

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 26/01/2025.



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Pedro Henrique José de Oliveira

**Aplicação da inteligência artificial na predição de cirurgia ortognática ou
ortodontia convencional**

Araraquara

2023



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Pedro Henrique José de Oliveira

Aplicação da inteligência artificial na predição de cirurgia ortognática ou ortodontia convencional

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara para obtenção do título de Mestre em Ciências Odontológicas, na Área de Ortodontia

Orientador: Prof. Dr. Jonas Bianchi

Araraquara

2023

O48a

Oliveira, Pedro Henrique José de

Aplicação da inteligência artificial na predição de cirurgia ortognática ou ortodontia convencional / Pedro Henrique José de Oliveira. -- Araraquara, 2023

83 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara

Orientador: Jonas Bianchi

1. Ortodontia. 2. Inteligência artificial. 3. Cirurgia ortognática.
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Odontologia, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Pedro Henrique José de Oliveira

Aplicação da inteligência artificial na predição de cirurgia ortognática ou ortodontia convencional.

Comissão Julgadora

Qualificação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Odontológicas

Presidente e orientador Prof. Dr. Jonas Bianchi

2º Examinador Prof. Dr. João Roberto Gonçalves

3º Examinador Profª. Drª. Larissa Gonçalves Cunha Rios

Araraquara, 26 de janeiro de 2023

DADOS CURRICULARES

Pedro Henrique José de Oliveira

NASCIMENTO: 24 de agosto de 1995, Campinas – São Paulo.

FILIAÇÃO: Patricia Beraldo José de Oliveira
Melchiades Alves de Oliveira Júnior

2013/2017: Curso Graduação FOAr – UNESP Araraquara

2018/2021: Curso de Especialização em Ortodontia – ICEO/Campinas

2019/2021: Curso de Especialização em Radiologia e Imaginologia - UNORP

Dedico este trabalho a meu pai, Melchiades Alves de Oliveira Junior, que desde pequeno despertou em mim o amor pela ortodontia e pela docência. Meu grande professor desde o dia que nasci e que levarei todos os ensinamentos até meus últimos dias. A minha mãe, Patricia Beraldo José de Oliveira, que sempre me incentivou a ser um sonhador, acreditar em mim e colocar amor em tudo que faço. Dedico também a minha família, amigos e todos aqueles que, de alguma forma, contribuem, torcem e acreditam nas minhas conquistas! Tem um pouco de cada um de vocês aqui!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus**, por permitir que eu concluísse esta etapa, sempre me guiando durante bons e maus momentos.

Ao meu orientador e amigo, **Prof. Dr. Jonas Bianchi**, minha eterna gratidão. Obrigado por acreditar no meu potencial, me conduzir, guiar, ensinar e apoiar durante todas as etapas desta pesquisa. Agradeço a orientação amigável, serena e segura. Tenho uma admiração enorme pelo profissional e pessoa que és. Um exemplo de dedicação, conhecimento e amor pela profissão!

Aos meus pais, **Melchiades Alves de Oliveira Junior e Patricia Beraldo José de Oliveira**, agradeço por todo apoio, amor, presença e compreensão. Vocês sonham junto comigo e me dão condições de realizar meus sonhos. Obrigado por tanto! Faltam palavras para descrever o quanto sou grato por tudo que fazem por mim! Essa conquista é de nossa família!

A minha família, especialmente meus avós **Sebastião Antonio José Filho, Olga Beraldo José e Wanda Gabriel (in memoriam)**, por sempre cuidarem tanto de mim, me mostrarem os melhores caminhos, me criarem junto a meus pais e por criarem um apeço pela educação em nossa família.

A minha namorada, **Juliana Fernanda da Silva**, por tanto amor, carinho e cuidado. Obrigado por entender o quão importante esta jornada é para mim, apoiar meus passos, ajudar nas minhas inseguranças e tornar tudo mais leve. Agradeço imensamente seu apoio incondicional e por sempre me motivar e mostrar que sou capaz!

Ao **Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Junior** por sempre compartilhar tanto sua experiência, abrir portas, acreditar em mim e me fazerem crescer tanto como ortodontista e ser humano. Me espelho muito no senhor! Um agradecimento especial também à **Prof^a. Dr^a. Marcia E. R. Gandini** pelo carinho conosco, por compartilhar tantos momentos bons e conhecimentos.

Ao **Prof. Dr. João Roberto Gonçalves** por orientação durante todas as fases deste trabalho! Obrigado por sempre me fazer enxergar as coisas por uma outra perspectiva e trazer reflexões importantes, tanto para esta dissertação como para meus atendimentos.

A todos os professores do Departamento de Ortodontia, **Prof. Dr. Ary dos Santos Pinto, Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli e Prof. Dr. Helder Baldi Jacob.** Obrigado por todo conhecimento compartilhado e por sempre mostrarem as melhores diretrizes. Vocês são grandes exemplos para todos nós.

A todos que colaboraram diretamente com a construção dos artigos desta dissertação, **Prof^a. Dr^a. Lucia Cevidanes, Prof^a. Dr^a. Karine Evangelista, Prof. Dr. Antonio Augusto Campanha, Prof^a. Dr^a. Claudia Toyama, Tengfei Li, Haoyue Li e Dr. Guilherme Paladini Feltrin,** por toda a prontidão, dedicação e carinho com este trabalho.

A todos os **funcionários do Departamento de Clínica Infantil,** assim como os da **Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP,** por sempre proporcionarem um ótimo ambiente de trabalho e organizarem esta faculdade de forma maravilhosa.

A todos os **meus amigos de Pós-Graduação e Graduação da FOAr.** Esta jornada ficou bem melhor e mais simples tendo amigos como vocês ao meu lado.

A **meus professores, e hoje colegas de ensino, do Instituto Clínico de Especialidades Odontológicas – ICEO,** por me ensinarem tanto sobre ortodontia e confiarem em mim em todos os momentos. Levarei sempre os ensinamentos de cada um junto comigo.

A todos os **meus amigos de Campinas.** Obrigado por sempre se manterem próximos e presentes, mesmo com a distância e compromissos.

As colaboradoras da nossa clínica e instituto, **Bianca, Camila, Luciana, Maria Eduarda e Rafaela** por toda a ajuda no cotidiano e me ajudarem a conciliar meus estudos com meus atendimentos

A **Prof^a. Dr^a. Larissa Gonçalves Cunha Rios** por gentilmente aceitar fazer parte da banca desta dissertação.

Ao **programa de Pós-graduação em Ciências Odontológicas da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP,** representado pela coordenadora Prof^a. Dr^a. Andreia Bufalino e pelo vice coordenador Prof. Dr. Milton Carlos Kuga.

Por fim, agradeço a **Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP,** nas pessoas do diretor Prof. Dr. Edson Alves de Campos e vice-diretora Prof^a. Dr^a. Patrícia P. Nordi Sasso Garcia. Foi uma honra ter sido acolhido novamente nesta casa onde me formei. Tenho muito orgulho e amor por esta faculdade.

“A menos que modifiquemos nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.”

Albert Einstein*

* Einstein A. Como vejo o mundo. Rio de Janeiro: Nova Fronteira; 1981.

Oliveira PHJ. Aplicação da inteligência artificial na predição de cirurgia ortognática ou ortodontia convencional [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

RESUMO

Quando as alterações esqueléticas, oclusais e estéticas apresentadas são tão severas que não podem ser tratadas com ortodontia compensatória, deve ser realizado tratamento ortodôntico-cirúrgico para que possa restabelecer a harmonia facial e função para o paciente. No entanto, para alguns casos limítrofes, o conhecimento empírico de profissionais experientes pode ser um fator decisivo na tomada de decisão. Hoje, com aumento de dados e melhorias tecnológicas é possível utilizar modelos de inteligência artificial (*machine learning*) como suporte para tomadas de decisão. O objetivo principal desse estudo foi de avaliar se modelos de inteligência artificial podem ser utilizados como auxílio na tomada de decisão em ortodontia, por meio de dois artigos. No primeiro artigo, o objetivo foi de revisar sistematicamente como a inteligência artificial pode ser aplicada ao diagnóstico e planejamento ortodôntico utilizando exames radiológicos e testar se diferentes modelos de inteligência virtual eram capazes de predizer o tratamento. O segundo artigo, avaliou se um paciente necessita ou não de cirurgia ortognática a partir dos valores obtidos em telerradiografias laterais, previamente ao tratamento avaliando tanto tecido duro e mole em pacientes classe II ou classe III esquelética, por meio de diferentes algoritmos de inteligência artificial. Como resultados, o primeiro artigo resultou em 12 estudos divididos em 5 categorias diferentes de diagnóstico: osteoartrite de articulação temporomandibular, maturação óssea, classificação esquelética, síndrome da apnéia obstrutiva do sono e necessidade de cirurgia ortognática. Em geral, a IA aumentou a acurácia do diagnóstico. Os resultados para o segundo artigo mostraram que o modelo combinado de algoritmos *de machine learning* apresentou alta performance para todos os grupos (amostra total, classe II e classe III), sendo que os pacientes classe III mostraram valores superiores para acurácia (0.873), *F1-score* (0.8) e curva AUC (0.923). Concluindo assim que a inteligência artificial pode ser utilizada como auxílio na tomada de decisão para tratamento ortodôntico e cirúrgicos.

Palavras - chave: Ortodontia. Inteligência artificial. Cirurgia ortognática.

Oliveira PHJ. Application of artificial intelligence in the prediction of orthognathic surgery or conventional orthodontics [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

ABSTRACT

When skeletal, occlusal, and aesthetical discrepancies are too severe that cannot be treated with compensatory orthodontics, orthodontic preparation to orthognathic surgery must be done to restore the patient's facial harmony and function. However, some borderline patients can be a challenge. For these cases, the experience and clinician's empirical knowledge plays an important role in the decision-making process for planning. The increasing amount of data and technological advancements can make it possible for artificial intelligence (AI) models (machine learning) to support the decision-making process. Thus, this study aimed to evaluate if artificial intelligence models can be used as an auxiliary tool to predict if a patient needs orthognathic surgery, by presenting two papers. The first paper's objective was to systematically review how artificial intelligence can be applied to orthodontic diagnosis and planning using X-ray-based images and test if different AI models were capable to predict the treatment. The second paper's objectives were to evaluate the machine learning models' capacity to predict if class II and class III patients need orthognathic surgery using soft and hard tissue values obtained from lateral radiographs. As results, the first article resulted in 12 studies that were divided in 5 different categories: TMJ osteoarthritis, skeletal maturation/development, skeletal pattern, obstructive sleep apnea, and orthognathic surgery. The results for the second article showed that the combined machine learning prediction model showed top ranked performance in the testing-set for all groups (entire sample, class II and class III) and the best results were observed for class III validation-set (accuracy 0.873, F1-score 0.8, and AUC 0.923). In conclusion, artificial intelligence can be used as an aid for orthognathic surgery decision.

Keywords: Orthodontics. Artificial intelligence. Orthognathic surgery.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 PROPOSIÇÃO	16
3 PUBLICAÇÕES	17
3.1 Publicação 1.....	17
3.2 Publicação 2.....	40
4 CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS	73
ANEXO	77

1 INTRODUÇÃO

Na Ortodontia, a má-oclusão é objeto de estudo há muitos anos. Existem diversas formas de classificá-la com o intuito de padronizar diagnóstico e facilitar a comunicação entre profissionais. A classificação de Angle de 1899, amplamente utilizada, é baseada na relação antero-posterior dos primeiros molares permanentes, em: Classe I, Classe II e Classe III, com suas divisões e subdivisões¹. Lischer, em 1911, citado por Moyers² complementou esta classificação, ao considerar as posições individuais de cada dente dentro da arcada.

Andrews³, em 1974, publicou uma classificação para determinar a relação oclusal de forma mais ampla denominada seis chaves de oclusão normal, onde na primeira chave está englobada a classificação de Angle. Em seu livro de lançamento da técnica Straight-wire: o conceito e o aparelho, as má-oclusões foram divididas em normais e anormais, sendo que a má-oclusão normal é aquela que pode ser tratada pela ortodontia. Já a anormal é toda má-oclusão que a ortodontia é incapaz de solucionar sem auxílio de outras especialidades, como por exemplo a cirurgia ortognática.

Reis⁴, em 2001, pesquisou sobre a análise facial por meio da Pirâmide da Agradabilidade Estética e classificou os indivíduos em esteticamente agradáveis, aceitáveis ou desagradáveis com o intuito de facilitar a comunicação com pacientes e leigos. De acordo com o artigo, o papel do ortodontista é manter os pacientes dentro do limite entre agradável e aceitável e, para isso, pacientes considerados desagradáveis devem se submeter a procedimentos ortodôntico-cirúrgicos. Capellozza⁵ em 2004, utilizou o padrão de crescimento craniofacial como principal fator etiológico e concluiu que, quando a evolução genética tem tendência negativa e impacta tanto oclusão como a face do paciente, a cirurgia ortognática deverá ser associada ao tratamento ortodôntico.

Apesar de diversas formas de classificar a má-oclusão é consenso dizer que indivíduos com grandes discrepâncias esqueléticas que impossibilitam o tratamento ortodôntico compensatório, devem ser submetidos a tratamentos ortodônticos cirúrgicos para a correção da oclusão, estética e função.

No entanto, análises quantitativas são necessárias para classificar a verdadeira necessidade de tratamento seja ortodôntico ou cirúrgico. A literatura

apresenta tanto métodos quantitativos quanto qualitativos para avaliar as discrepâncias, seja por meio de radiografias, modelos, análise de tecidos moles, tomografias computadorizadas e análises faciais subjetivas^{4,6-11}. Tais métodos auxiliam o ortodontista a compreender melhor a localização, etiologia e gravidade do problema do paciente. Estes elementos somados a idade e a agradabilidade facial do paciente, são determinantes para que o ortodontista trace o prognóstico e plano de tratamento⁵.

O tratamento do paciente poderá ser ortodôntico corretivo para pacientes com bases ósseas e face equilibradas; ortodôntico compensatório para pacientes com aceitáveis discrepâncias esqueléticas e faciais; ortodôntico descompensatório cirúrgico para pacientes com grandes discrepâncias esqueléticas e desagradabilidade facial que impossibilitam que o tratamento ortodôntico sozinho restabeleça estética, oclusão e função^{4,5,12-15}.

Um grande desafio no tratamento compensatório são os pacientes borderline. Para estes pacientes existem duas possibilidades de tratamento: a compensação dentária, que consiste na inclinação axial dos dentes no sentido contrário ao erro esquelético do paciente, ou o tratamento com descompensação ortodôntica e cirurgia ortognática. Nestes casos, a tomada de decisão dependerá da experiência clínica, análises científicas quantitativas e qualitativas do ortodontista e também da percepção do problema pelo paciente, relacionada a sua auto-estima e problemas sociais¹⁶.

Steiner¹⁷, em 1959, demonstrou como deveriam se posicionar os incisivos de um paciente tratado ortodonticamente dentro da normalidade, para que seja possível alcançar aquilo que os autores denominam como uma “face agradável”, a partir do ângulo ANB, inclinação dos incisivos superiores e inferiores, e a suas distâncias da linha NA e NB. Esclarecem também que a depender da má oclusão, os valores de normalidade são alterados para se obter resultado satisfatórios ao final. Além disso, os autores demonstram estimativas que consideram ser ideais para compensações ortodônticas de pacientes com alterações esqueléticas, na tentativa de estabelecer limites de movimentações dentárias. Apesar de concordar que padrões de normalidade e limites de compensações a partir de valores pré-fixados podem não ser a melhor forma de ditar um tratamento, os autores ressaltam que, para profissionais menos experientes, os gráficos podem servir de guias na tomada de decisão¹⁷.

Outros estudos já foram feitos na tentativa de quantificar a necessidade de cirurgia ortognática. Um estudo clássico nesta tomada de decisão é o envelope de diagnóstico de Proffit¹⁸. No entanto, medidas isoladas, geralmente, não são capazes de definir um diagnóstico final correto, por isso alguns autores descreveram correlações cefalométricas com o objetivo de auxiliar no planejamento e tomada de decisão de um caso^{19,20}. Hoje, com o advento de novas tecnologias, como as ancoragens esqueléticas e tomografias, ampliaram-se os limites da ortodontia, possibilitando maiores compensações^{18,21,22}.

Novas tecnologias não se limitam a técnicas ou exames. Temos, hoje, um alto volume de dados dentro da área da odontologia graças a digitalização e a demanda maior por diagnósticos precisos, possibilitando assim que novas técnicas sejam agregadas ao diagnóstico^{23,24}. Porém, esse alto volume de exames e dados, são subutilizados, quando avaliados individualmente. Nesse contexto, a inteligência artificial (IA), mais especificamente a área de *Machine Learning* (ML), é uma das novas ferramentas que vem sendo introduzida na pesquisa odontológica. Com esta metodologia, é possível fazer com que programas sejam capazes de auxiliar profissionais em suas tomadas de decisão, por meio de fórmulas, equações e integração dos dados (variáveis)²⁵⁻³¹.

Diferentemente das abordagens tradicionais, a inteligência artificial não se baseia em estudos de hipóteses ou depende de parâmetros restritos. Ela utiliza padrões de dados e é capaz de avaliar simultaneamente múltiplas variáveis e fazer interações entre elas. Isto possibilita que computadores formem regras pela repetição dos valores, assemelhando-se, assim, ao processo de aprendizado humano^{24,32,33}.

Yu *et al.*³⁴, buscaram utilizar redes neurais convolucionais (RNC) para realizar classificação esquelética de pacientes a partir de telerradiografias laterais. Foram utilizadas imagens de 5890 pacientes para classificar os pacientes de acordo com suas alterações sagitais e verticais. Para análises sagitais, os principais pontos avaliados pelo modelo estavam na região de incisivos e do ponto nasio, apontando para possível relação com o ângulo ANB e a medida AB-Oclusal. Já para as alterações verticais, a base do crânio e o ângulo da mandíbula foram os principais fatores levados em consideração. Para todas as métricas avaliadas, houve resultados maiores que 90% quando

avaliado sagital e vertical de forma única. Quando separados, a acurácia para a alteração vertical foi maior.

Choi *et al.*³², demonstraram uma técnica de machine learning com o objetivo de desenvolver um novo modelo de inteligência artificial capaz de tomar a decisão da necessidade de cirurgia e de extrações, e avaliar a performance deste método. No entanto, ressaltaram que em estudos futuros seria necessário subdividir as queixas dos pacientes em valores de entrada, uma vez que a tomada de decisão da cirurgia por pacientes muitas vezes provém de motivação estética.

Lee *et al.*³³, avaliaram diferentes algoritmos de RNC que tinham como objetivo auxiliar no diagnóstico diferencial para indicação de cirurgia ortognática pelo uso de telerradiografias laterais de 333 pacientes, sendo que 174 foram submetidos a cirurgia ortognática. Os traçados cefalométricos utilizaram 50 marcos e as imagens foram alinhadas pelo plano de Frankfurt. O modelo com maiores acurácias foram o Alexnet modificado, ResNet50 e MobileNet (96,4%, 95,6% e 95,4%, respectivamente). Os principais fatores que resultaram nestes diagnósticos foram: inclinações dentárias, a mandíbula e sínfise da mandíbula.

Kim *et al.*³⁵, avaliaram em radiografias laterais o diagnóstico para cirurgia ortognática pela utilização de redes neurais. Foram utilizados 960 pacientes nesta pesquisa sendo que 320 eram cirúrgicos. Para o grupo de teste foram utilizados 150 pacientes, os demais foram divididos em 5 grupos para realizar o *5-fold cross-validation*. Foram utilizados 4 diferentes modelos de redes neurais convolucionais sendo eles ResNet-18, 34, 50 e 101, sendo que a ResNet-18 foi a que apresentou as melhores métricas para AUC (0.979), acurácia (0.938), sensibilidade (0.882) e especificidade (0.966).

Tanikawa e Yamashiro³⁶, tiveram como objetivo desenvolver um novo modelo de inteligência artificial para predizer a morfologia facial que 137 pacientes teriam após serem submetidos a tratamento ortodôntico-cirúrgico ou tratamento com extração de pré-molares. Utilizaram radiografias laterais e imagens faciais 3D para avaliar por métodos de geometria morfométrica baseado em pontos cefalométricos associados a *deep learning*. Como resultados finais, obtiveram que para casos cirúrgicos o erro do modelo era de 0.94mm enquanto casos de extrações 0.69. Já a taxa de sucesso foi de 100% quando o sistema foi calibrado para taxas de erro menores que 2mm.

Na odontologia, o uso de imagens e radiografias vêm crescendo exponencialmente. Com isso, pode-se afirmar que as ferramentas de IA terão grande influência na melhoria da precisão do diagnóstico, planejamento, abordagem e mecânica de nossos tratamentos, pelo fato de que tais sistemas necessitam de um grande número de dados “*big data*”^{37,38}. Outra grande vantagem da IA é a possibilidade de conectar profissionais do mundo todo^{24,39,40}. No entanto, devemos levar em conta alguns desafios desta nova modalidade: a necessidade de grande número de dados para que seja possível o correto aprendizado da máquina, é preciso padronizar as informações, ter pessoas treinadas para manipular os programas e garantir a segurança dos dados dos pacientes (dados desidentificados)^{24,37}. Outro desafio que pode ser levantado está relacionado a necessidade de evitar que vieses sejam levados aos sistemas de decisão baseados em IA. Se faz necessário avaliar as fontes pelas quais o modelo foi treinado para que seja possível integrar teorias, experimentos e conhecimentos empíricos, diminuindo, assim, a possibilidade de que vieses humanos ou de experimentos possam diminuir a credibilidade de modelos baseados em IA^{41,42}.

Mesmo com a crescente quantidade de estudos envolvendo IA e a grande quantidade de dados na odontologia, a Ortodontia ainda não foi muito explorada. Ainda é necessária uma integração dos dados, por meio de avaliação de exames padronizados. Nesse contexto as radiografias laterais são exames existentes na maioria dos centros odontológicos, contendo informações e variáveis facilmente extraídas por pessoas treinadas^{26,27}.

Deste modo a hipótese do nosso estudo é de que o uso de algoritmos de IA e dados clínicos podem prever com acurácia a necessidade de cirurgia em pacientes ortodônticos.

4 CONCLUSÃO

Essa dissertação demonstrou que a inteligência artificial pode ser utilizada como auxílio na tomada de decisão para tratamento ortodôntico e cirúrgico. O primeiro artigo concluiu que a IA pode ser utilizada para melhorar diagnósticos e planos de tratamentos utilizando imagens radiográficas, sendo que as melhores aplicações foram para osteoartrite nas articulações temporomandibulares, maturação e classificação esquelética, síndrome da apnéia obstrutiva do sono e necessidade de cirurgia ortognática. Já o segundo artigo concluiu que o modelo proposto pode auxiliar o processo de tomada de decisão do ortodontista para definir se um paciente necessita ou não de cirurgia ortognática. Além disso, o modelo apresentou melhores resultados quando treinado por diagnósticos obtidos em consenso entre experts e em pacientes com padrão esquelético classe III.

REFERÊNCIAS*

1. Angle EH. Classification of malocclusion. *Dent Cosmos*. 1899; 41(3): 248-64.
2. Moyers R. *Ortodontia*. 3. ed. Local: Guanabara Koogan; 1979.
3. Andrews LF. *Straight wire: the concept and appliance*. Ann Arbor:: Universidade de Michigan Editora L.A. Wells; 1989.
4. Reis SAB, Abrão J, Capelozza Filho L, Claro CA de A. Análise facial subjetiva. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial*. 2006; 11(5): 159-72. doi:10.1590/S1415-54192006000500017.
5. Capelozza Filho L. *Diagnóstico em ortodontia*. Maringá: Maringá Dental Press; 2004.
6. Arnett GW, Bergman RT. Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning: part II. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1993; 103(5): 395-411. doi:10.1016/S0889-5406(05)81791-3.
7. Arnett GW, Bergman RT. Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning: part I. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1993; 103(4): 299-312. doi:10.1016/0889-5406(93)70010-L.
8. Arnett GW, Jelic JS, Kim J, Cummings DR, Beress A, Worley CM Jr et al. Soft tissue cephalometric analysis: diagnosis and treatment planning of dentofacial deformity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1999; 116(3): 239-53. doi:10.1016/s0889-5406(99)70234-9.
9. de Oliveira MA, Pereira MD, Hino CT, Campaner AB, Scanavini MA, Ferreira LM. Prediction of transverse maxillary dimension using orthodontic models. *J Craniofac Surg*. 2008; 19(6): 1465-71. doi:10.1097/SCS.0b013e318188a04b.
10. Howerton WB, Mora MA. Advancements in digital imaging: what is new and on the horizon? *J Am Dent Assoc*. 2008; 139(Suppl): S20-S24. doi:10.14219/jada.archive.2008.0354.
11. Miller AJ, Maki K, Hatcher DC. New diagnostic tools in orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2004; 126(4): 395-6. doi:10.1016/j.ajodo.2004.04.014.
12. Wolford LM, Stevão E, Alexander C, Gonçalves J. Orthodontics for orthognathic surgery. In: Miloro M, Ghali GE, Larsen PE, Waite, P. editors. *Peterson's principles of oral and maxillofacial surgery*. Shelton: Springer; 2004. p. 1111-34.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

13. Gerzanic L, Jagsch R, Watzke IM. Psychologic implications of orthognathic surgery in patients with skeletal class II or class III malocclusion. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 2002; 17(2): 75-81.
14. Johnston C, Hunt O, Burden D, Stevenson M, Hepper P. Self-perception of dentofacial attractiveness among patients requiring orthognathic surgery. *Angle Orthod.* 2010; 80(2): 361-6. doi:10.2319/051209-252.1.
15. Naini FB, Gill DS. *Orthognathic surgery: principles, planning and practice.* Oxford: Wiley-Blackwell; 2017.
16. Van Steenberg E, Litt MD, Nanda R. Presurgical satisfaction with facial appearance in orthognathic surgery patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996; 109(6): 653-9. doi:10.1016/S0889-5406(96)70078-1.
17. Steiner CC. Cephalometrics in clinical practice. *Angle Orthod.* 1959; 29(1): 8-29.
18. Graber L, Vanarsdall R, Vig K, Huang G. *Orthodontics: current principles and techniques.* 6th ed. St. Louis: Mosby; 2017.
19. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA. Cephalometric floating norms for North American adults. *Angle Orthod.* 1998; 68(6): 497-502. doi:10.1043/0003-3219(1998)068<0497:CFNFNA>2.3.CO;2.
20. Naranjilla MAS, Janson IR. Cephalometric floating norms as a guide toward a harmonious individual craniofacial pattern among filipinos. *Angle Orthod.* 2009; 79(6): 1162-68. doi:10.2319/091408-478R.1.
21. Cao H-L, Kang M-H, Lee J-Y, Park W-J, Choung H-W, Choung P-H. Quantification of three-dimensional facial asymmetry for diagnosis and postoperative evaluation of orthognathic surgery. *Maxillofac Plast Reconstr Surg.* 2020; 42(17): 1-11. doi:10.1186/s40902-020-00260-9.
22. Cevitanes LHS, Bailey LJ, Tucker GR, Styner MA, Mol A, Phillips CL et al. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients. *Dentomaxillofac Radiol.* 2005; 34(6): 369-75. doi:10.1259/dmfr/17102411.
23. MacHoy ME, Szyszka-Sommerfeld L, Vegh A, Gedrange T, Woźniak K. The ways of using machine learning in dentistry. *Adv Clin Exp Med.* 2020; 29(3): 375-84. doi:10.17219/acem/115083.
24. Allareddy V, Venugopalan SR, Nalliah RP, Caplin JL, Lee MK, Allareddy V. Orthodontics in the era of big data analytics. *Orthod Craniofac Res.* 2019; 22(S1): 8-13. doi:10.1111/ocr.12279.
25. Corbella S, Srinivas S, Cabitza F. Applications of deep learning in dentistry. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2021; 132(2): 225-38.

26. Park JH, Hwang HW, Moon JH, Yu Y, Kim H, Her SB et al. Automated identification of cephalometric landmarks: part 1: comparisons between the latest deep-learning methods YOLOV3 and SSD. *Angle Orthod.* 2019; 89(6): 903-09. doi:10.2319/022019-127.1.
27. Hwang HW, Park JH, Moon JH, Yu Y, Kim H, Her SB et al. Automated identification of cephalometric landmarks: part 2: might it be better than human? *Angle Orthod.* 2020; 90(1): 69-76. doi:10.2319/022019-129.1.
28. Bianchi J, de Oliveira Ruellas AC, Gonçalves JR, Paniagua B, Prieto JC, Styner M et al. Osteoarthritis of the temporomandibular joint can be diagnosed earlier using biomarkers and machine learning. *Sci Rep.* 2020; 10(1): 1-14. doi:10.1038/s41598-020-64942-0.
29. Raghupathi W, Raghupathi V. Big data analytics in healthcare: promise and potential. *Heal Inf Sci Syst.* 2014; 2(1): 1-10. doi:10.1186/2047-2501-2-3.
30. Tuzoff DV, Tuzova LN, Bornstein MM, Krasnov AS, Kharchenko MA, Nikolenko SI et al. Tooth detection and numbering in panoramic radiographs using convolutional neural networks. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019; 48(4): 1-10. doi:10.1259/dmfr.20180051.
31. Ghahramani Z. Probabilistic machine learning and artificial intelligence. *Nature.* 2015; 515; 452-9 [acesso 2022 out 20]. Disponível em: https://www.repository.cam.ac.uk/bitstream/handle/1810/248538/Ghahramani_2015_Nature.pdf
32. Choi H-I, Jung S-K, Baek S-H, Lim WH, Ahn SJ, Yang IH et al. Artificial intelligent model with neural network machine learning for the diagnosis of orthognathic surgery. *J Craniofac Surg.* 2019; 30(7): 1986-89. doi:10.1097/SCS.0000000000005650.
33. Lee KS, Ryu JJ, Jang HS, Lee DY, Jung SK. Deep convolutional neural networks based analysis of cephalometric radiographs for differential diagnosis of orthognathic surgery indications. *Appl Sci.* 2020; 10(6):2124. doi:10.3390/app10062124.
34. Yu HJ, Cho SR, Kim MJ, Kim WH, Kim JW, Choi J. Automated skeletal classification with lateral cephalometry based on artificial intelligence. *J Dent Res.* 2020; 99(3): 249-56. doi:10.1177/0022034520901715.
35. Kim Y-H, Park J-B, Chang M-S, Ryu J-J, Lim WH, Jung S-K. Influence of the depth of the convolutional neural networks on an artificial intelligence model for diagnosis of orthognathic surgery. *J Pers Med.* 2021; 11(5): 356. doi:10.3390/jpm11050356.
36. Tanikawa C, Yamashiro T. Development of novel artificial intelligence systems to predict facial morphology after orthognathic surgery and orthodontic treatment in Japanese patients. *Sci Rep.* 2021; 11(1): 1-11. doi:10.1038/s41598-021-95002-w.

37. Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. *J Dent Res.* 2020; 99(7): 769-74. doi:10.1177/0022034520915714.
38. Chen S, Wang L, Li G, Wu TH, Diachina S, Tejera B et al. Machine learning in orthodontics: introducing a 3D auto-segmentation and auto-landmark finder of CBCT images to assess maxillary constriction in unilateral impacted canine patients. *Angle Orthod.* 2020; 90(1): 77-84. doi:10.2319/012919-59.1.
39. Mupparapu M, Chia-Wei W, Yu Cheng C. Artificial intelligence, machine learning, neural networks, and deep learning : futuristic concepts for. *Quintessence Int (Berl).* 2018; 49(9): 687-8.
40. Park WJ, Park J-B. History and application of artificial neural networks in dentistry. *Eur J Dent.* 2018; 12(04): 594-601. doi:10.4103/ejd.ejd_325_18.
41. Gurupur V, Wan TTH. Inherent bias in artificial intelligence-based decision support systems for healthcare. *Med.* 2020; 56(3): 141. doi:10.3390/medicina56030141
42. Panch T, Mattie H, Atun R. Artificial intelligence and algorithmic bias: Implications for health systems. *J Glob Health.* 2019; 9(2): 1-5. doi:10.7189/jogh.09.020318