44, n. 4, p. 445-451, 2022.

PATCAS, R.; BORNSTEIN, M. M.; SCHÄTZLE, M. A.; et al. Artificial intelligence in medico-dental diagnostics of the face: a narrative review of opportunities and challenges. *Clinical Oral Investigations*, v. 26, n. 12, p. 6871-6879, 2022.

POLIZZI, A.; BOATO, M.; SERRA, S.; et al. Applications of artificial intelligence in orthodontics: a bibliometric and visual analysis. *Clinical Oral Investigations*, v. 29, n. 1, art. 65, 2025.

SAHLSTEN, J.; JÄRNSTEDT, J.; JASKARI, J.; et al. Deep learning for 3D cephalometric landmarking with heterogeneous multi-center CBCT dataset. *PLOS ONE*, v. 19, n. 6, p. 59-62, 2024.

ZHANG, Y.; XU, Y.; ZHAO, J.; et al. An automated method of 3D facial soft tissue landmark prediction based on object detection and deep learning. *Diagnostics*, v. 13, n. 11, p. 18-21, 2023.