

Atendendo solicitação do  
autor, o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a  
partir de 20/12/2022



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



**Bruno Lima Minervino**

**Comparação tridimensional dos efeitos expansivos de duas barras palatinas:  
de Burstone e de Goshgarian**

**Araraquara**

**2019**



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



**Bruno Lima Minervino**

**Comparação tridimensional dos efeitos expansivos de duas barras palatinas:  
de Burstone e de Goshgarian**

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Faculdade de Odontologia de Araraquara para obtenção do título de Doutor em Ciências Odontológicas - Área de concentração em Ortodontia.

**Orientador:** Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Júnior

**Araraquara**

**2019**

Minervino, Bruno Lima

Comparação tridimensional dos efeitos expansivos de duas barras palatinas: de Burstone e de Goshgarian / Bruno Lima  
Minervino -- Araraquara: [s.n.], 2019  
55 f.; 30 cm.

Tese (Doutorado em Ciências Odontológicas) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Junior

1. Aparelhos ortodônticos 2. Técnica de expansão palatina  
3. Dente molar 4. Fenômenos biomecânicos I. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marley C. Chiusoli Montagnoli, CRB-8/5646  
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

**Bruno Lima Minervino**

**Comparação tridimensional dos efeitos expansivos de duas barras palatinas:  
de Burstone e de Goshgarian**

Comissão Julgadora

Tese para obtenção do grau de doutor em Ortodontia

Presidente e Orientador: Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Júnior

2º Examinador: Prof. Dr. Dirceu Barnabé Ravelli

3º Examinador: Prof. Dr. Renato Parsekian Martins

4º Examinador: Prof. Dra. Ana Cláudia Moreira Melo Toyofuku

5º Examinador: Prof. Dr. Marcelo Sousa Gomes

Araraquara, 20 de dezembro de 2019

## **DADOS CURRICULARES**

**Bruno Lima Minervino**

**Nascimento:** 16/10/1970, SALVADOR/BA

**Filiação:** Edmundo Minervino Dias  
Jacy Maria Lima Minervino

**1989-1994:** Curso de Graduação em Odontologia na Faculdade de Odontologia do Planalto Central - FOPLAC

**1998-2001:** Curso de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, Área de Concentração em Ortodontia, nível Mestrado – Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr/UNESP

**2016-2020:** Curso de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, Área de Concentração em Ortodontia, nível Doutorado – Faculdade de Odontologia de Araraquara - FOAr/UNESP

A Deus, criador do universo, por iluminar meus passos e oportunizar viver esse momento tão especial.

Aos meus Pais, Edmundo e Jacy, em agradecimento à minha educação e amor, sinto a presença forte da união familiar, moldada nos princípios de honestidade, humildade e sinceridade. Agradeço por todos os momentos. E à minha avó, Eunice Lima Costa, matriarca da família, nosso porto seguro, no auge dos seus 102 anos muito bem vividos.

À minha esposa, Ana Carolina Mamede Bernardes Minervino, por cuidar tão bem da nossa família, por compartilhar a vida com amor e companheirismo e ser tão especial em minha vida.

Às minhas filhas, Carolina Viera Minervino, a Carol e Marina Mamede B. Minervino, a Nina, presentes de Deus. Obrigado, minhas bonecas, por tornarem minha vida melhor e mais feliz. Que esse trabalho sirva de inspiração e exemplo em suas vidas.

Às minhas irmãs, Eliana e Beatriz, minhas primeiras amigas e companheiras de vida, que deram frutos maravilhosos; e aos meus sobrinhos: Gabriel, Felipe, Davi, Rafael, Pedro e Mateus.

Aos avós, Célia Marília Ruas, da Carol, Antônio Francisco Bernardes de Assis (Toninho) e Beatriz Fernandes Mamede Bernardes, da Nina, por zelarem tão bem dos meus tesouros, serem amigos e companheiros em todos os momentos.

À Rebeca Vieira Minervino (in memoriam), minha primeira esposa.

Amo muito vocês.

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

Ao meu orientador Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Júnior, por servir como fonte de orientação científica, profissional e pessoal, desde os tempos de mestrado, por sua grande contribuição para o meu crescimento, bem como a Prof. Dra. Marcia Gandini, sou eternamente grato.

Ao Prof. Dr. Renato Parsekian Martins, pela oportunidade de trabalharmos juntos, cujos ensinamentos são brilhantes e terão grande peso em minha vida profissional.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, na presença de seu Magnífico Reitor Sandro Roberto Valentini e do Excelentíssimo Senhor Vice-Reitor Dr. Sérgio Roberto Nobre.

À Faculdade de Odontologia de Araraquara - FOAr, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, na pessoa da Excelentíssima Diretora Profa. Dra. Elaine Maria Sgavioli Massucato e de seu vice-diretor Prof. Dr. Edson Alves de Campos.

Ao Departamento de Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, representados pela Chefe de Departamento Profa. Dra. Josimeri Hebling Costa e pelo vice-chefe Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Junior.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, coordenado pela Profa. Dra. Fernanda Lourenção Briguenti e pela Profa. Dra. Alessandra Rastelli.

À CAPES:

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Aos docentes da Disciplina de Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, Prof. Dr. Ary dos Santos Pinto, Prof. Dr. Dirceu Barnabé Ravelli, Prof. Dr. João Roberto Gonçalves, Profa. Dra. Lídia Parsekian Martins, e Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Júnior, pela convivência e contribuição à minha formação profissional. Levarei comigo, entre as muitas lições, a paixão pelo ensino e o respeito ao próximo, bem como aos meus primeiros Mestres desse departamento, os professores Joel C. R. Martins (in memoriam) e Tatsuko Sakima (in memoriam).

Aos docentes das disciplinas de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr/UNESP, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fernanda Lourenção Brighenti, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ângela Cristina Zuanon, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elisa Maria Giro, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Josimeri Costa, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lourdes dos Santos Pinto, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rita Cordeiro, Prof. Dr. Cyneu Pansani e Prof. Dr. Fábio Lima, pelos ensinamentos e convivência agradável no departamento de Clínica Infantil.

A todos os funcionários do Departamento de Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr/UNESP e, especialmente à Sônia Maria Tircailo (Soninha), e aos técnicos em prótese ortodôntica, Diego Pendenza, Antônio Cabrini e Pedro Alves, pela solidariedade e bom convívio dentro do departamento de Clínica Infantil.

A todos os funcionários da Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Araraquara- UNESP, especialmente aos amigos José Alexandre Garcia e Cristiano Lamounier, por sempre me tratarem com gentileza e estarem dispostos a ajudar.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas – Área de concentração em Ortodontia, Patrícia Pigatto Schneider, Luis Filipe Lon, Talles Oliveira, Priscila Ayub, Cibele de Oliveira, Isabela Parsekian Martins, João Paulo Schwartz, Wendel Shibasaki, Ingrid Letra, Juan Mariscal, Lucas Campos, Taíssa Ravelli, Cláudia Nakandakari, Luégia Knop, Ricardo Shintcovsk, Kelei Almeida, Eddy Navarro, Layene Almeida, Jaqueline Negrão, Marlos Loiola, Roberto Soares, Alexandre Zilioli, Tatyane Mesquita, Jonas Bianchi, Paulo Marchi, Gláucia de Oliveira, Anderson Cunha, Carolina Leão e Adriana Souza de Jesus. Obrigado a todos vocês pelo companheirismo e aprendizado ortodôntico ao longo destes anos.

Em especial à amiga de pós-graduação Ingrid Letra, que foi fundamental para a conclusão deste trabalho, cujo vínculo profissional renderá bons frutos, bem como aos amigos Eddy Navarro e Luis Filipe Lon, sempre dispostos a ajudar.

Aos companheiros e sócios da equipe CPEorto, Flávio Paiva Gadelha e Marcelo Sousa Gomes, pela amizade e incentivo. É uma grande alegria e aprendizado exercer a docência ao lado de vocês.

À Professora Coordenadora do curso de odontologia da UNICEPLAC (BSB-DF), Maria Letícia Pinheiro, e aos professores do departamento de ortodontia, Marcelo Curado de Adriano Dobranszki.

Aos meus alunos da graduação e da pós-graduação, por acreditarem em mim.

A todos os meus familiares, por sempre acreditarem em mim, pelo valioso incentivo, harmonia e amor permutado.

A todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram com a realização deste trabalho.

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais volta ao seu tamanho original”*

Albert Einstein.

Minervino BL. Comparação tridimensional dos efeitos expansivos de duas barras palatinas: de Burstone e de Goshgarian [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2019.

## RESUMO

**Objetivo:** Esta pesquisa tem como objetivo quantificar, *in vitro* e tridimensionalmente, o sistema de força gerado durante o uso de barra palatina (BP) para a expansão do primeiros molares superior. Avaliaram-se as forças e os momentos gerados entre duas BPS, a barra palatina de Burstone (BB), modelo ferradura e a barra palatina de Goshgarian (BG). **Materiais e Métodos:** Utilizou-se o *Orthodontic Force Tester* (OFT), para medir o sistema de força e momentos gerados pela mecânica nos três planos de espaço: nos eixos X, Y e Z. Realizou-se o teste de Mann-Whitney-Wilcoxon, que usa a mediana como medida de referência. **Resultados:** A barra de Burstone (BB) e de Goshgarian (BG), respectivamente, registraram as seguintes forças: F(x) (1,33N e 2,215N), F(y) (0,03N e 0,04N), F(z) (0,03N e 0,04N), e momentos: M(x) (-0,11 e 0,43N.mm), M(y) (-0,273N.mm e 2,021N.mm) e M(z) (2,77N.mm e 1,72 N.mm). **Conclusão:** Com esses dados, conclui-se que no primeiro molar as forças transversais são maiores na barra de Goshgarian (BG). Existe um momento de giro indesejado nas duas mecânicas e maior na barra de Burstone (BB). Existe o torque vestibular M(y) apenas na BG, enquanto as forças F(y) anteroposteriores e F(z) verticais e o momento anteroposterior M(x), na barra de Burstone (BB), foram não significantes.

**Palavras-chave:** Aparelhos ortodônticos. Técnica de expansão palatina. Dente molar. Fenômenos biomecânicos.

Minervino BL. Three-dimensional comparison of the expansive effects of two palatal bars: Burstone and Goshgarian [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2019.

## ABSTRACT

**Objective:** This study quantified, in vitro and three-dimensionally, the force system generated during utilization of the palatal bar (PB) for expansion of the upper first molar. The study evaluated the forces and moments generated between the two palatal bars (PBs), the Burstone palatal bar (BB), horseshoe model, and the Goshgarian palatal bar (GG). **Material and methods:** The *Orthodontic Force Tester* (OFT) was used to measure the force system and moments generated by the mechanics on the three planes of space: axes X, Y and Z. The Mann-Whitney-Wilcoxon test was applied, which considers the median as reference measurement. **Results:** The Burstone bar (BB) and Goshgarian bar (GB), respectively, recorded the following forces: F(x) (1.33N and 2.21N), F(y) (0.03N and 0.04N), F(z) (0.03N and 0.04N), and moments: M(x) (-0.11 and 0.43N.mm), M(y) (-0.27N.mm and 2.021.mm) and M(z) (2.77N.mm and 1.72 N.mm). **Conclusion:** Based on these data, it was concluded that, on the first molar, the transverse forces are greater for the Goshgarian bar (GB). There is an undesirable rotation moment in the two mechanics that is greater for the Burstone bar (BB). There is vestibular torque M(y) only in BG. The anteroposterior F(y) and vertical F(z) forces and anteroposterior moment M(x), at Burstone bar (BB), were not significant.

**Keywords:** Orthodontic appliances. Molar thoot. Palatine expansion technique. Biomechanical phenomena.

## SUMÁRIO

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....                  | 16 |
| 2. PROPOSIÇÃO .....                 | 18 |
| 2.1 Objetivo Geral.....             | 18 |
| 2.2 Objetivo Específico.....        | 18 |
| 3. Revisão de Literatura.....       | 19 |
| 3.1 Barra Palatina.....             | 19 |
| 3.2 Princípios Biomecânicos.....    | 21 |
| 3.3 Aplicações e Indicações.....    | 27 |
| 3.4 Confeção da Barra Palatina..... | 33 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS.....          | 36 |
| 5. RESULTADOS.....                  | 43 |
| 6. DISCUSSÃO.....                   | 46 |
| 7. CONCLUSÃO.....                   | 50 |
| REFERÊNCIAS.....                    | 51 |

## 1 INTRODUÇÃO

Desenvolvida e patenteada por Robert Goshgarian<sup>1</sup> em 1972, a barra palatina (BP) ou barra transpalatina (BTP) é um dispositivo ortodôntico de simples construção e de grande utilidade, pois é um recurso que promove ancoragem posterior, rotação simétrica e assimétrica, expansão, contração, intrusão e/ou torque nos molares superiores sem a necessidade de grande colaboração por parte do paciente<sup>1-3</sup>.

A BP é um dispositivo que une os primeiros ou segundos molares superiores, podendo ser fixa ou removível, com suas extremidades, respectivamente, soldadas às superfícies linguais de bandas previamente adaptadas nos primeiros molares ou encaixadas em tubos soldados à essas<sup>3,4</sup>. Contornam o palato de forma simétrica e individualizada, com comprimento adequado e permitem a colocação de ligadura elástica ou ligadura de aço<sup>5</sup>.

No caso das BP removíveis, as duas extremidades são inseridas nos tubos dos molares gerando binários, que produzem um sistema de força estaticamente indeterminado<sup>6</sup>. Nesses sistemas, quando há a desativação dos aparelhos, podem ocorrer mudanças tanto na intensidade quanto no sentido das forças e momentos, ou seja, a força aplicada não diminui proporcionalmente a diminuição do momento<sup>7</sup>.

O controle do movimento ortodôntico se baseia na capacidade de quantificar e controlar o sistema de forças, especificamente a relação momento-força (M/F). Uma pequena diferença na proporção M/F pode produzir diferenças clínicas significativas, o que diminui a eficiência geral de qualquer tratamento ortodôntico<sup>8</sup>. Compreender o correto mecanismo de ação das barras palatinas é fundamental para entender o seu modo de ação, neutralizando os possíveis efeitos colaterais indesejados<sup>9-11</sup>.

Burstone e Manhartberger<sup>12</sup>(1988), e Burstone<sup>13</sup>(1994), descreveram a confecção da barra palatina (BP) em forma de ferradura, de extremidades únicas a serem inseridas em bráquetes linguais ou acessórios “*hinge cap*”, tanto na maxila quanto na mandíbula. Segundo esses autores<sup>12,13</sup>, utiliza-se um fio de secção quadrada 0,32”x0,32” de aço ou TMA. Já a barra de Goshgarian<sup>1</sup> (BG) tem a forma de um “U”, utiliza fios redondos de aço para sua confecção e são inserida por meio

de presilhas em tubos linguais simples nos primeiros molares superiores, é removível e possui um *loop* central.

A literatura já demonstrou clinicamente<sup>14</sup> e em laboratório<sup>15,16</sup> a eficácia da expansão dento alveolar com utilização das barras palatinas, mas até hoje não foi feita uma comparação desses métodos de expansão, nem foi verificado se existe uma indicação precisa para utilização desses dois tipos de barras: a de Goshgarian (BG) e a de Burstone (BB).

Sendo assim, este estudo tem como objetivo, por meio de uma análise tridimensional, mensurar e comparar, por meio de ativações simétricas para expansão dos molares superiores, os sistemas de forças e momentos produzidos por essas duas barras palatinas com a finalidade de verificar se as duas técnicas se equivalem em resultado final, a fim de utilizá-las de maneira previsível e segura nos pacientes da clínica ortodôntica.

## 7 CONCLUSÃO

De acordo com este estudo pode-se concluir que:

- A barras palatina de Brustone e Goshgarian ativadas simetricamente produzem forças e momentos em diferentes planos do espaço. O principal efeito é a rotação dos primeiros molares e as forças vestibulolinguais, porém o torque vestibular, na barra de Goshgarian, também foi registrado.
- As forças transversais do primeiro molar produzidas pelas duas mecânicas foram diferentes, e maior na barra de Goshgarian.
- O momento de giro indesejado no primeiro molar é maior na BB quando comparado à BG.
- As forças anteroposteriores e verticais foram não significantes, bem como o momento de angulação mesiodistal registrado na BB.

### Referências\*

1. Goshgarian RA, inventor. Orthodontic palatal arch wires. United States 252,418. 1972 Appl 21.
2. Bramante FS, De Melo JMS, Fialho MPN, Pinzan-Vercelin CRM, Gurgel JA. O uso da barra trasnpalatina na terapêutica ortodôntica: relato de um caso clínico. Rev UNINGÁ. 2010; 12(26): 111-26.
3. Nobre DF, Lopes GV. Aplicações clínicas da barra transpalatina removível. Stomatos. 2006; 12(23): 11-16.
4. Sakima MT, Sakima PRT, Sakima T, Pinto ADS. Técnica do arco segmentado de burstone. Dent Press. 2000; 5(2): 91-115.
5. Moutaftchiev V, Moutaftchiev A. The individually Prepared Transpalatal Arch (TPA). OHDMBSC. 2009; 8(1): 13-6.
6. Burstone CJ, Koenig HA. Force systems from an ideal arch. Am J Orthod. 1974; 65(3): 270-89.
7. Gandini LG, Gandini MREAS, Amaral RM de P. Continuous torque system with control of the reaction unit. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2010; 137(3): 393-95.
8. Chen J, Isikbay SC, Brizendine EJ. Quantification of three-dimensional orthodontic force systems of T-loop archwires. Angle Orthod. 2010; 80(4):566-70.
9. Fujisawa M, Komori A. A modified transpalatal arch with customized bonding base. Orthod Waves. 2011; 70(1): 39-42.
10. Tanne K, Koenig HA, Burstone CJ. Moment to force ratios and the center of rotation. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1988; 94(5): 426-31.
11. Sakima MT, Dalstra M, Loiola AV, Gameiro GH. Quantification of the force systems delivered by transpalatal arches activated in the six Burstone geometries. *Angle Orthod*. 2017; 87(4): 542-48.
12. Brustone CJ, Manhartsberger C. Precision lingual arches: passive applications. J Clin Orthod. 1988; 22(7): 444-51.
13. Burstone CJ. The precision lingual arch: hinge cap attachment. J Clin Orthod. 1994; 28(03): 151-8.
14. Davidovitch M, Rebellato J. Two-couple orthodontic appliance systems utility arches: a two-couple intrusion arch. Semin Orthod. 1995; 1(1): 25-30.

---

\* 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>

15. Hoederath H, Bourauel C, Drescher D. Differences between two transpalatal arch systems upon first-, second-, and third-order bending activation. *J Orofac Orthop.* 2001; 62(1): 58-73.
16. Tsetsilas M, Konermann A-C, Keilig L, Reimann S, Jäger A, Bourauel C. Symmetric and asymmetric expansion of molars using a Burstone-type transpalatal arch. *J Orofac Orthop.* 2015; 76(5): 377-90.
17. Kutin G, Hawes RR. Posterior cross-bites in the deciduous and mixed dentitions. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1969; 56(5): 491-504.
18. Brunelle JA, Bhat M, Lipton JA. Prevalence and distribution of selected occlusal characteristics in the US population, 1988-1991. *J Dent Res.* 1996; 75 Spec No: 706-13.
19. Foster TD, Walpole Day AJ. A Survey of Malocclusion and the Need for Orthodontic Treatment in a Shropshire School Population. *Br J Orthod.* 1974; 1(3): 73-8.
20. Andrade AS, Gameiro GH, DeRossi M, Gavião MBD. Posterior Crossbite and Functional Changes. *Angle Orthod.* 2008; 79(2): 380-6.
21. Cattaneo PM, Treccani M, Carlsson K, et al. Transversal maxillary dento-alveolar changes in patients treated with active and passive self-ligating brackets: a randomized clinical trial using CBCT-scans and digital models. *Orthod Craniofac Res.* 2011; 14(4): 222-33.
22. Duarte MS. O aparelho quadrihélice (Quad-helix) e suas variações. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial.* 2006; 11(2): 128-56.
23. Uesugi S, Kokai S, Kanno Z, Ono T. Stability of secondarily inserted orthodontic miniscrews after failure of the primary insertion for maxillary anchorage: maxillary buccal area vs midpalatal suture area. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2018; 153(1): 54-60.
24. Haas SE, Cisneros GJ. The goshgarian transpalatal bar: a clinical and experimental investigation. *Semin Orthod.* 2000; 6(2): 98-105.
25. Baldini G, Luder HU. Influence of arch, shape on the transverse effects of transpalatal arches of the Goshgarian type during application of buccal root torque. *Am J Orthod.* 1982; 81(3): 202-8.
26. Barbosa J, Caram C, Suzuki H. Uso da barra transpalatina no controle da rotação da mandíbula. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial.* 2005; 10(5): 55-71.
27. Lamons FF, Holmes CW. The problem of the rotated maxillary first permanent molar. *Am J Orthod.* 1961; 47(4): 146-272.
28. Orton H. An evaluation of five methods of derotating upper molar teeth. *Dent Pract Dent Rec.* 1966; 16(7): 279-86.

29. Burstone CJ. The Mechanics of the segmented arch techniques. *Angle Orthod.* 1966; 36(2): 99-120.
30. Thomas A, Afshan T, Deru T. Modification of transpalatal arch for expansion. *J Indian Orthod Soc.* 2017; 51(4): 289-90.
31. Burstone CJ, Koenig HA. Precision adjustment of the transpalatal lingual arch: computer arch form predetermination. *Am J Orthod.* 1981; 79(2): 115-33.
32. Burstone CJ. Aplicação da bioengenharia na Ortodontia clínica. In: Graber TM, Vanarsdall R L. *Ortodontia: princípios e técnicas atuais*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002. p. 228-57.
33. Alex M S, Glenn T S, Hung V V. Mechanical stress generated by orthodontic forces on apical root cementum: a finite element model. *Orthod Craniofac Res.* 2004; 7(2): 98-107.
34. Jones ML, Hickman JF. A validated finite element method study of orthodontic tooth movement in the human subject. *J Orthod.* 2001; 28(1): 29-38.
35. Burstone CJ. Variable modulus orthodontics. *Am J Orthod.* 1981; 80(1): 1-16.
36. Van Leeuwen EJ, Kuijpers-Jagtman AM, Von den Hoff JW, Maltha JL. Rate of orthodontic tooth movement after changing the force magnitude: an experimental study in beagle dogs. *Orthod Craniofacial Res.* 2010; 13(4): 238-45.
37. Jarabak JR, Fizzell JA. *Aparatología del arco de canto com alambres delgados*. Buenos Aires: Mundi; 1975.
38. Owman-Moll P, Kurol J, Lundgren D. The effects of a four-fold increased orthodontic force magnitude on tooth movement and root resorptions: an intra-individual study in adolescents. *Eur J Orthod.* 1996; 18(3): 287-94.
39. Kupietzky A, Tal E. The transpalatal arch: an alternative to the nance appliance for space maintenance. *Pediatr Dent.* 2007; 29(3): 235-38.
40. Zablocki HL, McNamara JA, Franchi L, Baccetti T. Effect of the transpalatal arch during extraction treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 133(6): 852-60.
41. Kojima Y, Kawamura J, Fukui H. Finite element analysis of the effect of force directions on tooth movement in extraction space closure with miniscrew sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2012; 142(4): 501-8.
42. Moscardini MS. Estudo comparativo da eficiência do aparelho extrabucal e da barra transpalatina como meios de ancoragem durante a fase de retração. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial.* 2007; 12(2): 86-95.

43. Lee J, Miyazawa K, Tabuchi M, Sato T, Kawaguchi M, Goto S. Effectiveness of en-masse retraction using midpalatal miniscrews and a modified transpalatal arch: Treatment duration and dentoskeletal changes. *Korean J Orthod.* 2014; 44(2): 88-95.
44. Diar-Bakirly S, Feres MFN, Saltaji H, Flores-Mir C, El-Bialy T. Effectiveness of the transpalatal arch in controlling orthodontic anchorage in maxillary premolar extraction cases: a systematic review and meta-analysis. *Angle Orthod.* 2017; 87(1): 147-58.
45. Stivaros N, Lowe C, Dandy N, Doherty B, Mandall NA. A randomized clinical trial to compare the Goshgarian and Nance palatal arch. *Eur J Orthod.* 2010; 32(2): 171-6.
46. Panhóca VH, Lima RS de. Barra transpalatina: aplicações e seus efeitos. *Rev Straight-Wire Bras.* 1994; 13(5): 13-21.
47. Caldas SGFR, Martins RP, de Araújo ME, Galvão MR, Reis JM dos SN, Martins LP. Effect of stress relaxation in two different preactivation methods of beta-titanium T-loops: bends vs. continuous curvature. *J World Fed Orthod.* 2017; 6(3): 98-104.
48. Ingervall B, Göllner P, Gebauer U, Fröhlich K. A clinical investigation of the correction of unilateral first molar crossbite with a transpalatal arch. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1995; 107(4): 418-25.
49. Barbosa A. Expansão rápida da maxila apoiada em mini-implantes: comparação entre diferentes diâmetros dos parafusos de ancoragem. [dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cidade de São Paulo; 2010.
50. Dahlquist A, Gebauer U, Ingervall B. The effect of a transpalatal arch for the correction of first molar rotation. *Eur J Orthod.* 1996;18(3): 257-67.
51. Gündüz E, Zachrisson BU, Hönig KD, Crismani AG, Bantleon HP. An improved transpalatal bar design. Part I. Comparison of moments and forces delivered by two bar designs for symmetrical molar derotation. *Angle Orthod.* 2003; 73(3): 239-43.
52. Andrade EL De. Utilização da barra transpalatina na correção da má-oclusão de Classe II durante a dentição mista. *OrtodontiaSPO.* 2013; 46(5): 485-90.
53. Eyüboğlu S, Bengi AO, Gurton AU, Akin E. Asymmetric maxillary first molar distalization with the transpalatal arch. *Turkish J Med Sci.* 2004; 34(1): 59-66.
54. Burstone CJ, Koenig HA. Creative wire bending-The force system from step and V bends. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1988; 93(1): 59-67.
55. Azenha CR, Macluf Filho E. Protocolos em ortodontia: diagnóstico, planejamento e mecânica. Nova Odessa: Ed. Napoleão; 2011.

56. Fiorelli G, Melsen B. Biomechanics in orthodontics. Arezzo: Libra Orthodonzia;1996
57. Ingervall B, Hönig KD, Bantleon HP. Moments and forces delivered by transpalatal arches for symmetrical first molar rotation. Eur J Orthod. 1996; 18(2): 131-9.