

A UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ORTODONTIA

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ORTHODONTICS

João Vitor A. Pfister¹; Cibelle Cristina O. dos Santos²; Amanda Gonçalves Borges³

Descritores: Ortodontia; Inteligência Artificial; Ortodontia Corretiva; Ortodontia Interceptora; Ortodontia Preventiva.

Keyword: Orthodontics; Artificial Intelligence; Corrective Orthodontics; Interceptive Orthodontics; Preventive Orthodontics.

RESUMO

A inteligência artificial (IA) vem se destacando como uma ferramenta revolucionária na ortodontia, apresentando um potencial significativo para transformar a prática clínica e otimizar tratamentos. A IA, através de algoritmos de deep learning e redes neurais, tem demonstrado aumentar a precisão diagnóstica e a eficiência clínica, possibilitando uma melhor gestão do tempo e custos operacionais. Softwares como SoftSmile VISION e Dental Monitoring exemplificam as inovações tecnológicas, oferecendo planejamento digital de tratamentos e monitoramento remoto dos pacientes. Apesar dos avanços, a integração da IA enfrenta desafios, como a necessidade de supervisão profissional para garantir a precisão e a confiabilidade dos diagnósticos. Este estudo busca compreender as diversas aplicações da IA na ortodontia e promover o conhecimento sobre seus benefícios e limitações.

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI) has emerged as a revolutionary tool in orthodontics, offering significant potential to transform clinical practice and optimize treatments. AI, through deep learning algorithms and neural networks, has demonstrated improvements in diagnostic accuracy and clinical efficiency, enabling better time management and operational cost reductions. Software such as SoftSmile VISION and Dental Monitoring exemplify technological innovations, providing digital treatment planning and remote patient monitoring. Despite these advancements, the integration of AI faces challenges, including the need for professional oversight to ensure diagnostic accuracy and reliability. This study aims to understand the various applications of AI in orthodontics and to enhance knowledge about its benefits and limitations.

1 Acadêmico do 10º período do Curso de Graduação em Odontologia do UNIFESO – 2024.

2 Professora Doutora - Cibelle Cristina dos Santos Oliveira Docente do Curso de Graduação em Odontologia do UNIFESO.

3 Professora Mestre Amanda Gonçalves Borges Docente do Curso de Graduação em Odontologia do UNIFESO.

INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial consiste em uma área da Ciência da Computação responsável por pesquisar e elaborar computadores com capacidade de simular e mimetizar características humanas, como: capacidade de raciocinar; de traçar estratégias; de identificar e solucionar problemas; propor ideias; tomar decisões; e até mesmo simular emoções humanas. Uma ferramenta com tanto potencial e possibilidades de utilização naturalmente atrai investimentos e atenção, assim, atualmente seu desenvolvimento segue em ritmo intenso e cada vez mais áreas adotam esta ferramenta no seu cotidiano (Fawaz *et al.*, 2023; Patcas *et al.*, 2019; Lin *et al.*, 2023).

As inteligências artificiais podem ser divididas em: ANI, ASI e AGI. A Inteligência Artificial Estreita (ANI) consiste naquela que apresenta capacidade de realizar estritamente aquilo para que foi programada, sua atuação é limitada a sua programação predefinida. Já a Inteligência Artificial Geral (AGI) seria o tipo capaz de mimetizar habilidades humanas como raciocínio lógico, tomada de decisões, aprendizados e planejamento estratégico. Por fim, a Superinteligência Artificial (ASI) é um conceito ainda teórico, porém consiste no tipo de IA capaz de superar as habilidades humanas, não tendo limites claros para suas capacidades (Stanley, 2023).

Dentre suas diversas possibilidades na ortodontia pode-se destacar o uso na otimização de processos e tempo clínico, na análise de vias aéreas, na intervenção por cirurgia ortognática, na avaliação da necessidade de extrações, no diagnóstico e no planejamento de tratamento, na previsão de resultados de tratamentos ortodônticos e ortognáticos, na otimização e aumento da precisão de análises cefalométricas e na classificação de defeitos ósseos e fissuras labiais e palatinas (Patcas *et al.*, 2019; Lin *et al.*, 2023; Xing *et al.*, 2023; Miranda *et al.*, 2023; Kielczykowski *et al.*, 2023).

Em meio as diversas funcionalidades e aplicações das Inteligências Artificiais e outras tecnologias na ortodontia, algumas ferramentas se destacam por exemplo a SoftSmile VISION, um software avançado baseado em inteligência artificial que tem a função de planejar tratamentos, oferecer uma previsão de resultados, auxiliar na tomada de decisões de estratégias de tratamento e reduzir custos, uma vez que é um processo totalmente digital. Outro exemplo é a Dental Monitoring, um software também com base em Inteligência Artificial, que além de auxiliar o paciente a ter uma melhor visualização e compreensão do tratamento, ajuda o dentista a monitorar a evolução dele remotamente, além de funcionar como uma plataforma de comunicação entre profissional e paciente. Por fim vale citar outras ferramentas como: Radio Memory, iTero Element e iTero TimeLapse (Strunga *et al.*, 2023).

Frente a tal gama de aplicações, é inegável que no presente momento se torna cada vez mais necessário para um ortodontista o conhecimento e o desenvolvimento de habilidades relacionadas às inteligências artificiais. Apesar disto, ainda há um certo preconceito com esta tecnologia no campo da odontologia por conta da falta de informação. Para combater tal desconhecimento e fazer com que mais ortodontistas e cirurgiões-dentistas passem a usufruir com mais frequência das diversas utilidades da ferramenta em questão, faz-se necessária a disseminação de informações sobre as aplicações clínicas e benefícios da inteligência artificial na ortodontia. Desta maneira, o estudo em questão buscará entender melhor estas aplicações, descrever os impactos na ortodontia e compreender mais a fundo a realidade atual das aplicações destas ferramentas no cotidiano de um ortodontista.

OBJETIVOS

Objetivo primário

Avaliar a utilização e aplicação da inteligência artificial no cotidiano clínico do cenário ortodôntico.

Objetivos secundários

- Elencar as principais ferramentas tecnológicas utilizadas e discorrer brevemente sobre o funcionamento destas na Ortodontia;
- Ampliar a compreensão acerca do fluxo digital na Ortodontia;
- Descrever como tais tecnologias impactam no contexto da Ortodontia.

REVISÃO DE LITERATURA

1. As aplicações da IA na Ortodontia

A aplicação da inteligência artificial (IA) na odontologia, especialmente na ortodontia, está experimentando um crescimento acelerado, demonstrando um potencial transformador que pode revolucionar a prática clínica e otimizar significativamente os tratamentos e resultados obtidos.

Dentre as diversas capacidades desta ferramenta no contexto ortodôntico, as inteligências artificiais podem desempenhar uma ampla gama de funções. Em tarefas mais simples, as IAs podem aumentar a precisão de diagnósticos e de tomadas de decisão dos ortodontistas, além de otimizar a gestão do tempo de cadeira. Em funções mais complexas são capazes de avaliar e comparar pré e pós-operatório de tratamentos ortognáticos, como exposto por Patcas *et al.* (2019). Além disso, a IA possui um potencial significativo na ortodontia diária, incluindo a previsão de mudanças de tecidos moles e dentários durante tratamentos, o fornecimento e aprimoramento de análises cefalométricas, e a classificação de defeitos ósseos.

1.1 Precisão diagnóstica e eficiência

A integração das inteligências artificiais na ortodontia é calcada principalmente em algoritmos, *deep-learning* e redes neurais, onde estes três tipos de sistemas diferentes e interconectados atuam para que a aplicação de inteligência artificial no campo da saúde seja eficiente e útil para os dentistas aumentarem sua precisão diagnóstica e tomada de decisões clínicas. Os sistemas em questão simplificam tarefas e fornecem resultados rapidamente, demonstrando avanços notáveis, especialmente no que tange a área de diagnóstico. Acessando a literatura atualizada sobre o tema é possível perceber que atualmente o cenário apresenta uma tendência onde as IAs apresentam potencial de revolucionar os processos tradicionais de diagnóstico e aumentar substancialmente a precisão e eficácia diagnóstica (Fawaz *et al.*, 2023).

Um estudo sistemático conduzido por Dipalma *et al.* (2023) avaliou a utilização e o desempenho da inteligência artificial (IA) no contexto da clínica odontológica, com um foco específico na ortodontia. Este estudo destaca o advento de uma nova era de diagnóstico e tratamento impulsionada por softwares que utilizam IA em tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT) e scanners intraorais, associados a algoritmos de *deep-learning*. Os autores observaram que esses sistemas aprimoram significativamente a precisão diagnóstica e a previsão de resultados na ortodontia, permitindo um planejamento ortodôntico com maior acurácia e um monitoramento eficaz dos casos. Esse avanço tecnológico acaba por contribuir para tratamentos ortodônticos com resultados mais satisfatórios e previsíveis, melhorando assim a qualidade do atendimento aos pacientes.

Em consonância há também relatos de um processo de otimização de processos obtida com tal advento tecnológico, por exemplo, desempenhando o papel de realizar medições de forma precisa, sejam elas volumétricas, lineares ou anguladas, reduzindo o tempo que o profissional da odontologia levaria para realizá-las pelo método tradicional e assim tornando os custos operacionais e laborais mais baixos. De acordo com Younus *et al.* (2023), tal dinâmica contribui diretamente para uma melhor gestão de tempo de cadeira, corroborando

Fawaz *et al.* (2023) e também indiretamente para uma eficácia e acurácia de diagnóstico aprimoradas, uma vez que o dentista pode economizar seu tempo com as medições e investir maiores períodos realizando os diagnósticos ortodônticos.

Adicionalmente, pode-se afirmar que a própria odontologia baseada em evidências (considerada como o padrão ouro) contribui para a evolução das IAs através do machine learning (processo no qual a máquina aprende com as informações que lhe são fornecidas pelos humanos e por padrões) pois para se obter um funcionamento otimizado deste processo, dados de qualidade são necessários, dessa forma, impactando indiretamente no cotidiano clínico, uma vez que este software é utilizado como uma valiosa ferramenta para auxiliar profissionais da odontologia nos mais variados estágios clínicos por meio do fornecimento de informações para o diagnóstico baseados em imagens radiográficas e ópticas, como é exposto por Ding *et al.* (2023).

1.2 Cefalometria

Quando levamos a discussão para a área dos traçados cefalométricos, também é possível encontrar aplicações da inteligência artificial nesta etapa do tratamento ortodôntico. Apesar de ser uma das etapas iniciais dos tratamentos em ortodontia é também uma parte crucial deles, pois é nela que o ortodontista pode examinar o paciente e suas características mais detalhadamente. A partir da Cefalometria se tem a possibilidade de observar e analisar as medições cefalométricas de cada paciente, compreendendo o crescimento ósseo do crânio e da face do paciente, além de analisar a direção destes crescimentos ósseos. Adicionalmente, pode-se planejar com cautela o tratamento a partir dessas informações bem como comparar as mudanças ocasionadas pelo mesmo ao longo de seu curso e diagnosticar possíveis anomalias.

Por ser uma etapa tão fundamental e precisa da ortodontia, o traçado cefalométrico exige do profissional um investimento significativo de tempo, desta forma, a integração da IA no contexto da cefalometria pode oferecer vantagens tais quais redução do tempo requerido para realizar tal análise, maior rapidez e maior eficiência na geração de tais diagnósticos. No entanto, paralelamente às benesses trazidas por esta tecnologia há também o debate do quão preciso estas análises totalmente automatizadas podem ser tem se tornado um tema central na ortodontia contemporânea.

Dessa forma, ao comparar cefalometrias totalmente automatizadas por inteligências artificiais e àquelas não automatizadas, Duran *et al.* (2023) demonstraram que os softwares baseados em inteligência artificial que atuam gerando análises cefalométricas apresentam um nível de precisão semelhante a metodologia padrão e tradicional, revelando uma eficácia significativa na tarefa em questão. Não obstante, observa também que existem notórias diferenças em determinados parâmetros da análise que exigem uma intervenção do profissional. As disparidades encontradas nas análises 100% automatizadas evidenciam a necessidade e a importância da supervisão do odontólogo para realizar pequenos ajustes e minimizar potenciais erros na cefalometria assistida por IA.

1.3 Scanners intraorais e impressão 3D

A odontologia moderna foi intensamente transformada com a popularização dos scanners intraorais. Este recurso tecnológico torna possível a captura digital de imagens de alta precisão das estruturas dentárias dos pacientes, tais como dentes, tecidos moles, gengivas, área de difícil acesso para materiais de moldagem tradicionais e até mesmo registro da oclusão do paciente, porém de forma rápida e confortável.

Através das imagens obtidas a partir do escaneamento é possível, realizar diagnósticos de forma rápida e precisa e com a utilização de impressoras 3D gerar modelos tridimensionais para um planejamento mais efi-

caz de cada caso. Softwares como o iTero Element 5D e o TRIOS da 3Shape estão na dianteira deste cenário, pois além de oferecerem as funções supracitadas ainda lançam mão de uma integração de seus sistemas com algoritmos baseadas em IA para identificar possíveis anomalias e simular movimentos dentários previamente a realização do tratamento. Tal fator não só aprimora a elaboração de planos de tratamento e a acurácia e rapidez diagnóstica, como relatado por Ding *et al.* (2023), mas também facilita a compreensão e visualização de todo processo por parte do paciente.

As impressoras 3D, por sua vez, utilizam as imagens digitais obtidas a partir do escaneamento intraoral para fabricar, de forma precisa, diversos tipos de modelos tridimensionais. Os modelos gerados por esta tecnologia normalmente são compostos por resina, metal ou cerâmica e construídos por camadas. O processo mais comum de impressão 3D na odontologia ocorre através da interpretação das imagens obtidas por sistemas baseados em IA, que a partir daí passa a realizar a polimerização da resina líquida por camadas, alcançando assim o modelo desejado, podendo ser um mero modelo de estudo (como feito tradicionalmente em gesso) até um dispositivo ortodôntico personalizado (Khurshid, 2023; Joteppa *et al.*, 2024).

No âmbito da impressão 3D, existem distintas plataformas e softwares que vêm se destacando nos últimos anos, por exemplo, temos o Ubrackets que permite ao dentista elaborar e imprimir brackets ortodônticos personalizados dentro de seu consultório a partir de materiais cerâmicos ou com base de zircônia. Ainda no contexto de ortodontia e personalização, destaca-se o OrthoAnalyzer que também possibilita ao cirurgião-dentista a possibilidade de confeccionar de forma detalhada e exata diferentes tipos de dispositivos ortodônticos, incluindo os populares alinhadores. Tanto o Ubrackets quanto o OrthoAnalyzer utilizam algoritmos baseados em inteligência artificial para detalhar, otimizar e auxiliar no design dos aparelhos e/ou dispositivos ortodônticos contribuindo para uma maior acurácia e eficiência no tratamento e na impressão (Polanc, 2024).

2. Exemplos de inteligências artificiais auxiliares na ortodontia

2.1 DIAGNOcamTM

O DIAGNOcam da KaVo consiste de um equipamento revolucionário que utiliza a tecnologia de transiluminação a laser para detectar cáries de maneira não invasiva e sem radiação, sendo especialmente útil na ortodontia. O seu funcionamento se dá por meio da transmissão de um feixe de luz laser que é propagada através do dente e refletida de maneiras diferentes de acordo com a densidade do tecido dentário. Por conta das diferentes densidades de tecido essas variações são capturadas por uma câmera especial presente no equipamento e a partir do que foi obtido gera imagens digitais das estruturas internas do dente.

No contexto ortodôntico, o DIAGNOcam é de enorme valor seja na fase de planejamento, seja na fase do tratamento. Antes da colocação dos aparelhos ortodônticos, ele permite a detecção precoce de cáries interproximais e oclusais, áreas que são difíceis de realizar exames e detectar com métodos tradicionais. Este diagnóstico precoce é fundamental para a ortodontia, pois é necessário que essa identificação e tratamento de cáries previamente ao início do tratamento ortodôntico, dessa forma, contribuindo para a prevenção de possíveis complicações, garantindo dentes saudáveis para a realização da movimentação dentária.

O DIAGNOcam também pode ser utilizado durante o tratamento ortodôntico facilitando o monitoramento contínuo do paciente, pois tal tratamento aumenta o risco do surgimento de cáries por conta dificuldade de higienização dentária decorrente da presença do aparelho em boca, assim, é possível detectar cáries precocemente e intervir de forma rápida, preservando a integridade dos dentes e evitando a progressão de lesões cariosas e qualquer contratempo no tratamento em curso. O mesmo processo pode ser feito ao final do tratamento para garantir que o paciente receberá alta livre de lesões. Por fim, contribui também para a melhora da comunicação com os pacientes, ressaltando a importância e necessidade da higiene bucal frequente.

2.2 WebCeph

O WebCeph é um software baseada em web e inteligência artificial que objetiva facilitar o trabalho do cirurgião-dentista que atua na área da ortodontia através da análise cefalométrica automática e ferramentas de planejamento de tratamento ortodôntico. Este software utiliza algoritmos avançados que possibilitam uma análise com precisão e de forma veloz a partir de radiografias cefalométricas, tais exames são essenciais para o planejamento ortodôntico.

O funcionamento deste sistema a partir do upload de radiografias cefalométricas de pacientes em sua plataforma própria, então utiliza algoritmos de IA para identificar automaticamente os pontos cefalométricos principais, essa identificação automatizada otimiza as etapas de planejamento de forma precisa e em certos casos minimiza a chance de erros humanos durante o traçado.

Na ortodontia, a análise cefalométrica é um passo crucial no diagnóstico de maloclusões e no planejamento de tratamentos corretivos. O WebCeph facilita essa tarefa ao gerar, de forma automática, traçados cefalométricos detalhados, medições e ângulos cruciais para a melhor compreensão da relação entre os dentes e ossos da face. Adicionalmente, também oferece recursos para simular tratamentos permitindo uma previsão de resultados em diferentes tipos de abordagem, não só melhorando a precisão deste planejamento mas também contribuindo para uma comunicação mais clara com o paciente, favorecendo uma melhor visualização do caso por parte do mesmo.

2.3 OrthoAnalyzer

O OrthoAnalyzer é um software avançado desenvolvido pela 3Shape que tem por objetivo auxiliar o ortodontista desde o diagnóstico até o acompanhamento dos casos. O sistema em questão combina análise cefalométrica, simulação de tratamento e integração com tecnologias de imagem para fornecer uma solução abrangente e eficiente.

Seu funcionamento consiste da digitalização das arcadas dentárias dos pacientes por meio de scanners intraorais ou modelos de gesso digitalizados. A partir dessas imagens tridimensionais importadas para o software, a partir de então o ortodontista tem a possibilidade de realizar uma análise detalhada todo o posicionamento e estrutura dentária. Além disso, a ferramenta também realiza traçados cefalométricos de forma automatizada e simulações e previsões de tratamentos.

Por fim, o OrthoAnalyzer permite ao dentista a possibilidade de confeccionar aparelhos ortodônticos personalizados, desde braquetes até mesmo alinhadores. Assim, o profissional pode criar aparelhos sob medida que apresentarão um ajuste personalizado e perfeito para a anatomia dental de cada paciente, oferecendo maior conforto e eficácia do tratamento. Juntamente disto, se integra com outras tecnologia de imagem fornecendo análises e avaliações mais completas e abrangentes de cada caso e arcada dentária.

DISCUSSÃO

É possível inferir que a utilização deste tipo de tecnologia na ortodontia e na odontologia de uma forma geral possui um potencial ainda com limites indefinidos para melhorar a qualidade do cuidado não só ortodôntico para o paciente mas também de uma forma mais ampla, abrangendo outros campos odontológicos uma vez que, como descrito por Bin Noor (2023), esta tecnologia permeia as etapas de diagnóstico, planejamento e tratamento, sendo de grande auxílio e valor para o odontólogo, pois a mesma faz a odontologia rumar a um cenário mais preventivo, preditivo e personalizado.

Observa-se ainda que apesar de muito avançada e desenvolvida e oferecendo muitos benefícios para os ortodontistas durante a etapa de diagnóstico e planejamento cefalométrico a IA ainda é imperfeita e suscetível a erros. Portanto, a associação entre a acurácia, velocidade e eficiência dos algoritmos empregados e a supervisão e olhar crítico de um ortodontista pode culminar em um método diagnóstico com maior confiabilidade e solidez, pois possibilita extrair o que há de melhor destes dois agentes, onde a IA oferece otimização e eficácia e o cirurgião-dentista oferece uma etapa adicional de verificação e correção, reduzindo a margem de inexatidão e permitindo que as pequenas variações no processamento dos dados obtidos não interfiram em um diagnóstico final preciso e robusto (Kazimierzczak *et al.*, 2024; Bao *et al.*, 2023).

Enfatizando ainda as vantagens da impressão 3D, Nocar *et al.*, comparou modelos tradicionais de gesso e modelos obtidos a partir de impressão 3D por estereolitografia e observou que as diferenças entre os modelos eram ínfimas, evidenciando a confiabilidade e exatidão dos modelos impressos. Concomitantemente, Khurshid (2023) enfatiza que a associação e integração das tecnologias de IA e impressão 3D tem aprimorado substancialmente os desempenhos clínicos e a confecção de modelos precisos na ortodontia. A integração destas tecnologias não está apenas revolucionando a ortodontia, mas também impondo um novo padrão na prática clínica odontológica.

Também é inegável que a implementação de tal tecnologia está transformando as práticas clínicas na odontologia, como um todo, desde o diagnóstico até o planejamento e execução do tratamento. Todavia, é preciso reconhecer que apesar de não se ter um teto definido, a IA enfrenta limitações significativas quando se fala especificamente da sua aplicação na ortodontia. Para atingirmos a plena integração de funcionamento destes sistemas na prática ortodôntica faz-se necessário abordar estes desafios de sua utilização.

Quando falamos dos desafios a serem enfrentados e discutidos um de seus principais pontos está na própria essência da inteligência artificial, o algoritmo. Um algoritmo é um conjunto de instruções ou regras pré-definidas que visa por meio de diferentes métodos solucionar um problema, como uma receita a ser seguida. Entretanto, os algoritmos precisam ser treinados para se desenvolverem e evoluírem e é neste aspecto que encontramos o desafio, pois um algoritmo é extremamente e intrinsecamente dependente de dados de alta qualidade para seu treinamento. O desafio aqui existe, pois, esse treinamento do algoritmo está refém da quantidade e da qualidade dos dados disponíveis para tal. Conforme Srivastav *et al.* (2023), informações inexatas, incompletas, de qualidade questionável ou até mesmo enviesadas poderão prejudicar severamente os resultados obtidos a partir da inteligência artificial, podendo assim impactar em diagnósticos errôneos e planos de tratamento equivocados. Adicionalmente, também levanta-se uma questão ética relacionada a forma de adquirir e armazenar estes grandes volumes de dados, principalmente em relação à privacidade e à utilização das informações de saúde dos pacientes.

Outro desafio que é pode-se destacar é o fato de que a maioria dos modelos de inteligências artificiais (principalmente os que são baseados em deep learning) funcionam como uma espécie de “caixa preta”, onde o sistema mais interno e específico de funcionamento não é de fácil interpretação em entendimento por todos, o que gera questões éticas e legais relacionadas a transparência no diagnóstico e tratamento e à responsabilidade profissional-paciente. Xie e Bai (2023) enfatizam que em situações que os resultados obtidos a partir de uma IA estão equivocados ou por alguma razão são contestados, a falta de possibilidade de uma explicação simples destes processos dificultaria a identificação e posterior correção de erros. Além disso, mais um ponto desafiante deste tipo de funcionamento é o fato de que sem um entendimento claro, a atribuição de responsabilidade também seria de difícil realização.

O custo e a infraestrutura necessária também são pontos desafiadores para uma implementação mais ampla dessa tecnologia na ortodontia. Isso acontece, porque para se integrar sistemas de IA são necessários investimentos volumosos em softwares (sistemas), hardwares (equipamentos, por exemplo, computadores potentes e servidores) e capacitação pessoal. Para Bortnyk *et al.* (2023), clínicas de menor orçamento ou com recursos mais limitados enfrentariam dificuldades neste processo, mesmo que a IA ofereça diversos benefícios a longo

prazo é difícil para clínicas de menor porte justificar e angariar os valores para tal investimento inicial, podendo até mesmo ser um fator prejudicial nas finanças destas. Além disso, para incorporar este tipo de tecnologia no cotidiano de uma clínica uma mudança intensa de fluxo trabalhístico e de protocolos pode ser imperativa, fato que possui muitas vezes grande resistência pelos profissionais já acostumados com os procedimentos padrões.

Uma limitação significativa que emerge no processo de implementação destes tipos de sistemas são as questões legais e contratuais. No âmbito contratual o conflito é gerado a partir do momento que se utilizam inteligências artificiais para cumprir algum tipo de obrigação contratual de um contrato que não constava com tal artifício em seus termos. Já no que tange às questões legais, como exposto por Herbosch e Claes (2023), o problema reside na situação de uma inteligência artificial cometendo um equívoco que impacta diretamente em um resultado adverso para um paciente, pois a determinação do responsável legal é uma tarefa complexa nesse caso, pois existe uma área nebulosa entre o profissional da odontologia que fez uso do sistema, o desenvolvedor do sistema e o fabricante do equipamento onde o sistema está sendo executado.

Finalmente, outra questão que tem influência direta da inteligência artificial e vêm se tornando cada dia mais um desafio a ser superado é o impacto dessa tecnologia na formação dos profissionais da odontologia. Este fator não pode ser negligenciado, pois não se pode negar que a IA é uma excelente ferramenta que pode ser de grande valor para tais profissionais, porém o seu mau uso pode levar a uma dependência exacerbada da mesma, levando a uma potencial diminuição da capacidade de julgamento crítico e clínico e habilidades diagnósticas. Frente a tal cenário, Preiksaitis e Rose (2023), propõem que a integração destes sistemas à ortodontia deve sim acontecer, porém de maneira correta e adequada, sendo feita concomitantemente a uma educação continuada que dê enfoque a crucialidade da capacidade de interpretação clínica crítica de resultados e do julgamento clínico propriamente dito.

CONCLUSÃO

A utilização da Inteligência Artificial (IA) na ortodontia vem se consolidando como uma das principais ferramentas com potencial para de fato gerar uma transformação na prática clínica da ortodontia e uma otimização dos tratamentos e seus resultados. Por meio de avançados algoritmos, redes neurais e deep learning, tal tecnologia pode oferecer um aprimoramento na gestão do tempo clínico bem como na redução substancial dos custos operacionais. Tecnologias como WebCeph e OrthoAnalyzer se sobressaem por sua capacidade de realizar planejamento digital dos tratamentos e a possibilidade de monitorar os casos por meio destes softwares, tornando os processos mais acessíveis tanto para o profissional quanto para o paciente. Assim, a previsibilidade de cada caso e a individualização dos tratamentos ortodônticos são aumentadas por meio da IA.

Entretanto, para alcançar a incorporação plena das IAs na ortodontia ainda é necessário superar importantes desafios. Destaca-se a necessidade da supervisão manual por um profissional da acurácia diagnóstica, garantindo que erros clínicos não passem despercebidos. Além disso, a dependência dos algoritmos em relação a qualidade e quantidade de dados disponíveis pode limitar a eficácia destes sistemas em certas situações. Aspectos éticos e legais, tais quais o processamento dos dados dos pacientes e a responsabilização em caso de falhas, também devem ser debatidos e definidos para que a utilização dessas tecnologias possa ser eficiente e segura.

Portanto, a IA tem potencial de revolucionar a forma de planejamento e execução de tratamentos ortodônticos, permitindo que os ortodontistas tenham uma abordagem mais personalizada e preditiva. O futuro da ortodontia está intimamente ligado à tal evolução tecnológica, porém para que estes avanços sejam plenamente integrados ao cotidiano clínico, é imperativo que os profissionais da área estejam em constante atualização sobre o equilíbrio entre tecnologia e julgamento crítico humano. Somente assim a sinergia entre expertise clínica e acurácia tecnológica permitirá que o cenário ortodôntico alcance um outro patamar de excelência e segurança no atendimento aos pacientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, Nausheer *et al.* **Artificial intelligence in orthodontics: A way towards modernization.** Technology, v. 7, p. 8, 2023.
- BORTNYK, K. *et al.* **Overcoming challenges in artificial intelligence training: data limitations, computational costs and model robustness.** Computer-Integrated Technologies: Education, Science, Production, n. 53, p. 37-43, 2023.
- CLAES, Hannes; HERBOSCH, Maarten. **Artificial Intelligence and Contractual Liability Limitations: A Natural Combination?.** European Review of Private Law, v. 31, n. 2/3, 2023.
- DING, Hao *et al.* **Artificial intelligence in dentistry—A review.** Frontiers in Dental Medicine, v. 4, p. 1085251, 2023.
- DURAN, Gökhan Serhat *et al.* **Evaluation of the accuracy of fully automatic cephalometric analysis software with artificial intelligence algorithm.** Orthodontics & Craniofacial Research, v. 26, n. 3, p. 481-490, 2023.
- FAWAZ, Paul; EL SAYEGH, Patrick; VANNET, Bart Vande. **What is the current state of artificial intelligence applications in dentistry and orthodontics?.** Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery, v. 124, n. 5, p. 101524, 2023.
- JOTEPPA, Varsha *et al.* **Accuracy of 3D Printed Model Acquired from Different Types of Intra Oral Scanners and 3D Printers.** Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences, v. 16, n. Suppl 2, p. S1433-S1434, 2024.
- KHURSHID, Zohaib. **Digital dentistry: transformation of oral health and dental education with technology.** European Journal of Dentistry, v. 17, n. 04, p. 943-944, 2023.
- KIEŁCZYKOWSKI, Michał *et al.* **Application of Artificial Intelligence (AI) in a Cephalometric Analysis: A Narrative Review.** Diagnostics, v. 13, n. 16, p. 2640, 2023.
- LIN, Lizhuo *et al.* **The knowledge, experience, and attitude on artificial intelligence-assisted cephalometric analysis: Survey of orthodontists and orthodontic students.** American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, v. 164, n. 4, p. e97-e105, 2023.
- MIRANDA, Felicia *et al.* **Interpretable artificial intelligence for classification of alveolar bone defect in patients with cleft lip and palate.** Scientific Reports, v. 13, n. 1, p. 15861, 2023.
- NOOR, Osama Bin. **Artificial intelligence (AI) driven digital dentistry.** Update Dental College Journal, v. 13, n. 1, p. 1-2, 2023.
- NOCAR, Adam *et al.* **A Three-Year Prospective Study Comparing Stereolithography Printed Models to Classical Impression and Plaster Cast Models in Orthodontic Therapy: A 3D Objectification Approach.** Applied Sciences, v. 13, n. 13, p. 7542, 2023.
- PANAYI, Nearchos C. **In-office Customized Brackets: Aligning with the Future.** Turkish Journal of Orthodontics, v. 36, n. 2, p. 143, 2023.
- PATCAS, Raphael *et al.* **Applying artificial intelligence to assess the impact of orthognathic treatment on facial attractiveness and estimated age.** International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, v. 48, n. 1, p. 77-83, 2019.
- POLANC, Sara. **Digital orthodontic treatment planning. 2024.** Tese de Doutorado. University of Zagreb. School of Dental Medicine. Department of Orthodontics.
- PREIKSAITIS, Carl; ROSE, Christian. **Opportunities, challenges, and future directions of generative artificial intelligence in medical education: scoping review.** JMIR Medical Education, v. 9, p. e48785, 2023.
- SRIVASTAV, Samriddhi *et al.* **ChatGPT in radiology: the advantages and limitations of artificial intelligence for medical imaging diagnosis.** Cureus, v. 15, n. 7, 2023.

STANLEY, Kyle. **Artificial Intelligence and the Future of Dentistry**. Compendium of Continuing Education in Dentistry (15488578), v. 44, n. 5, 2023.

STRUNGA, Martin *et al.* **Artificial intelligence systems assisting in the assessment of the course and retention of orthodontic treatment**. In: Healthcare. MDPI, 2023. p. 683.

VOLOVIC, James *et al.* **A Novel Machine Learning Model for Predicting Orthodontic Treatment Duration**. Diagnostics, v. 13, n. 17, p. 2740, 2023.

WANG, Xiaotong *et al.* **Convolutional neural network for automated tooth segmentation on intraoral scans**. BMC Oral Health, v. 24, n. 1, p. 804, 2024.

XIE, Xian-Ju; BAI, Yu-Xing. **Ability and inability of artificial intelligence in orthodontics**. Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi = Zhonghua Kouqiang Yixue Zazhi = Chinese Journal of Stomatology, v. 58, n. 6, p. 514-518, 2023.

XING, Ke *et al.* **Accuracy in predicting soft tissue changes of orthodontic class III cases using Dolphin® software**. Clinical Oral Investigations, p. 1-9, 2023.