

RESSALVA

Atendendo a solicitação da autora, o texto completo deste trabalho será disponibilizado a partir de 25/08/2025.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

EDUARDO PAES LEME TEIXEIRA

**TUBOS CERÂMICOS IMPRESSOS EM 3D: controle rotacional do
primeiro molar superior**

2023

EDUARDO PAES LEME TEIXEIRA

**TUBOS CERÂMICOS IMPRESSOS EM 3D: controle rotacional do
primeiro molar superior**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA E TECNOLOGIA APLICADA À ODONTOLOGIA.

Área: Inovação tecnológica multidisciplinar com ênfase em odontologia.

Linha de pesquisa: Inovação tecnológica.

Orientadora: Profa. Dra. Suzelei Rodgher

Coorientador: Prof. Dr. Celestino José Prudente Nóbrega

São José dos Campos

2023

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2023]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Teixeira, Eduardo Paes Leme

Tubos cerâmicos impressos em 3D: controle rotacional do primeiro molar superior / Eduardo Paes Leme Teixeira. - São José dos Campos : [s.n.], 2023. 54 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Aplicada à Odontologia - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2023.

Orientadora: Suzelei Rodgher

Coorientador: Celestino José Prudente Nóbrega

1. Ortodontia. 2. Desenho de aparelho ortodôntico. 3. Rotação molar. 4. Aparelhos ortodônticos. 5. Impressão tridimensional. I. Rodgher, Suzelei, orient. II. Nóbrega, Celestino José Prudente, coorient. III. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. V. Universidade Estadual Paulista (Unesp). VI. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Avaliar o impacto de novas tecnologias na eficiência da correção ortodôntica para proporcionar movimentos dentários adequados que garantam tratamento ortodôntico eficiente. Nesta pesquisa, a tecnologia está aplicada na nova forma de fabricação de braquetes através do fluxo digital, que pretende aprimorar a relação paciente-profissional-empresa.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

Evaluate the impact of new technologies on the efficiency of orthodontic correction to provide adequate tooth movements that ensure efficient orthodontic treatment. In this research, the technology is applied in the new way of manufacturing brackets through the digital flow, which aims to improve the patient-professional-company relationship.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Suzelei Rodgher (Orientadora)
Universidade Estadual Paulista (Unesp)
Instituto de Ciência e Tecnologia
Campus de São José dos Campos

Prof. Dr. Rogério Amaral Tupinambá
Universidade Estadual Paulista (Unesp)
Ortogeo
São José dos Campos

Prof. Dr. Jorge Kennety Silva Formiga
Universidade Estadual Paulista (Unesp)
Instituto de Ciência e Tecnologia
Campus de São José dos Campos

São José dos Campos, 25 de agosto de 2023.

DEDICATÓRIA

À minha querida esposa Ariane e ao meu amado filho Cadu

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo minha esposa Ariane por todo amor, compressão e suporte ao longo dessa jornada, pois não mediu esforços para que eu realizasse mais esse sonho.

Ao meu filho Cadu, peço desculpas pela minha ausência e em alguns momentos minha falta de paciência, e agradeço, pois, ele e minha esposa me acolheram e me deram todo amor e carinho nos momentos mais difíceis.

Meu pai, Nelson por ser exemplo de homem e profissional para mim.

À minha orientadora professora Suzelei Rodgher por todo apoio, ajuda, paciência e ensinamentos importantíssimos durante todo mestrado.

Ao professor Celestino Nóbrega, meu coorientador por me presentear com o tema desse trabalho tão inovador e importante, e pela incrível ajuda em todo o trabalho, especialmente na metodologia.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP e ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Aplicada à Odontologia, docentes, colaboradores e discentes.

A Profa. Dra. Paula Carolina Komori de Carvalho, coordenadora do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Aplicada à Odontologia.

Ao professor Jorge Formiga pelo importante auxílio na análise estatística dessa pesquisa.

Aos funcionários da secretaria de pós-graduação: Carolina Lourenço Rei, José Marcos da Silva e Sandra Mara Cordeiro pelos atendimentos e orientações no decorrer do mestrado.

À Ortogeo que me acolheu e me permitiu fazer o estágio na Clínica de Ortodontia do Curso de Especialização. Aos professores e amigos que

fazem parte desta escola Dra. Liliam Jacob, Dr. Rogério Tupinambá, Dr. Danilo Hardman Jr., Dr. Paulo César, Dr. Alexandre Kozel que me receberam e me ajudaram durante todo o curso de Pós-graduação. Enfim a todos envolvidos direta e indiretamente nessa conquista o meu mais sincero obrigado.

RESUMO

Teixeira EPL. Tubos cerâmicos impressos em 3D: controle rotacional do primeiro molar superior [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2023.

No final da década de 70, ocorreu a introdução da tecnologia de desenho assistido por computador e fabricação assistida por computador (*CAD/CAM*) na Odontologia. As principais proposições dessa tecnologia seriam automatização do processo manual minimizando as variações ou falhas humanas. Dentre os benefícios do produto citado, destacam-se a possibilidade de individualização dos acessórios de acordo com as necessidades biomecânicas do paciente, personalizando a sua prescrição e o formato da sua base para melhor adaptação ao dente, dando ao ortodontista a possibilidade de alcançar finalizações de tratamentos muito mais precisas. A posição do primeiro molar superior tem grande importância para a clínica ortodôntica. As rotações dos primeiros molares superiores estão presentes na maioria das más oclusões, principalmente na má oclusão de Classe II de Angle Divisão 1, que aumenta o espaço ocupado pelos dentes na arcada dentária. O presente estudo avaliou *in vitro* o desempenho dos tubos no controle rotacional dos molares superiores. Nesta pesquisa, os tubos foram colados em primeiros molares superiores esquerdos artificiais de resina, aleatoriamente, divididos em quatro grupos, de acordo com o tipo de tubo utilizado e posicionamento de colagem. Os seguintes grupos foram testados: Grupo 1: Tubo cerâmico prototipado, colado na posição central; Grupo 2: Tubo cerâmico prototipado, colado na posição distal; Grupo 3: Tubo simples metálico colado na posição central e Grupo 4: Tubo simples metálico colado na posição distal. Para a execução dos testes, hemiarquadas superiores esquerdas contendo desde o dentes incisivo central superior ao segundo molar superior esquerdo foram obtidas por arquivo STL (Standard Triangle Language) através do software americano Autodesk Meshmixer. Os tubos ortodônticos foram fixados por colagem indireta com cianoacrilato na face vestibular dos dentes. Para a avaliação da eficiência dos tubos ortodônticos na correção da rotação do primeiro molar superior foi necessária a utilização de um simulador eletrônico, com o objetivo de padronizar os testes para todas as amostras pesquisadas. Testes T de student e Mann-Whitney foram aplicados para avaliar diferença estatística entre os resultados obtidos nos grupos. Na posição Central, a média dos pulsos de correção dos tubos cerâmicos prototipados (39.41 pulsos) foi superior à média dos tubos metálicos (27.37 pulsos) (teste T de Student $p < 0.05$). Na posição distal, a média dos pulsos de correção dos tubos cerâmicos prototipados (38.38 pulsos) foi superior à média dos tubos metálicos (18.07 pulsos) (teste de Mann-Whitney, $p < 0.05$). Tubos cerâmicos prototipados obtiveram uma maior intensidade da correção da rotação do molar superior que os tubos metálicos, através da metodologia adotada na presente pesquisa, nas duas situações avaliadas.

Palavras-chave: ortodontia; desenho de aparelho ortodôntico; impressão tridimensional; rotação molar; aparelhos ortodônticos.

ABSTRACT

Teixeira EPL. 3D printed ceramic tubes: rotational control of maxillary first molar [dissertation]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2023.

At the end of the 1970s, computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD/CAM) technology was introduced into dentistry. The main propositions of this technology would be the automation of the manual process, minimizing human variations or errors. Among the benefits of the product, the possibility of individualizing the accessories according to the patient's biomechanical needs stands out, customizing their prescription and the shape of their base for better adaptation to the tooth, giving the orthodontist the possibility of achieving complete much more accurate treatments. The position of the upper first molar is of great importance for the orthodontic clinic. Rotations of the upper first molars are present in most malocclusions, especially in Angle Class II Division 1 malocclusion, which increases the space occupied by the teeth in the dental arch. The present study evaluated in vitro the performance of the tubes in the rotational control of upper molars. In this research, the tubes were bonding to artificial resin upper left first molars, randomly, divided into four groups, according to the type of tube used and gluing positioning. The following groups were tested: Group 1: Prototyped ceramic tube, bonded in the central position; Group 2: Prototyped ceramic tube, bonded in the distal position; Group 3: Simple metallic tube bonded in the central position and Group 4: Simple metallic tube bonded in the distal position. For the execution of the tests, upper left hemiarchs containing from central incisor teeth superior to the upper left second molar were obtained using an STL (Standard Triangle Language) file using the American software Autodesk Meshmixer. The orthodontic tubes were fixed by indirect bonding with cyanoacrylate on the buccal surface of the teeth. To evaluate the efficiency of orthodontic tubes in correcting the rotation of the upper first molar, it was necessary to use an electronic simulator, with the aim of standardizing the tests for all samples researched. Student's T and Mann-Whitney tests were applied to evaluate statistical differences between the results obtained in the groups. In the Central position, the average correction pulses for the prototyped ceramic tubes (39.41 pulses) were higher than the average for the metallic tubes (27.37 pulses) (Student's T test $p < 0.05$). In the distal position, the average correction pulses for the prototyped ceramic tubes (38.38 pulses) were higher than the average for the metallic tubes (18.07 pulses) (Mann-Whitney test, $p < 0.05$). Prototyped ceramic tubes obtained a greater intensity of correction of upper molar rotation than metallic tubes, through the methodology adopted in the present research, in the two situations evaluated.

Keywords: orthodontics; orthodontic appliance design; three-dimensional printing; molar rotation; orthodontic appliances.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 ARTIGO(S).....	15
2.1 Artigo – Teixeira EPL, Dugan O, Formiga JK, Nóbrega CJP, Rodgher S. Tubos cerâmicos impressos em 3D – Controle rotacional do primeiro molar superior / <i>3D printed ceramic tubes – rotational control of maxillary first molar</i>.....	15
3 CONSIDERAÇÕES GERAIS	48
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICE.....	52
ANEXOS.....	54

1 INTRODUÇÃO

A Ortodontia tem vivenciado importantes avanços que definitivamente alteraram seu rumo. Isto ocorreu quando Lawrence Andrews, no início dos anos de 1970, propôs a incorporação de detalhamentos de posicionamento dos dentes aos acessórios ortodônticos, e quando Ronald Roth, no final da década de 80, sugeriu alterações na prescrição, com o objetivo de estabelecer uma conexão com a oclusão funcional e com os fundamentos da bioestética propostos por Robert Lee. Entretanto, o maior progresso da história dessa especialidade está ocorrendo neste exato momento. O fenômeno, que acontece de forma global, tem introduzido o cirurgião-dentista de maneira inevitável e irreversível ao mundo digital. A inteligência artificial (apoiada em algoritmos que podem ser revertidos em tomadas de decisões suportadas por banco de dados) pode ser considerada como a grande aliada dos odontólogos (Nóbrega, 2021).

A utilização da tecnologia digital tem contribuído para aprimorar e facilitar o diagnóstico, planejamento e execução dos tratamentos ortodônticos. Entre as diversas aplicações do sistema CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) destacamos a sequência clínica de tratamento ortodôntico com aparelho fixo, tratamentos com alinhadores estéticos, aparelhos personalizados sobre mini implantes e confecção de contenções totalmente em ambiente digital. Essa abordagem apresenta diversas vantagens para o profissional e o paciente, na medida em que aumenta a precisão dos aparelhos, interfere diretamente no tempo de tratamento e na previsibilidade do resultado (Cunha et al., 2021).

A tecnologia CAD/CAM tem evoluído muito nas últimas décadas. O termo CAD/CAM vem do inglês Computer Aided Design e Computer Aided Manufacturing, que em português significa, respectivamente, desenho ou projeto assistido por computador e fabricação assistida por computador. Os sistemas CAD/CAM foram desenvolvidos pela indústria aeronáutica e automobilística, e é encontrado em diversos campos da medicina. Esta tecnologia sempre foi muito presente na área da engenharia e arquitetura como uma ferramenta para a fabricação de peças para maquinário industrial e desenhos arquitetônicos de precisão (Bayazit, 2004).

Na arquitetura, sistemas CAD/CAM são utilizados para criar projetos 3D (em

três dimensões) de objetos variados, com alta precisão de detalhes e fidelidade nas dimensões, que podem ser transformados em objetos sólidos (Hilgert et al., 2005). Na engenharia mecânica, os sistemas são aplicados na manufatura de peças, possibilitando aos engenheiros efetuarem alterações e corrigir erros antes da fabricação delas. Na odontologia, a tecnologia foi introduzida na década de 70, sendo o Cerec (Sirona®, Alemanha), em 1987, o primeiro sistema CAD/CAM a ser comercializado. Posteriormente, novos sistemas foram sendo desenvolvidos e aprimorados (Andreiotelli et al., 2013).

A inserção da tecnologia de *scanners* intraorais e CAD/CAM, na odontologia, tem gerado inúmeras inovações e possibilidades. Inicialmente, era apenas possível digitalizar dentes individualmente, e a fabricação estava limitada às restaurações protéticas menores. O progresso neste campo permite escaneamento em áreas maiores, e grandes quantidades de dados podem ser processadas (Miyazaki et al., 2009). De acordo com Al Mortadi (2012), a utilização do CAD/CAM na odontologia se expandiu muito nos últimos anos, à medida que suas novas aplicações foram reconhecidas.

Como acontece na odontologia contemporânea, a ortodontia está passando por um desenvolvimento significativo atribuído às tecnologias digitais, que influenciam o diagnóstico, planejamento e todo o processo de tratamento ortodôntico (Bauer et al., 2001; van der Zande et al., 2013). Modernos sistemas personalizados permitem a avaliação de mudanças no posicionamento dentário através da sobreposição de modelos virtuais, facilitando a avaliação da evolução do caso, como também possibilitando a personalização dos braquetes e fios, sendo tais funcionalidades obtidas por meio de escaneamento intraoral, tomografia computadorizada (CBCT), fotografia e design tridimensional (3D) e fabricação auxiliada por computador (CAD/CAM) (De Vos et al., 2009, Muller-Hartwich et al., 2016). Existe uma grande variedade de aparelhos ortodônticos personalizados, incluindo braquetes metálicos vestibulares, braquetes linguais e alinhadores que estão se desenvolvendo rapidamente e despertando interesse crescente dos ortodontistas (Walton et al., 2010; Fujiyama, 2014). A utilização de aparelhos fixos personalizados nos tratamentos ortodônticos tem demonstrado resultados favoráveis com redução significativa do tempo total do tratamento, redução do tempo de cadeira e melhor conforto aos pacientes (Alford, 2011; Brown, 2015; Weber, 2013; Wiechmann, 2003). Entretanto,

aparelhos fixos metálicos vestibulares aumentam a percepção visual sobre os dentes dos pacientes, pela sua aparência distinta, e ainda há relatos de que aparelhos linguais induzem desconforto em alguns pacientes (Slater et al., 2014; Stamm et al., 2005).

A necessidade de tratamento ortodôntico estético, principalmente em adultos, culminou no desenvolvimento dos primeiros braquetes cerâmicos, no final da década de 1980. Desde então, novas tecnologias de fabricação de braquetes estéticos foram desenvolvidas (Karamouzou et al., 1997). Os aparelhos cerâmicos disponíveis para comercialização são quase todos compostos de óxidos de alumínio e revelam alta resistência, estabilidade química e biocompatibilidade (Kukiattrakoon et al., 2010). Para alcançar um adequado desempenho estético, o aparelho deve combinar com a cor do dente e/ou possuir translucidez adequada para permitir que a cor do dente seja visível através dos braquetes, tornando-os menos perceptíveis (Lee, 2008; Yang et al., 2019). Tecnicamente e economicamente, é muito mais difícil fabricar aparelhos personalizados de cerâmica, sejam policristalinos ou braquetes cerâmicos monocristalinos, em comparação aos aparelhos metálicos (Yang et al., 2019).

A fabricação aditiva refere-se à técnica de impressão 3D que permite a produção de uma ampla gama de produtos com propriedades e formas específicas que atendem as demandas dos pacientes em várias áreas da medicina e odontologia (Galante et al., 2019), tais como: prótese buco-maxilo-faciais, ortopedia, ortopedia funcional dos maxilares e cirurgia-buco-maxilo. Embora a impressão 3D tenha conseguido algumas aplicações clínicas em ortodontia, a qualidade da superfície dos braquetes, precisão dimensional e propriedades mecânicas ainda precisariam ser melhoradas para permitir a fabricação de braquetes ortodônticos de cerâmica personalizados (Dawood et al., 2015).

Para o nosso conhecimento nenhuma técnica de fabricação de aparelhos cerâmicos personalizados foi estabelecida até 2018, mesmo que várias marcas de braquetes cerâmicos estejam disponíveis comercialmente há décadas. Em 2018, após exaustivos três anos de pesquisa e desenvolvimento, o Dr. Griffin, um Ortodontista formado na Universidade de Harvard e fundador LightForce Orthodontics, desenvolveu um braquete impresso em 3D feito de alumina policristalina cerâmica. A indústria logo veria, pela primeira vez, algo que a maioria dos ortodontistas almejava, a capacidade de criar um tratamento 100% personalizado com aparelhos fixos

estéticos (LightForce Ortho, 2022).

O setor da tecnologia de aparelhos customizados busca dentre vários objetivos, a diminuição do tempo do tratamento e das consultas, uma ótima finalização do tratamento ortodôntico. Entretanto, essa busca exige conhecimento das características de uma oclusão ideal. Andrews (1972), ao descrever as seis chaves para uma oclusão normal, destacou a necessidade de relacionamento ideal entre as arcadas dentárias, de pontos de contatos entre os dentes das arcadas maxilar e mandibular, do posicionamento individual entre os dentes quanto à sua inclinação e angulação, da ausência de rotação dentária e da correta curva de Spee. Neste contexto, uma oclusão dentária ideal deve apresentar todas as características descritas por Andrews. Com base nestes princípios, o aparelho ortodôntico foi pensado como uma interface que permitiria aos dentes assumirem estas posições desejadas, através do uso de arcos contínuos, sem dobras de nenhuma ordem (Andrews, 1989).

Diversos autores têm estudado especificamente o problema da rotação do primeiro molar superior permanente. Ricketts (1969) propôs uma regra para avaliar clinicamente a posição dos primeiros molares superiores por vista oclusal, através do traçado de uma linha que passa pelo topo das cúspides disto-vestibular e mesio-palatina do primeiro molar permanente superior, em uma oclusão normal. De acordo com o autor, essa linha deveria cortar o terço distal do canino do lado oposto e foi considerada uma adequada regra para se verificar as rotações mesio-palatinas dos primeiros molares em más oclusões Classe II. Cetlin e Ten Hove (1983) descreveram que os dois primeiros molares superiores, quando bem-posicionados, apresentam suas faces vestibulares paralelas entre si. Junqueira et al. (2011), em uma revisão da literatura sobre o tema proposto, descreveram medições em modelos de gesso das arcadas dentárias superiores e concluíram que a posição do primeiro molar tem grande importância para a clínica ortodôntica. Segundo os autores, três posições desse dente são significativas: sua posição na maxila, sua inclinação axial e a rotação no seu longo eixo.

As rotações dos primeiros molares estão presentes em grande parte dos casos de má oclusão, principalmente nos casos de má oclusão Classe II de Angle Divisão 1, aumentando o espaço ocupado pelos dentes na arcada dentária (Braun et al., 1997; Dahlquist et al., 1996). Apesar dos pré-molares e caninos estarem bem-

posicionados, em alguns casos, a rotação do primeiro molar ocorre pelo posicionamento incorreto induzido por fatores etiológicos locais, como cáries interproximais, durante o desenvolvimento da dentição mista ou permanente (Dale, 1996).

Considerando que diferentes más oclusões e seus tratamentos podem influenciar na qualidade de vida relacionada à saúde bucal dos pacientes (Guerino, 2020), os avanços nos tratamentos ortodônticos no que se referem ao controle rotacional de dentes molares tornam-se muito necessários.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a correção da rotação mesial do primeiro molar superior, através do emprego de dois tipos de tubo ortodônticos, sendo um tubo cerâmico prototipado impresso em 3D e um tubo metálico largamente utilizado no mercado mundial. Adicionalmente, o desempenho dos dois tipos de tubos quanto à correção da rotação foi comparado.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Esta pesquisa colabora com a afirmação de outros estudos, que a utilização de aparelhos fixos personalizados nos tratamentos ortodônticos, tem demonstrado resultados muito favoráveis, aumentando bastante a previsibilidade e sucesso do tratamento ortodôntico.

Esta tecnologia que envolve o diagnóstico, planejamento e produção do aparelho ortodôntico customizado se torna cada dia mais comum nas clínicas ortodônticas, e tem como objetivo: a melhora na reprodutibilidade, eficiência e qualidade do tratamento ortodôntico, com redução significativa do tempo total do tratamento, redução do tempo de cadeira e melhor conforto aos pacientes.

Entretanto este é apenas o início desta nova Era chamada Ortodontia Digital, sendo necessário ainda muitas pesquisas para o constante aprimoramento destas tecnologias.

REFERÊNCIAS

- Al Mortadi N, Eggbeer D, Lewis J, Williams RJ. CAD/CAM applications in the manufacture of dental appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;142:727-33.
- Alford TJ, Roberts WE, Hartsfield JK, Eckert GJ, Snyder RJ. Clinical outcomes for patients finished with the SureSmile™ method compared with conventional fixed orthodontic therapy. *Angle Orthod*. 2011;81: 383–8.
- Andreiotelli M, Kamposiora P, Papavasiliou G. Digital data management for CAD/CAM technology. An update of current systems. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2013 Mar;21(1):9-15. PMID: 23682504.
- Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod*. 1972 Sep;62(3):296-309. doi: 10.1016/s0002-9416(72)90268-0. PMID: 4505873.
- Andrews L. *Straight wire, the concept and appliance*. San Diego, Calif: L. A. Wells; 1989.
- Bauer JC, Brown WT. The digital transformation of oral health care - Teledentistry and electronic commerce. *J Am Dent Assoc*. 2001;132:204–9.
- Bayazit N. Investigating design: a review of forty years of design research. *Des Issues* 2004; 20(1):16–29. doi: <https://doi.org/10.1162/074793604772933739>
- Braun S, Kusnoto B, Evans CA. The effect of maxillary first molar derotation on arch length. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997 Nov;112(5):538-44.
- Brown MW, Koroluk L, Ko CC, Zhang K, Chen M, Nguyen T. Effectiveness and efficiency of a CAD/CAM orthodontic bracket system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015 Dec;148(6):1067-74. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.07.029. PMID: 26672713.
- Cetlin NM, Ten Hoeve A. Nonextraction treatment. *J Clin Orthod*. 1983 Jun;17(6):396-413. PMID: 6577023.
- Cunha TMAD, Barbosa IDS, Palma KK. Orthodontic digital workflow: devices and clinical applications. *Dental Press J Orthod*. 2021 Dec 15;26(6):e21spe6. doi: 10.1590/2177-6709.26.6.e21spe6. PMID: 34932716; PMCID: PMC8690351.
- Dahlquist A, Gebauer U, Ingervall B. The effect of a transpalatal arch for the correction of first molar rotation. *Eur J Orthod*. 1996 Jun;18(3):257-67.
- Dale JG. Interceptive guidance of occlusion with emphasis on diagnosis. In: Graber TM, editor. *Orthodontics: current principles and techniques*. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1996. p. 264-346.

Dawood A, Marti BM, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J*. 2015;219: 521–9.

De Vos W, Casselman J, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Max Surg*. 2009;38: 609–25.

Fujiyama K, Honjo T, Suzuki M, Matsuoka S, Deguchi T. Analysis of pain level in cases treated with Invisalign aligner: comparison with fixed edgewise appliance therapy. *Prog Orthod*. 2014;15: 1–7.

Galante R, Figueiredo-Pina CG, Serro AP. Additive manufacturing of ceramics for dental applications: A review. *Dent Mater*. 2019 Jun;35(6):825-846. doi: 10.1016/j.dental.2019.02.026. Epub 2019 Apr 2. Erratum in: *Dent Mater*. 2023 Sep;39(9):860. PMID: 30948230.

Guerino P. Impacto do tratamento ortodôntico e da sua necessidade na qualidade de vida relacionada à saúde bucal em adolescentes [tese]. Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas; 2020.

Hilgert, LA, Calazans A, Baratieri LN. Restaurações CAD/CAM: o sistema CEREC 3 system. *Clín Int J Braz Dent*. 2005;1(3):198-209.

Junqueira MHZ, Valle-Corotti KM, Garib DG, Vieira RB, Ferreira FV. Análise da posição rotacional do primeiro molar permanente superior na má oclusão de Classe II Divisão 1. *Dental Press J Orthod [Internet]*. 2011 Jan;16(Dental Press J. Orthod., 2011 16(1)). Available from: <https://doi.org/10.1590/S2176-94512011000100014>

Karamouzos A, Athanasiou AE, Apadopoulos MA. Clinical characteristics and properties of ceramic brackets: a comprehensive review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997;112(1):34-40.

Kukiattrakoon B, Samruajbenjakul B. Shear bond strength of ceramic brackets with various base designs bonded to aluminous and fluorapatite ceramics. *Eur J Orthod*. 2010;32: 87–93.

Lee YK. Colour and translucency of tooth-coloured orthodontic brackets. *Eur J Orthod*. 2008;30:205–10.

Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 2009;28: 44-56.

Müller-Hartwich R, Jost-Brinkmann P, Schubert K. Precision of implementing virtual setups for orthodontic treatment using CAD/CAM-fabricated custom archwires. *J Orofa Orthop*. 2016; 77:1–8.

Nóbrega C. Odontologia 4.0: a grande virada da Ortodontia. *Ortodontia SPO*. [Internet]. 2021 Jun 05. [cited 2023 Apr 13]. Available from: <https://ortodontiaspo.com.br/odontologia-4-0-a-grande-virada-da-ortodontia/>

Ricketts RM. Occlusion - the medium of dentistry. *J Prosthet Dent*. 1969;21(1):39-60.

LightForce Ortho [Internet]. Burlington (MA): LIGHTFORCE [cited 2022 Mar 15]. Available from: www.lf.co/sp/about-us

Slater RD. Speech and discomfort during lingual orthodontic treatment. *J Orthod*. 2014;40: 34–7.

Stamm T, Hohoff A, Ehmer U. A subjective comparison of two lingual bracket systems. *Eur J Orthod*. 2005;27: 420–6.

van der Zande MM, Gorter RC, Wismeijer D. Dental practitioners and a digital future: an initial exploration of barriers and incentives to adopting digital technologies. *Br Dent J*. 2013 Dec;215(11):E21. doi: 10.1038/sj.bdj.2013.1146. PMID: 24309814.

Walton DK, Fields HW, Johnston WM, Rosenstiel SF, Firestone AR, Christensen JC. Orthodontic appliance preferences of children and adolescents. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2010;138: 691–8.

Weber NDJ, Koroluk LD, Phillips C, Nguyen T, Proffit WR. Clinical effectiveness and efficiency of customized vs. conventional preadjusted bracket systems. *J Clin Orthod*. 2013;47: 261.

Wiechmann D. A new bracket system for lingual orthodontic treatment part 2: first clinical experiences and further development. *J Orofa Orthop*. 2003; 64:372–88.

Yang L, Yin G, Liao X, Yin X, Ye N. A novel customized ceramic bracket for esthetic orthodontics: in vitro study. *Prog Orthod*. 2019 Oct 14;20(1):39. doi: 10.1186/s40510-019-0292-y. PMID: 31608421; PMCID: PMC6790353.