



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.^a Dr.^a Fernanda Lourenção Brighenti, Prof.^a Dr.^a Ângela Cristina Zuanon, Prof.^a Dr.^a Elisa Maria Giro, Prof.^a Dr.^a Josimeri Costa, Prof.^a Dr.^a Lourdes dos Santos Pinto, Prof.^a Dr.^a 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 Goshgarian¹ 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 paciente¹⁻³.

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^{3,4}. Contornam o palato de forma simétrica e individualizada, com comprimento adequado e permitem a colocação de ligadura elástica ou ligadura de aço⁵.

No caso das BP removíveis, as duas extremidades são inseridas nos tubos dos molares gerando binários, que produzem um sistema de força estaticamente indeterminado⁶. 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 momento⁷.

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 ortodôntico⁸. Compreender o correto mecanismo de ação das barras palatinas é fundamental para entender o seu modo de ação, neutralizando os possíveis efeitos colaterais indesejados⁹⁻¹¹.

Burstone e Manhartberger¹²(1988), e Burstone¹³(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^{12,13}, utiliza-se um fio de secção quadrada 0,32"x0,32" de aço ou TMA. Já a barra de Goshgarian¹ (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 clinicamente¹⁴ e em laboratório^{15,16} 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.

2 PROPOSIÇÃO

2.1 Objetivo Geral

Comparar tridimensionalmente o uso da BP, modelo Goshgarian, sem o loop, e de Burstone, na mecânica de expansão simétrica dos primeiros molares superiores, por meio do *Orthodontic Force Tester* (OFT).

2.2 Objetivos Específicos

Comparar as forças e os momentos de ativação de cada modelo de barra, nos primeiros molares superiores:

- I. no eixo X $F(x)$ as forças no sentido vestibulolingual, e (Mx) os momentos de rotação no sentido mesiodistal
- II. no eixo Y (Fy) as forças no sentido mesiodistal, e (My) os momentos de rotação no sentido vestibulolingual.
- III. no eixo Z (Fz) , as forças no sentido vertical, e (Mz) os momentos de rotação no sentido horário e anti-horário (giro).

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Barra Palatina

Angle, em 1899, descreveu a tão famosa classificação das más-oclusões, a Classe I, II e III, tendo por referência a relação e o posicionamento dos primeiros molares superiores com os inferiores. Assim, e até hoje, é fundamental avaliar essa relação dentária, pois as posições corretas dos primeiros molares superiores permanentes geralmente contribuem para a realização de uma oclusão estável e funcional. Dentre os dispositivos utilizados para correção dessa relação molar está a Barra Palatina (BP) ou Barra Transpalatina (BTP).

A mordida cruzada é definida como uma relação anormal vestibulolingual entre molares, pré-molares ou ambos na oclusão cêntrica¹⁷. Na fase de dentadura mista é comum, ocorrendo entre 7% e 22%, principalmente a unilateral (9%)¹⁸, com desvio funcional da mandíbula para o lado da mordida cruzada, mas pode ser encontrada bilateralmente (4%), podendo esta ser tratada por expansão esquelética ou dento alveolar^{19,20}. A correção dento alveolar é realizada com o uso de vários dispositivos, tais como o arco contínuo (AC) expandido²¹, por aparelhos expansores como o quadi-helix²² ou utilizando uma barra palatina expandida^{3,9,16}.

Componentes importantes da Técnica do Arco Segmentado (TAS), o arco lingual e a barra palatina são construídos com fios redondos de aço ou quadrados, com espessuras de 0,036" (0,9mm) ou 0,032" (0,8mm), dependendo de sua finalidade. Se o objetivo é a estabilização, utilizam-se fios mais rígidos, se o propósito é a movimentação, utilizam-se fios mais flexíveis. Esses dispositivos são inseridos nos tubos linguais simples, cujas dimensões são de 0,036" x 0,072" ou com a utilização de acessório lingual 0,032" x 0,032" chamado de bráquete "hinge cap" de Burstone, cuja finalidade é encaixar os arcos linguais e as barras palatinas confeccionadas com fios quadrados 0,032" x 0,032", de Aço ou TMA (*Titanium Molybdenum Alloy*), sendo o último mais adequado para a maioria das situações⁴.

Com o decorrer dos anos, várias modificações foram incorporadas à configuração original da barra, podendo ser utilizadas nas formas passiva e ativa, nas mecânicas que envolvem a utilização de mini-parafusos²³, no controle de

rotações²⁴, na correção das alterações transversais^{9,25} ou na intrusão dos molares para correção da mordida aberta²⁶.

Lamons e Holmes²⁷, em 1961, estudaram as rotações dos primeiros molares superiores permanentes em casos de má oclusão de Classe II e constataram que em 90% a 95% dos casos, esses dentes apresentavam um giro mésio-lingual.

Em 1966, Orton²⁸ descreveu a correção do giro dos primeiros molares por meio da utilização da barra palatina removível, utilizando um fio de 1,0mm de espessura com encaixe palatino nos molares superiores, em casos em que não fosse possível o encaixe de fios nos tubos por vestibular. No mesmo ano, Burstone²⁹ mostrou um arco palatino construído com fio de 0,9mm de diâmetro, encaixado em tubos horizontais, soldados na face lingual das bandas dos primeiros molares superiores.

Um estudo in vitro²⁵ utilizou as barras palatinas (BPs) de Goshgarian longas e curtas para avaliar o torque lingual dos molares superiores com o uso de forças expansivas. Foi realizado o torque simétrico vestibular de raiz, contrapondo-o à inclinação inicial da coroa dentária. Conclui-se que, quanto maior a altura do arco, maior o momento e as barras curtas, inicialmente, produziram um momento vestibular, mesmo com a expressão do torque em sentido contrário.

O arco em forma de “U” ou Ferradura, descrito por Burstone (BB)^{12,13}, é indicado principalmente em pacientes com abóbodas palatinas elevadas ou muito profundas ou ainda, em pacientes que apresentam tórus maxilar e são preferíveis as convencionais, que causam atrito com a língua. Outrossim, os autores descrevem que esses arcos são ideais para correção da mordida cruzada, pois sofrem menos alteração de torque e força, por permitirem ajustes mais precisos e previsíveis, quando comparados às BPs tradicionais que incorporam momentos bucais e linguais.

Uma pesquisa comparou a eficiência da barra palatina de aço do tipo Goshgarian, inserida em tubos de encaixe convencional (no estudo denominado MIA), versus a barra palatina de TMA inserida em tubos “hinge cap” (sistema de Burstone) e observaram que ambas, apesar de serem eficientes, apresentaram diferenças quando ativadas em movimentos de primeira, segunda e terceira ordem. Em relação à expansão e contração, a barra de Goshgarian (BG) exibiu uma força

maior que o dobro da de Burstone (BB), de 4,4N e 1,8N, respectivamente, devido à menor proporção carga/deflexão dessa última. Em relação à rotação simétrica, a barra de TMA apresentou desempenho superior, liberando momentos mais constantes devido à sua baixa proporção de carga/deflexão¹⁵.

Thomas³⁰, em 2017, propôs uma BP modificada, para proporcionar uma expansão maxilar lenta, do modelo clássico de Goshgarian, com uma simples modificação em seu formato original. Utilizou um fio de aço de 0,036" incorporando um helicoide na mesial dos primeiros molares superiores com um prolongamento dos fios adaptando-o à superfície palatal dos pré-molares e caninos, quando indicado para a expansão maxilar lenta. O dispositivo é de fácil construção e ativação, de baixo custo e permite ser utilizado como uma barra palatina comum com o aparelho fixo.

Além disso, o sistema de força produzido pela barra palatina (BP) é extremamente sensível ao seu formato³¹, por isso é tão importante para o entendimento clínico compreender todo o processo de confecção e ativação desse dispositivo.

3.2 Princípios Biomecânicos

Parte da revolução científica que tem ocorrido na biologia no decorrer das últimas décadas, foi devido à vasta aplicação da ciência física em tecidos vivos. Assim, o conhecimento básico de engenharia e física mostra o caminho do sucesso para um desenho do aparelho ortodôntico aperfeiçoado. O empirismo de desenhos ortodônticos limitados deve dar lugar a uma disciplina de desenvolvimento de aparelho ordenada, utilizando conceito de ciência física, pois não é possível e viável na prática clínica imaginar como será o movimento dentário³².

Nos casos de mensuração de força e momentos dos três planos do espaço, é imprescindível avaliar a movimentação do dente com um dispositivo apropriado, como por exemplo com a máquina de ensaio mecânico, a *OFT-Orthodontic Force Tester*⁸.

Existindo a possibilidade de quantificar o sistema de força, torna-se melhor o entendimento das respostas clínicas e histológicas que ocorrem na movimentação dentária. Desse modo, o conhecimento físico permite entender e aplicar, e com isso obter melhores resultados em relação ao tratamento. Existem muitas variáveis; aquelas que não se pode controlar durante um tratamento ortodôntico e outras que podem ser mensuráveis, como a força, por exemplo, e assim, saber exatamente como ela funciona, o que traz inúmeros benefícios ao tratamento. O problema inerente ao estudo das respostas biológicas dos elementos dentais submetidos a uma força, passa por três variáveis: a) a clínica, b) a celular e a bioquímica e, c) a pressão-tensão. A primeira se refere à quantidade de movimento dentário, a resposta à dor, à mobilidade dentária e às reabsorções; a segunda se relaciona-se à dinâmica dos tecidos ósseos e do ligamento periodontal; e por fim, a terceira, se refere ao nível de pressão (força por unidade de área) que, se pudesse ser exatamente determinada em diferentes áreas desses tecidos, poderia oferecer a melhor oportunidade de correlacionar a aplicação da força em um dente, com uma ótima resposta dentária³².

Em pesquisas biomédicas, o Método de Elementos Finitos - MEF é um importante recurso de Engenharia que serve para calcular a deformação e o estresse de estruturas complexas e pode ser utilizado por ortodontistas para resolver problemas estruturais. Apresentam uma ótima representação gráfica, adequada ao deslocamento, com a marcação dos campos de estresse que ocorrem na membrana periodontal dos tecidos circunjacentes^{33,34}.

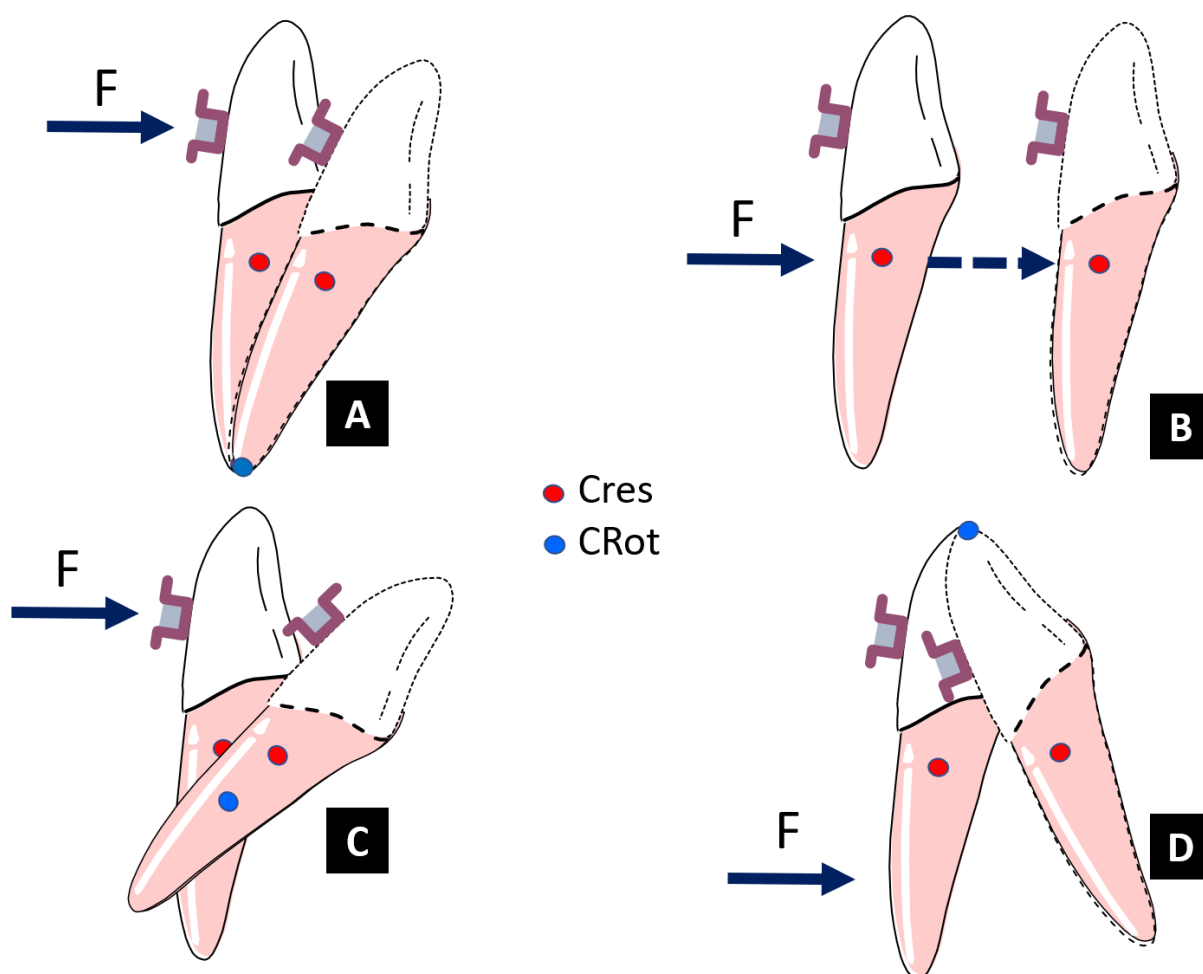
Do mesmo modo, as condições de carga arbitrária podem ser aplicadas predizendo o movimento ortodôntico. A estes elementos são aplicadas propriedades físicas, como Módulo de Elasticidade de *Young*, que irão demonstrar a resposta deste objeto frente a uma carga externa, como uma força ortodôntica. Esta é uma das grandes vantagens do método, uma vez que o grau de simplificação pode ser controlado^{33,34}.

Uma outra característica que deve ser levada em consideração é a natureza do sistema de força ótimo para movimentar os dentes. É importante controlar o centro de rotação, produzindo níveis de pressão e controlando o ligamento periodontal, de acordo com o objetivo estabelecido para produzir

diferentes tipos de movimentações; a razão momento/força e a quantidade de carga-deflexão são características fundamentais que devem ser compreendidas³².

A razão momento-força (M/F) é importante tanto na ativação, quanto na desativação do sistema ortodôntico; são grandezas inversamente proporcionais e responsáveis pelo tipo de movimento que ocorrerá no segmento, podendo ser: a) inclinação controlada, que é o movimento onde o dente gira em torno do centro de rotação, localizado no ápice radicular, e ocorre quando a força e o momento localizam-se sobre a coroa, movendo-a em determinada direção com momento suficiente para impedir que a raiz se mova na direção oposta; b) movimento de translação ou de corpo, que é o movimento descrito quando a linha de ação da força aplicada passa no Centro de Resistência (Cres) do dente, fazendo com que todas as partes do dente movam-se na mesma direção e em linhas retas e paralelas, sendo que o Centro de Rotação (Crot) localiza-se no infinito; c) inclinação não-controlada, que descreve o movimento de coroa e raiz contrapostos, com centro de rotação apical ao centro de resistência, e muito próximo a ele e; d) movimento de correção radicular, que ocorre quando o centro de rotação encontra-se posicionado na incisal do dente e, dessa forma, movimenta a raiz enquanto a incisal permanece estável^{4,7,10,29,35}. Todos esses movimentos podem ser apresentados de acordo com a ilustração da Figura 1.

Figura 1 – Tipos de movimentos dentários



(A-D): Proporção momento/força, em A) inclinação controlada, B) translação, C) inclinação não-controlada e, D) movimento radicular.

Fonte: Elaboração própria.

A quantidade de carga-deflexão está relacionada à força por unidade de ativação. Entende-se que um nível de carga deflexão baixa manterá um nível mais apropriado de pressão no ligamento periodontal, desde que o elemento dental não modifique sua magnitude, a exemplo, na utilização de um *loop* vertical na técnica Edgewise, onde é possível observar que a quantidade de carga-deflexão seja de 1000g.mm. O que significa, portanto, que se ocorre um erro de ativação de 1mm, pode gerar uma força de 1000g. Ademais, se uma baixa quantidade de carga-deflexão é desejada, para um elemento ativo do aparelho, o oposto é requerido para um elemento reativo e este deve ser relativamente rígido, devendo ter uma alta quantidade de carga-deflexão³².

A ancoragem potencial de um grupo de dentes pode ser aumentada se os dentes se deslocarem como uma unidade, como nos arcos linguais da técnica do arco segmentado, denominados de barra palatina para o arco superior e arco lingual para o arco inferior. Estes são úteis para formar o sistema de ancoragem, unindo o segmento posterior esquerdo e direito e transformando o segmento posterior em um dente multirradicular⁴ (Figura 2).

Figura 2 – Sistema de ancoragem

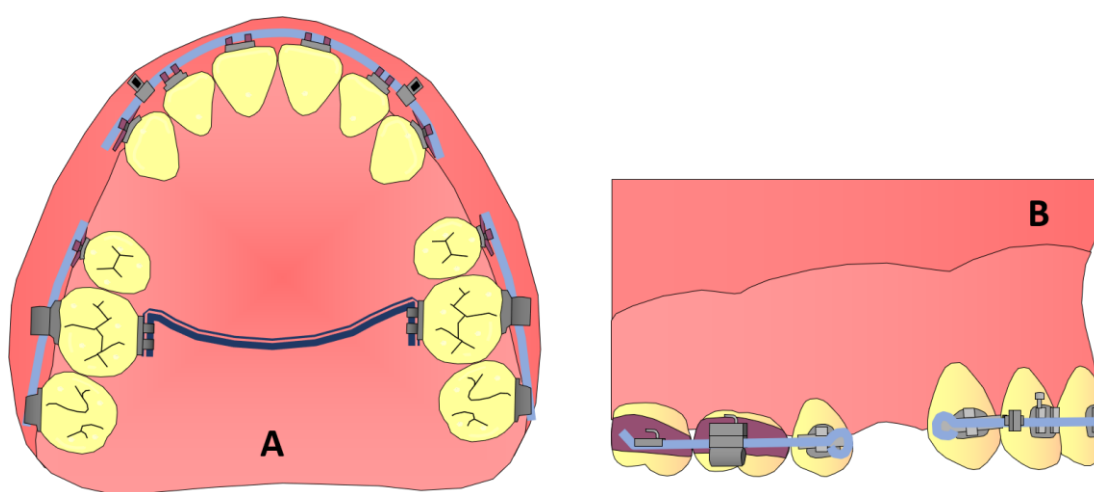


Ilustração demonstrando a barra palatina com o propósito de ancoragem na técnica do arco segmentado, a) foto oclusal e, b) foto lateral.

Fonte: Elaboração própria.

Leeuwen et al.³⁶, em 2007, realizaram um estudo com a finalidade de verificar uma possível relação entre a magnitude de força e a taxa de movimentação ortodôntica. Para isso utilizaram 8 (oito) cães da raça Beagle entre 1 e 1,5 anos de idade, todos com a dentição permanente completa. A primeira aplicação de força foi com magnitude de 10 cN em um lado e de 300 cN no outro lado, mantidas durante 22 semanas e quando todos os dentes estavam em fase linear da movimentação dentária, por um período de pelo menos um mês. Após este período, em 7 cães, a magnitude de força foi aumentada para 600 cN em ambos os lados e em apenas um cão, as forças foram invertidas e acompanhadas durante 10 semanas para avaliar a taxa de movimentação dentária. Os pré-molares não mostraram diferença nas taxas de movimentação dentária com 10 ou 300 cN. A substituição de 10 por 600 cN

aumentou a taxa, como também com a substituição de 300 por 600 cN. Conclui-se que os molares se moveram mais rápido com 300cN do que com 10 cN e mudar as duas forças para 600 cN aumentou a taxa de movimento dentário³⁶.

Jarabak e Fizzell³⁷, em 1975, descrevem uma força ótima como sendo aquela capaz de desencadear no lado de pressão, reabsorção óssea acelerada e do outro lado, o de tensão, a neoformação óssea. Na tentativa de determinar uma magnitude de força ótima, consideraram três guias clínicos: a dor, a mobilidade dentária e o reflexo maxilar. A dor é totalmente subjetiva e não pode ser usada para quantificar a grandeza da magnitude de força, pois, as pessoas possuem um alto grau de adaptação aos estímulos dolorosos; a mobilidade dentária é um bom guia clínico, porém, está sujeita ao grau de variabilidade das respostas biológicas entre um indivíduo e outro, e assim determinaram uma possível magnitude de forças ideais (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores numéricos de forças ótimas para o movimento dentário

Dentes	Raízes curtas (g)	Raízes médias (g)	Raízes longas (g)
Incisivos mandibulares	50-55	55-65	65-70
Caninos mandibulares	85-95	95-110	110-130
Pré-molares mandibulares	70-80	80-90	90-100
Primeiros molares superiores	280-300	300-320	320-360
Incisivos superiores	65-75	75-85	85-95
Incisivos laterais superiores	60-65	65-70	70-80
Caninos superiores	105-115	115-130	130-170
Pré-molares unirradiculares	85-100	100-115	115-135
Pré-molares multirradiculares	100-110	120-130	130-140
Primeiros molares mandibulares	230-250	250-270	270-320

Fonte: Jarabak e Fizzell³⁷.

Um estudo clínico³⁸ comparou os efeitos de duas magnitudes de força ortodônticas, de 50cN e 100cN, na movimentação dentária induzida e na reabsorção radicular em pacientes submetidos a exodontia de primeiros pré-molares bilateralmente. Os períodos experimentais foram de 4 a 7 semanas e a magnitude de força foi controlada semanalmente para que não ocorresse alterações na pesquisa.

Este estudo³⁸ mostrou que não houve diferença significativa na taxa de movimentação dentária após a aplicação de uma força com magnitude de 50cN, quando comparado à duplicação dessa força para 100cN, quer após 4 ou 7 semanas de ativação. As reabsorções radiculares foram registradas em cortes histológicos em todos os dentes experimentais, mais frequentemente após a aplicação de 50 cN, em comparação com 100 cN após 7 semanas. No entanto, a severidade da reabsorção radicular (extensão e profundidade do contorno radicular reabsorvido e tamanho da área radicular nos cortes histológicos) não diferiram significativamente quando a força aplicada foi dobrada para 100 cN. Grandes variações individuais foram observadas em relação à magnitude do movimento dentário e à quantidade de reabsorção radicular.

3.3 Aplicações e Indicações

A primeira decisão a ser tomada em selecionar a BP é utilizar o fio quadrado (0,032" x 0,032" de TMA ou Aço) ou redondo (0,8mm ou 0,9mm, de aço). O fio redondo permite um grau de liberdade, para que o dente gire livremente ao redor da presilha. A barra em forma de ferradura possibilita que as forças bucais e linguais não sejam alteradas pelo torque. Quando as inclinações axiais devem ser corrigidas pelo movimento radicular, a independência da força e do torque possibilita ajustes mais precisos. Além disso, a barra em forma de ferradura pode ser fabricada de maneira mais rápida e fácil do que um arco transpalatal. A segunda decisão é a escolha do tipo da liga, se de TMA ou Aço Inoxidável, em geral, o TMA é mais útil em várias situações, por gerar forças menores e momentos mais previsíveis¹³.

A BP pode ser utilizada tanto na forma passiva quanto ativa, podendo ser fixa ou removível; devido à maior facilidade no controle de ativação, a BP removível é preferível à fixa soldada, que é utilizada em casos onde se deseja manter a ancoragem^{3,10}.

Quando utilizadas na mecânica do arco segmentado com o uso de *cantilevers* e alças, desempenham papel fundamental na unidade posterior, na unidade beta (B), para a obtenção de uma ancoragem mais eficiente^{4,15}.

Na forma passiva, a BP tem por objetivo evitar efeitos colaterais em relação à mecânica principal empregada, como nos casos de exodontia de pré-molares e

retração do segmento anterior para fechamento de espaço²⁹ ou como mantenedor de espaço, em caso de perda dental no arco superior, por não permitir a mesialização dos molares e rotação mesio-lingual ao redor da raiz lingual, como alternativa ao botão de Nance³⁹.

Outros trabalhos apontam não haver diferenças significativas entre o uso ou não da BP em casos de extração e fechamento de espaço para ancoragem dos primeiros molares⁴⁰, entretanto, em um outro estudo utilizando elementos finitos, observou-se que a BP quase não teve efeito em relação aos movimentos de ancoragem mesial, mas impediu os movimentos rotacionais e transversais dos dentes utilizados como ancoragem⁴¹.

Moscardini⁴², em 2007, comparou dois tipos de dispositivos ortodônticos de ancoragem, a barra palatina (BP) e o Aparelho Extra Bucal (AEB), por meio de telerradiografia inicial e final durante a retração dos dentes superiores em casos de exodontia de pré-molares. Avaliaram-se os aspectos quantitativos e qualitativos, relacionando-os à magnitude e ao tipo de movimento do molar, respectivamente. Um grupo com 14 pacientes utilizou o AEB com força de 350g e o outro grupo com 16 pacientes utilizou a BP. Concluiu-se não haver diferença estatisticamente significativa em relação ao aspecto quantitativo ou ao movimento mesial do molar. Entretanto, no aspecto qualitativo ocorreu diferença significativa; a BP mostrou uma maior inclinação mesial em relação à coroa dos molares.

Outra pesquisa avaliou dois grupos para comparar o efeito da duração do tratamento e das alterações dento esqueléticas em casos de retração em massa dos dentes anteriores. Utilizou-se mini-parafusos ancorados no palato e a barra transpalatina associada ao Aparelho Extra Bucal (AEB) para a ancoragem. Comparando os grupos, por meio de um teste T para amostras independentes, verificou-se que a duração da retração em massa foi superior (4meses) nos pacientes que utilizaram mini-parafusos, mas que não apresentou diferença significativa entre os grupos. Entretanto, ocorreram mudanças significativas em relação as alterações dento-esqueléticas, devido à mudança no ângulo ANB⁴³.

Uma revisão sistemática incluindo os seguintes banco de dados: *Medline, Embase, Cochrane Library, Scopus, PubMed e Web of Science*, até abril de 2015 levou em consideração o estudo da BTP como meio de ancoragem dos molares em casos de exodontia de pré-molares superiores e posterior fechamento de

espaço. Assim, baseado nos resultados apresentados, apenas a BTP para ancoragem não deve ser considerada eficaz para os casos de extração⁴⁴

Um estudo clínico randomizado⁴⁵ foi realizado no intuito de comparar a eficiência do arco palatal de Nance e Goshgarian, na prevenção da mesialização, inclinação distal, prevenção de rotação mesio-palatal dos primeiros molares permanentes superiores, bem como conforto e facilidade de remoção do aparelho em caso de extração de pré-molares e fechamento de espaço. Conclui-se que não houve diferenças estatisticamente significantes entre os grupos em termos de prevenção de inclinação mesial ou distal, mas ocorreu na quantidade de rotação molar, com ambos exibindo alguma rotação disto-palatal, mesmo não tendo sido ativados para esse movimento, maior no arco de Goshgarian. Ademais, o teste de Mann-Whitney revelou que também houve uma diferença estatisticamente significativa nos escores de dor entre o arco de Goshgarian e o de Nance, sendo este último associado a um maior desconforto.

Na forma ativa a BP é capaz de movimentar os molares nos três planos de espaço; de forma simétrica ou assimétrica, promovendo rotação, expansão ou contração (movimentos de 1ª ordem); inclinação mesiodistal, intrusão (movimentos de 2ª ordem); e torque (movimentos de 3ª ordem)¹⁵.

Para utilização das Barras Palatinas (BPs) é necessário um conhecimento aprofundado em biomecânica, que tem seu embasamento na Teoria do Arco Segmentado (TAS)³⁵.

Um sistema de forças com baixo coeficiente carga/deflexão é desejado, como quando se incorpora uma alça central na confecção da BP em fios mais rígidos⁴⁶ ou pela utilização de ligas com elevada recuperação elástica, que apresenta alta conformabilidade e não sofrem deformação permanente⁴⁷.

Um sistema de força ótimo é determinado quando se utiliza uma magnitude de força apropriada, com um pequeno coeficiente de carga-deflexão e adequada proporção momento-força^{11,16,48}

Barbosa et al.²⁶, em 2005, descreveram a barra palatina, com afastamento do palato para pacientes que apresentavam uma má oclusão de Classe II e mordida aberta, como um dispositivo mecânico adaptado aos primeiros molares superiores, previamente bandados e soldados no tubo palatino. Dessa forma, durante a

deglutição, a língua provocou uma pressão sobre a BP, intruindo os molares e corrigindo a mordida aberta, bem como a Classe II, pelo deslocamento anti-horário da mandíbula.

Outrossim, os autores²⁶ ainda mencionam que o sucesso do tratamento ortodôntico, em boa parte, está na dependência da correta interpretação e utilização dos efeitos do crescimento no complexo craniomandibular, no intuito de adaptar o tratamento ortodôntico ao processo de crescimento.

É consenso que o uso da barra palatina é bastante eficiente para corrigir molares superiores bilateralmente rotacionados e simétricos, devido à criação de forças e momentos iguais e opostos. Entretanto, quando se deseja a rotação unilateral, deve-se ativar a presilha no lado do molar girado; dessa forma, o outro molar tende a ter um movimento de distalização, que pode receber uma força contraposta para controle e a ação no molar girado será de mesialização e correção rotacional^{49,50}.

Gunduz et al.⁵¹, em 2003, apresentaram uma barra do tipo Zachrisson, confeccionada com fio Elgiloy Azul, de 0,9mm, e compararam-na com BP de Goshgarian, também confeccionada com fio 0,9mm. Ensaio laboratoriais, simulando as correções de giros nos molares, demonstraram que essa barra (Zachrisson) produziu menores momentos e forças, por incorporar maior quantidade de fio para sua fabricação.

Um estudo clínico⁵⁰ em 50 crianças relatou a eficiência da BP para a correção simétrica de primeiros molares rotacionados, em um razoável intervalo de tempo de 122 dias. O efeito sobre a posição mesiodistal da cúspide méso-vestibular e, particularmente, no que diz respeito ao ganho de espaço foi imprevisível. Este dispositivo é especialmente favorável quando a necessidade de uma correção do giro simétrico é a mesma em ambos os lados da arcada dentária; são gerados momentos iguais e opostos, sem a criação de forças na direção mesiodistal.

Entretanto, outros estudos¹¹ apontam haver a criação de momentos e forças méso-distais inesperados na utilização das BPs, principalmente nas geometrias IV e VI. Segundo os autores, as forças anteroposteriores surgem para manter o sistema em equilíbrio, por isso é importante uma avaliação clínica periódica ao usar esse sistema de força estaticamente indeterminado.

É possível a correção da relação da Classe II com a utilização da BP com confortável sobrecorreção, pois esse dispositivo promove o movimento distal do molar nos casos de dentadura mista, perpetuando uma grande referência na instalação de uma excelente oclusão na dentição permanente⁵². Um outro trabalho, também em relação à classe II, menciona um ganho de 1 a 2mm com a correção do giro do molar bilateral, que favorece a melhora de um possível apinhamento na região anterior com o ganho do perímetro de arco²⁶.

Em um estudo *in vitro* para a correção da inclinação distal unilateral (movimentos de 2ª ordem) de 15°, comparou-se duas barras palatinas (BPs): de Aço (Goshgarian) e TMA (Burstone). O dispositivo com o uso da liga de Aço apresentou pouco ou nenhum momento, foi de apenas 30% quando comparada com a de TMA, que foi de 80%, devido à melhor relação da curvatura da barra inserida no tubo de encaixe lingual¹⁵.

Eyuboglu et al.⁵³, em 2004, citaram os efeitos dento-alveolares e esqueléticos da barra palatina do tipo Goshgarian para distalização unilateral do primeiro molar superior. O grupo pesquisado foi de 15 adolescentes, entre 12 e 15 anos. Utilizou-se uma força de 150g de ativação e concluíram ocorrer uma distalização dos molares, em média de 2,06mm, bem como um movimento expansivo do molar oposto, tornando o sistema eficaz para esse fim.

Uma outra indicação da utilização da BP é a expansão ou contração dos molares. O aumento da distância intermolar é requerido pelo aumento do comprimento da BP. Com isso, gera-se aumento do torque palatino da raiz e vestibularização das coroas. Tal situação pode ser compensada por dobras na presilha, gerando um momento anti-horário descrito como uma ativação de terceira ordem, necessário para manter a dimensão vertical e melhorar o encaixe dos molares superiores com os inferiores, devido à melhora na inclinação desses molares e eficiente intercuspidação vestibular^{3,48}.

Para a expansão unilateral da relação molar, utilizou-se a BP tipo Goshgarian em 35 crianças, por meio da expansão simétrica (sem torque) e assimétrica (com torque) lingual da raiz do lado oposto, o que demonstrou haver aumento da distância inter-molar de 3.3mm e 4.7mm, em média, respectivamente. Foi relatada também uma leve abertura da sutura palatina mediana, que não tinha relação com a idade do paciente⁴⁸. O molar cruzado mostrou uma inclinação lingual no sistema com

torque, quando comparado à expansão simétrica, enquanto que o molar bem posicionado mostrou uma inclinação vestibular para ambos os sistemas. Dessa forma, os autores recomendaram utilizar a barra palatina para a expansão unilateral do molar associado ao torque lingual de raiz no dente de ancoragem.

Dez pacientes foram tratados com a BB de TMA em expansões simétricas (n.6) e assimétricas (n.4), utilizando-se tubos linguais de 0,032"× 0,032", e uma força de 4N. Após 12 semanas comparou-se a eficácia clínica com a simulação no Orthodontic Measurement and Simulation System (OMSS). Clinicamente, os tratamentos simétricos resultaram em uma correção média de 4,5mm (± 1,0) e uma vestibularização do molar de 10,1°, em comparação com 9,6° para os movimentos simulados no OMSS. A expansão unilateral pretendida foi alcançada em todos os quatro casos com a utilização de forças expansivas com torque lingual, sendo que as forças verticais foram mínimas para ambos os grupos¹⁶.

Hoederath et al.¹⁵, em 2001, realizaram um estudo in vitro utilizando o sistema de arco palatino de Goshgarian (3M Unitek®) de 0,036" de aço inoxidável inseridas em tubos linguais de 0,036"x 0,072", comparando-o aos arcos quadrados de Burstone (Ormco®) de 0,032" × 0,032", de TMA, utilizando tubos linguais "Hinge cap" de 0,032"x 0,032". As forças e momentos produzidos por diferentes ativações dos arcos palatinos foram determinados utilizando o Sistema de Medição e Simulação Ortodôntica (SMSO). Os acessórios foram fixados aos transdutores e foi feita a leitura por computador. Esse estudo avaliou a expansão ou contração e correção de giro (movimentos de 1ª ordem) de até 4mm e 15°, respectivamente, inclinação distal unilateral (movimentos de 2ª ordem) de 15°, e torque (movimentos de 3ª ordem) de 10°.

Em relação à força simétrica de expansão e contração, a barra de Goshgarian exibiu uma força maior que o dobro da de Burstone (4,4N e 1,8N) devido à menor proporção carga/deflexão dessa última; entretanto, as más posições foram corrigidas de forma eficaz para ambos os sistemas. Em relação à correção da giroversão, devido a sua maior rigidez, os arcos palatinos de Goshgarian foram mais eficientes, apresentando maior proporção carga/deflexão (39Nmm), quando comparados às barras de TMA, que liberaram momentos mais constantes, devido à sua baixa proporção carga/deflexão(14Nmm). Nas ativações de terceira ordem, os acessórios de Burstone causaram considerável perda de torque, o que pode ser

explicado pela grande deformação que sofreu a presilha em relação a tampa articulada do tubo, devido à força aplicada. Assim, se fosse possível melhorar essa interface, ainda envolveriam forças e momentos menores, mas assegurariam uma boa eficiência ao sistema¹⁵.

As ativações de terceira ordem são feitas pela torção da haste terminal, na presilha da barra, o que permite agir sobre a inclinação dos molares onde são realizadas as ativações simétricas ou assimétricas. Essas geram um par de forças verticais que levam à extrusão de um dos lados e à intrusão do outro lado, torques linguais produzem intrusão dentária e os torques vestibulares produzem extrusão. Já nas ativações simétricas, são checadas de ambos os lados, inserindo-se as hastes alternadamente no encaixe dos tubos e estas devem ficar numa mesma posição. Quando se deseja uma inclinação radicular vestibular, observa-se no lado oposto o posicionamento oclusal da haste em relação ao seu tubo lingual. Para a produção de momento igual em sentido oposto, as duas ativações devem ser iguais, Para uma ativação que visa uma inclinação radicular, em sentido oposto ao descrito anteriormente, as hastes devem ser posicionadas apicalmente em relação aos tubos^{12,31,54}.

3.4 Confeção da Barra Palatina

A confecção da BP pode ser realizada de maneira direta na boca do paciente, ou indireta utilizando os modelos de gesso. Os materiais necessários para a confecção da barra palatina são: os alicates 139, 410, De La Rosa e o de corte, além do fio de aço 0,8mm ou 0,9mm. Inicia-se com a confecção do loop central, assim como pra confecção da clássica BP de Goshgarian¹, utiliza-se o alicate 139, com o alicate De La Rosa faz-se o contorneamento da curvatura da barra em relação à abóbada palatina, que deve ficar afastada em torno de 1 a 3mm^{3,5,46}.

Para a confecção da presilha, alguns passos devem ser seguidos: i) marca-se o fio com lápis dermatográfico na altura do tubo lingual; ii) faz-se uma dobra de 90° para distal com o alicate 410; iii) faz-se nova dobra em cima da anterior para mesial de aproximadamente 5mm, sobrepondo-as; iv) faz-se uma dobra para cervical, cortando sua extremidade; v) ainda com o alicate 410 prensa-se o fio, para que possa entrar na presilha de maneira passiva³.

O *Loop* da BP pode ser voltado tanto para distal como para mesial, mas devido à pressão da língua, o molar pode ser inclinado de acordo com essa posição⁵⁵. A direção da alça do dispositivo pode promover diferentes tipos de movimentos, dentre eles a mesialização ou distalização dos molares, de acordo com a necessidade de tratamento.

Uma outra forma de medir o comprimento do fio é por meio de uma régua flexível contornando o palato entre os tubos linguais, descontando 2 mm da medida inicial, para deixá-la adaptada⁵².

A confecção da barra pode ser iniciada pelas presilhas, da seguinte forma: i) faz-se uma dobra de 180° em uma das extremidades, fechando a alça com o alicate 410 de forma que os fios fiquem dobrados sobre si no mesmo plano; ii) faz-se uma dobra de 90° no segmento de fio de maior extensão, que deve ser cortado e arredondado; iii) o fio é então contornado seguindo o formato do palato, onde uma marcação é feita a uma distância de 4 mm da linha mediana, quando então é confeccionada a alça central (*loop*), que deve medir aproximadamente de 7 a 12 mm de comprimento e 8 mm de diâmetro e, por fim; iv) marca-se o fio na altura da entrada do tubo e então confecciona-se a outra haste terminal da mesma forma que a primeira⁴⁶.

Pode-se utilizar o modelo de gesso para confeccionar a BP⁵: para isso, marca-se a região da sutura palatina mediana e a lingual dos molares com lápis, e de maneira mais real pode-se controlar o comprimento do fio, levando em consideração possível assimetria do palato. Recomenda-se a utilização de uma ligadura metálica, inserida sem traumatismo na mucosa, pois sofre menos variabilidade quanto ao módulo de elasticidade na interface presilha x tubo lingual, quando comparada à ligadura elástica. Ademais, a confecção da BP no modelo evita torque e rotações indesejadas e favorece os ajustes mínimos na instalação.

A barra em forma de ferradura^{12,13} deve ser iniciada marcando-se o fio pelo menos 1,5mm apicalmente ao slot de cada acessório, certificando-se de que o arco está afastado 2mm do palato; uma dobra de 90° deve ser realizada para formar os braços horizontais, devendo-se ter o cuidado de não inserir torque quando os mesmos forem encaixados nos slots. Por fim, um stop deve ser realizado soldando-se um fio 0,016" ou 0,018" (da mesma liga utilizada para o arco) 5mm à distal de cada braço vertical, oclusamente, entre as duas aletas do acessório, a fim de evitar

o deslocamento mesiodistal do arco. Esse stop também pode ser confeccionado por meio de dobras, formando um batente mesiodistal, porém o stop soldado é mais preciso.

Quando inserida na boca do paciente, a BP deve estar passiva, ou seja, não pode gerar forças e momentos, logo é importante encaixar a presilha em um dos lados e no lado oposto observar o paralelismo da outra presilha em relação ao tubo. Se isso não ocorrer, é necessário fazer os ajustes da presilha fora da boca do paciente até torná-la passiva, e somente depois disso, realizar as ativações necessárias. É importante, por questão de segurança, amarrar a barra com um fio dental preso à mão do operador, evitando, dessa forma, acidentes como a aspiração ou deglutição^{3,14,46}.

4 MATERIAL E MÉTODO

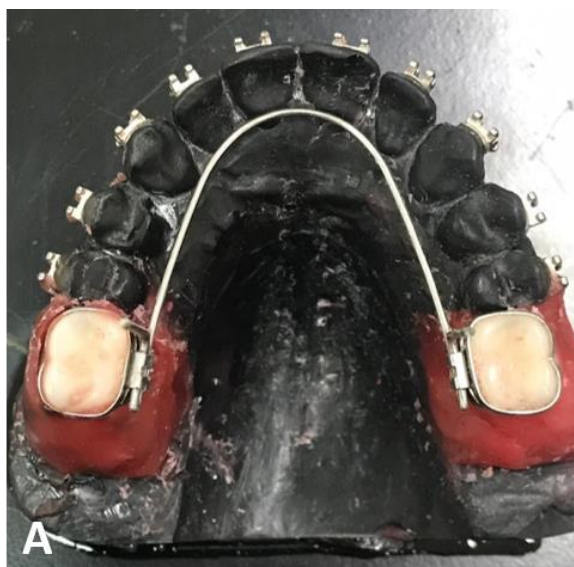
Um modelo escaneado (SCANNER 3D R700-3SHAPE - Copenhagen, Dinamarca) de um paciente que apresentava o primeiro molar superior esquerdo cruzado, foi submetido a um setup virtual no software Suresmile Ortho (DENTSPLY/SIRONA, Dallas, TX), em que todos os seus dentes foram alinhados e nivelados e o molar contralateral foi colocado em mordida cruzada idêntica ao primeiro, portanto com a mesma característica e posição no arco.

O modelo foi, então, impresso tridimensionalmente em resina acrílica em uma impressora 3D B9 (CREATOR, EUA) e os primeiros molares superiores foram recortados e removidos do modelo. Após, posicionou-se, manualmente, com dentes de acrílico (BLUEDENT, Pirassununga – SP, Brasil), o primeiro molar superior direito e esquerdo, palatinizados em 3mm com o restante da arcada (tendo como referência a cúspide lingual dos segundos pré-molares superiores), a uma distância intermolar de 31mm e estabilizados com cera.

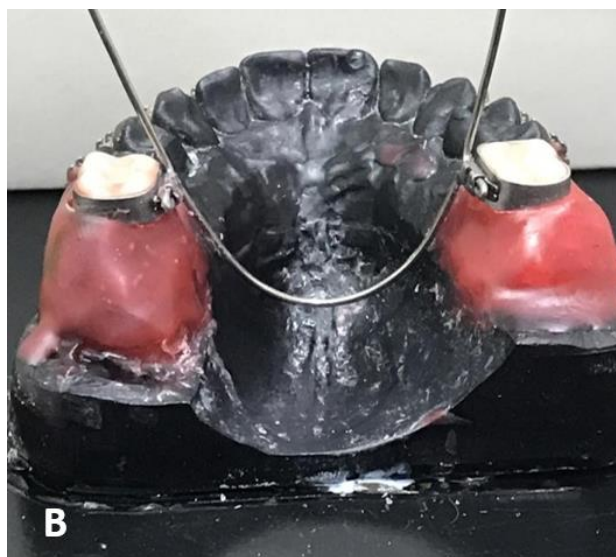
Esses molares foram bandados (MORELLI, Sorocaba, SP-Brasil) e tiveram tubos palatinos de 0,036"x 0,072" (Patente nº 672-3672,Ormco Co, EUA) soldados às bandas. Foi confeccionado um modelo passivo de cada barra, com fio de aço (0,9mm) (DENTAURUM GMBH & CO. KG., EUA), adaptadas à superfície lingual dos molares, para que servissem de guia para confecção das outras amostras (Figura 3).

Figura 3A e B - Barras Palatinas passivas de aço de 0,9mm

A) Barra de de Burstone



B) Barra de Goshgararian.

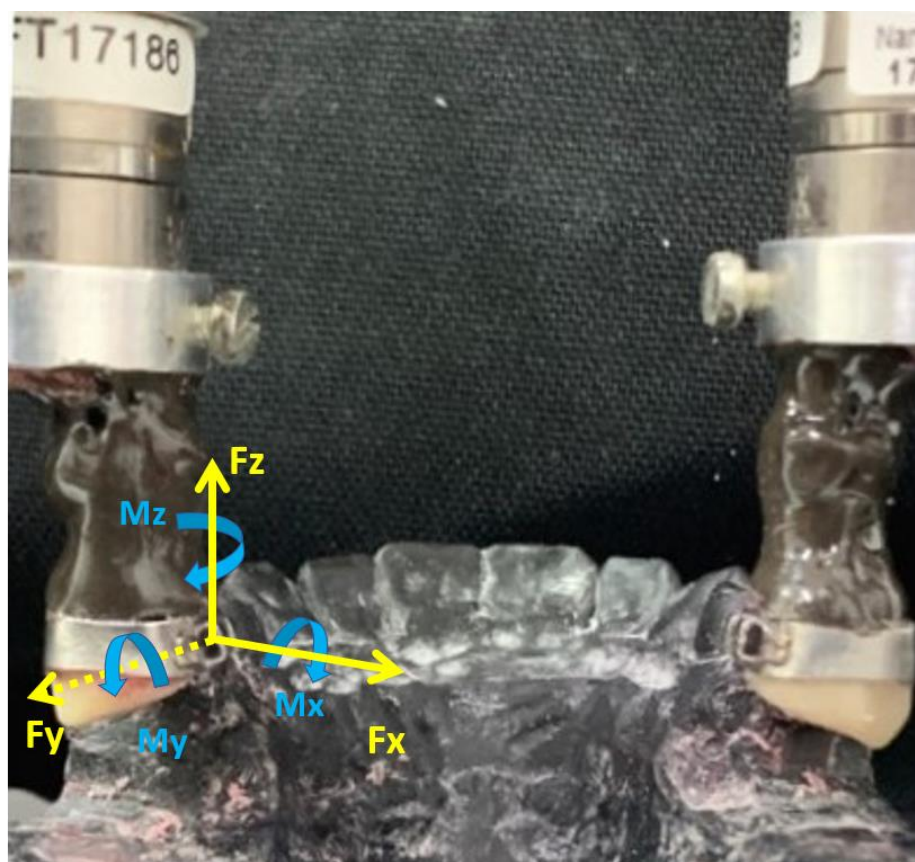


Fonte: Elaboração própria.

O modelo foi colado, utilizando cola epóxi, à mesa de trabalho do *Orthodontic Force Tester (OFT)*, o qual, por meio de duas células de carga Multi-axis nano 17 (Industrial Automation, Apex, EUA), registrou forças e momentos gerados tridimensionalmente com intervalos de mensuração de 0-2.000 g (0–19.613,3 N) para força e 0-10.000 g.mm (0- 98.006,5 N.mm) para os momentos.

Uma das células de carga foi colada no dente 16 e a outra no dente 26, também utilizando cola epóxi, e esses dentes tiveram a cera removida e, conseqüentemente, foram separados do modelo. As células de carga foram calibradas para cada dente independentemente e o sistema de coordenadas foi transferido para o centro dos tubos linguais dos dentes 16 e 17, com o eixo X perpendicular, o eixo Y paralelo e o eixo Z verticalmente ao centro do tubo lingual. Ambas as mecânicas tiveram seus registros na mesma origem, por lingual, para que os sistemas de forças fossem calculados (Figura 4).

Figura 4 - Células de carga posicionadas e coladas nos dentes 16 e 26, livres em estudo



Representação cartesiana das três dimensões medidas no OFT no dente 16 e sua origem de coordenadas.

Fonte: Elaboração própria.

Dois tipos de mecânica para a correção dos molares foram testados: o grupo barra palatina modelo de Burstone (BB), e o grupo barra palatina modelo de Goshgarian (BG), em um total de 10 barras para cada grupo, confeccionadas com fio de aço de 0,8mm (Dentaurum GmbH & Co. KG., EUA), de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 – Amostras utilizadas

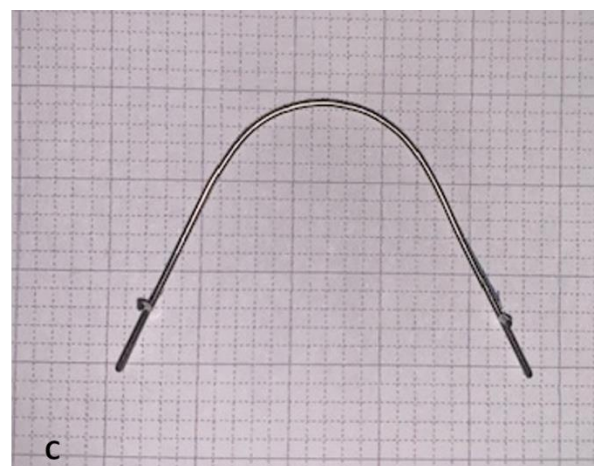
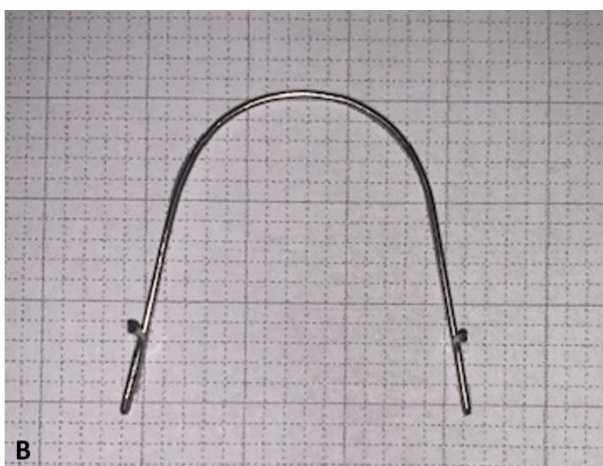
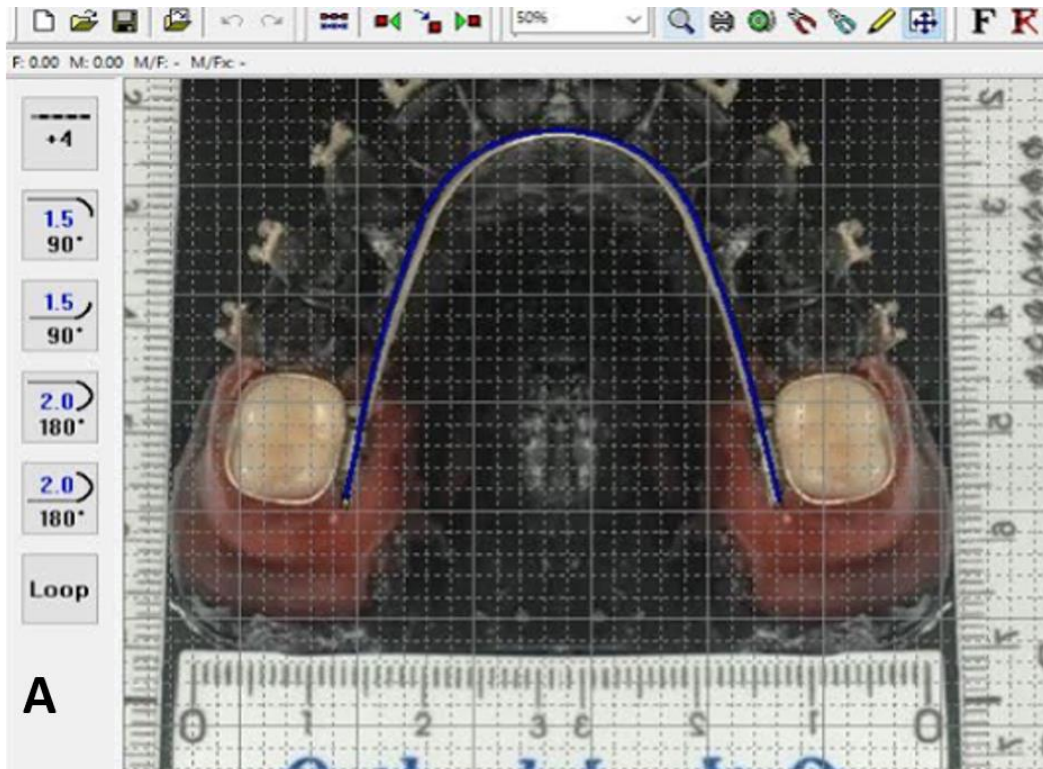
Grupo	N	Mecânica	Tipo de material	Espessura	Marca comercial
1	10	BB	Aço	0,032"	Dentaurum
2	10	BG	Aço	0,032"	Dentaurum

Fonte: Elaboração própria.

As barras foram confeccionadas de acordo com a conformação anatômica dos modelos ortodônticos, levando-se em consideração o comprimento, a largura e a profundidade do arco. As BPs foram padronizadas com auxílio de dois templates, feitos no programa *Loop 1.7* (DHAL ORTHODONTIC SOFTWARE, Atenas, Grécia). Um deles com a barra passiva e o outro com a barra ativa em 6mm.

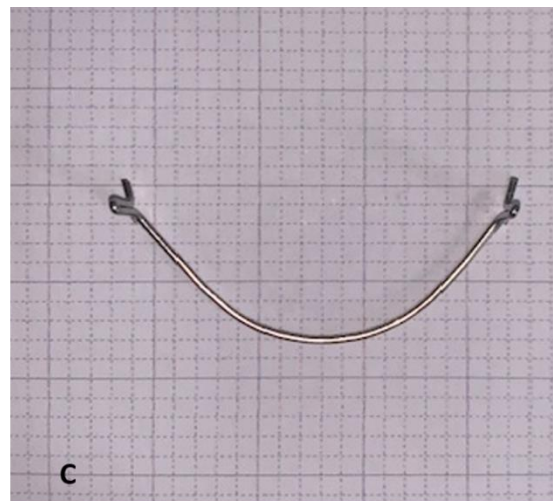
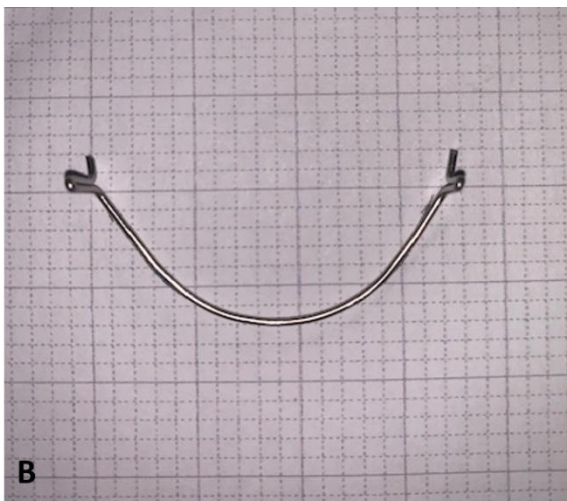
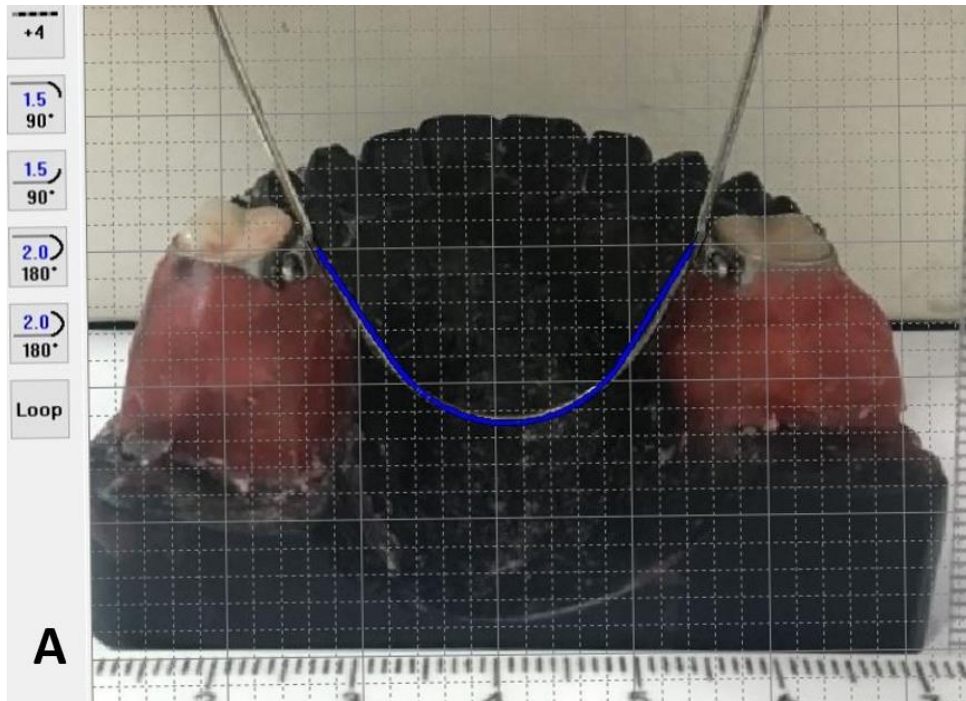
Após as BPs terem sido conformadas de acordo com o primeiro template (passivas) e aferidas as passividades no próprio software do OFT, após, elas foram ativadas sobre um segundo template em 6mm (Figuras 5 e 6).

Figura 5A-C - A) Programa *Loop* 1.7 utilizado para padronização da barra de Burstone, B) Barra passiva e, C) barra ativa em 6mm



Fonte: Elaboração própria.

Figura 6A-C - A) Programa Loop 1.7 utilizado para padronização da barra de Goshgarian, B) Barra passiva e, C) barra ativa em 6mm



Fonte: Elaboração própria.

Após a inserção de cada dispositivo de cada grupo BB ou BG, o sistema de forças foi registrado pelo software OFT e as células de carga foram zeradas antes de cada novo registro. Os valores de forças no eixo X(F_x), no eixo Y(F_y), no eixo Z (F_z), bem como os momentos, no eixo X (M_x), no eixo Y(M_y) e no eixo Z(M_z), foram salvos em uma planilha compatível com o Excel 2010 (Microsoft Office, Microsoft, Remond EUA),

O software estatístico R na sua versão 3.6.0 (2019-04-26) foi escolhido para a realização dos testes estatísticos. Uma vez que o pressuposto de normalidade e homogeneidade não foram atendidos para o conjunto de dados, foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon, com nível de significância de .05, para detectar as diferenças entre os grupos.

5 RESULTADOS

Foi considerado o valor absoluto em F(x) e M(z), uma vez que este indica apenas a direção das forças e dos momentos, como também foi estimado os valores da média e desvio padrão apenas para comparar com a mediana e fazer uma análise descritiva dos resultados (Tabela 2 e Figura 7).

Tabela 2 - Avaliação dos resultados de Forças e Momentos da BB (Barra de Burstone) e da BG (Barra de Goshgarian), mediana (com o nível de significância), e a média (com o desvio padrão e o erro padrão)

	Mediana Burstone	Mediana Goshgarian	P-valor	Média Burstone (DP)	Erro padrão	Média Goshgarian (DP)	Erro padrão
F(x)	1,33	2,21	< 0,001	1,32 (0,17)	0,05	2,18 (0,35)	0,11
F(y)	0,03*	0,04*	0,98	0,05* (0,32)	0,1	0,05* (0,52)	0,16
F(z)	0,03*	0,04*	0,07	0,01*(0,09)	0,03	0,04* (0,09)	0,28
M(x)	-0,11	0,43	0,03	0,05*(0,69)	0,22	0,50 (0,55)	0,17
M(y)	-0,27	2,02	< 0,001	-0,12* (0,77)	0,24	1,79 (0,73)	0,23
M(z)	2,77	1,72	< 0,001	3,07 (1,15)	1,15	1,54 (0,91)	0,28

*Valores não significantes

A força em Newtons (N) e momento em Newtons-milímetro (N.mm), sendo positivo o movimento vestibular, distal e extrusão, bem como rotação mesial para vestibular, inclinação distal e torque vestibular (H0: as medianas são iguais e H1: medianas são diferentes).

Fonte: Elaboração própria.

A mediana e a média dos valores de F(x) no grupo BB foram de 1,33N e 1,32N, enquanto que no grupo BG foram de 2,21N e 2,18N, respectivamente. O teste estatístico mostrou uma diferença significativa entre as medianas ($p < 0,001$).

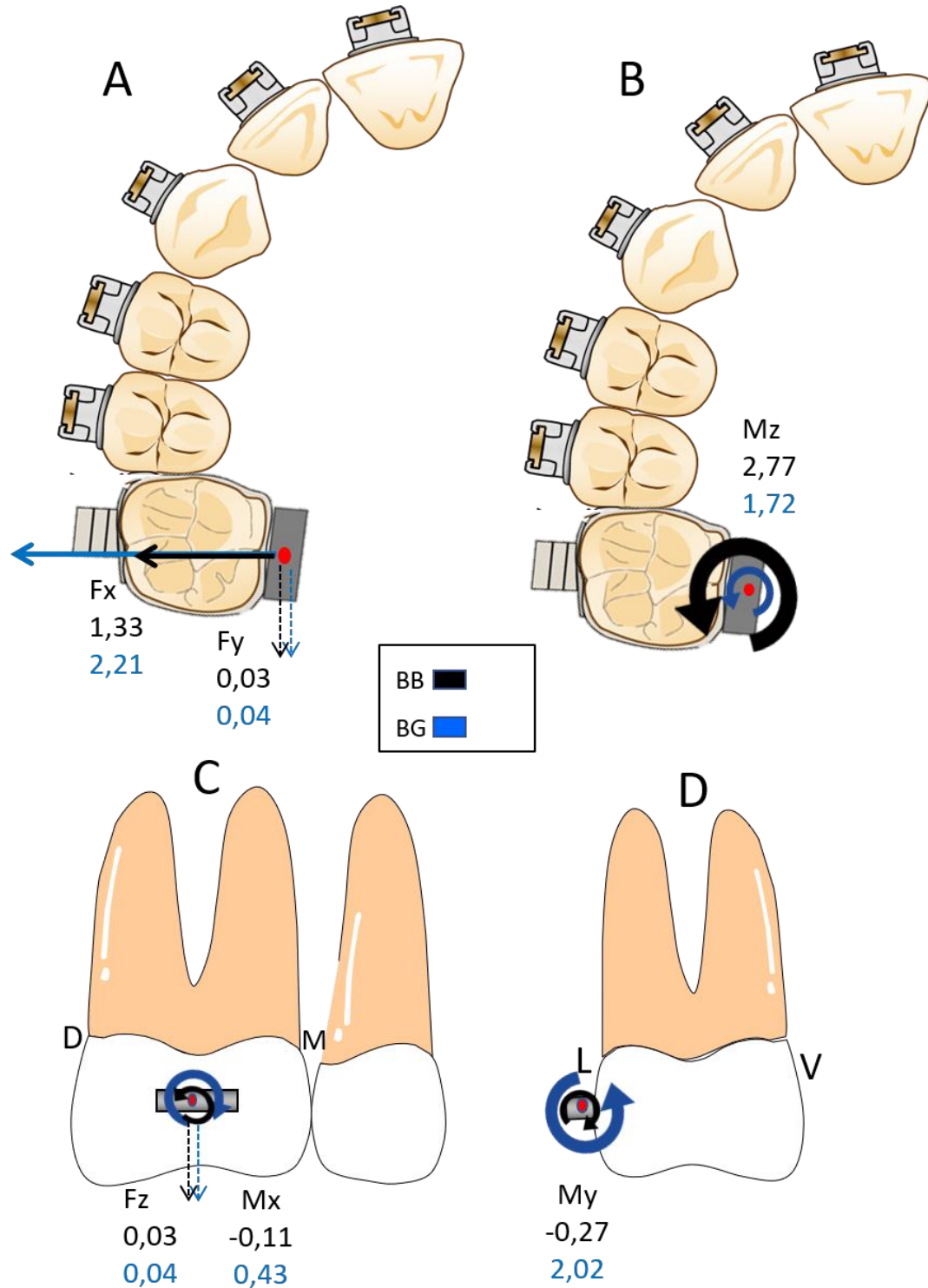
A mediana e a média dos valores de M(z) no grupo BB foram de 2,77N.mm e 3,07N.mm, enquanto que no grupo BG foram de 1,72N.mm e 1,54N.mm. O teste estatístico mostrou uma diferença significativa entre as medianas ($p < 0,001$).

A mediana dos valores de M(y) no grupo BB foi de -0,27N.mm, enquanto que a média foi não significativa (-0,12N.mm). Já no grupo BG a mediana foi de 2,02N.mm e a média foi de 1,79N.mm. O teste estatístico mostrou uma diferença significativa entre as medianas ($p < 0,001$).

A mediana dos valores de $M(x)$ no grupo BB foi de -0.11N.mm , enquanto que a média foi não significativa (0.05N.mm). Já no grupo BG, a mediana foi de 0.43N.mm e a média de 0.50N.mm . O teste estatístico mostrou uma diferença significativa entre as medianas ($p=0.03$).

A mediana e a média dos valores de $F(y)$ e $F(z)$ no grupo BB e no grupo BG foram não significantes.

Figura 7A-D - Representação vetorial das forças e momentos gerados pela BB e BG, no centro de resistência dos dentes (Forças em Newtons e Momentos em Newtons por milímetro). Os dados e vetores em preto referem-se à barra de Burstone e em azul à barra de Goshgarian



- A) Apresenta as forças no sentido vestibulolingual $F(x)$, e anteroposteriores $F(y)$, em B) o momento em sentido horário e anti-horário $M(z)$, em C) as forças no sentido vertical $F(z)$ e a angulação mesiodistal $M(x)$ e, em D) o momento vestibular $M(y)$.

6 DISCUSSÃO

A barra de Goshgarian produziu forças vestibulares maiores nos primeiros molares, com diferença de 0,8N entre as barras. Outros estudos apontam existir nas ativações simétricas de expansão e contração, forças eficazes tanto para a barra de Goshgrarian (4,4N), quanto para a barra de Bustone(1,8N)¹⁵. Sendo, portanto, maiores que as apresentadas aqui para a BG (2,21N), que provavelmente foi devido à diferença de espessura entre os fios pesquisados, e um pouco maiores para a BB (1,33N). A literatura apresenta valores da proporção carga/deflexão que variam de 0,26N.mm²⁴ a 0,64N.mm⁴⁸, sendo, portanto, similares para a BG (0,36N.mm) e um pouco maior para a BB (0,22N.mm). Nesse sentido, vale ressaltar, que ambas as mecânicas geram forças diferentes, mas, em teoria, poderiam ser utilizadas para o mesmo propósito.

A barra de Burstone (BB) produziu um efeito de rotação $M(z)$ nos molares, maior que a barra de Goshgarian, mas ambas no mesmo sentido (*mesial out*), de 2,77N.mm e de 1,72N.mm, respectivamente. Esse momento registrado advém da pré-ativação das barras, onde o ângulo de entrada do fio, em relação à BB, e da presilha em relação a BG, é alterado na entrada do tubo lingual.

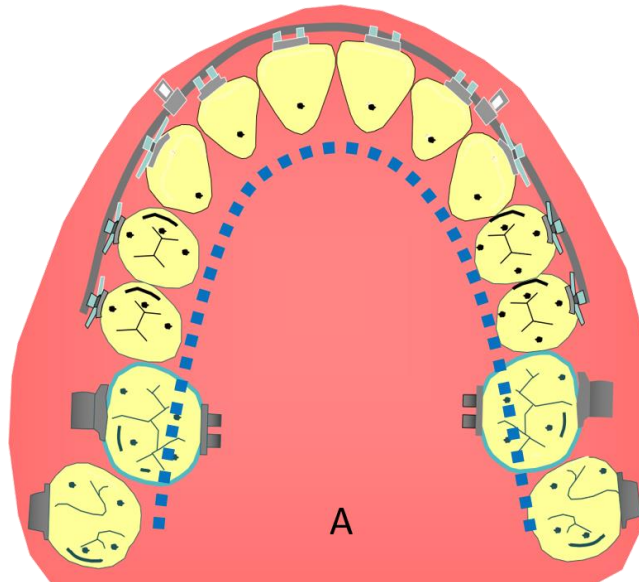
Na barra de Burstone, o momento se deu em sentido oposto ao esperado. Sendo, portanto, contra dedutível ao nível clínico. Isso ocorre devido à deflexão que sofre a BP no momento de sua inserção nos tubos linguais, formando uma convexidade nos dois lados da BP, fazendo-a convergir, diferentemente do que é observado em sua posição pré-ativa (Figura 8). Isso assemelha-se, relativamente, a diferentes momentos produzidos quando dois bráquetes são posicionados de forma assimétrica no fio ortodôntico. Dependendo da geometria entre eles, momentos de diferentes direções podem ser produzidos⁶.

Já na BG, o efeito de giro é devido à resistência da porção mesial da presilha da barra em sua pré-ativação, fazendo-a convergir no sentido mesiodistal quando inserida nos tubos linguais (Figura 9). Essa rotação é sentida no dente. Outros estudos descrevem esse mesmo efeito rotacional, disto-palatino, na BG, mesmo não sendo ativada para esse propósito⁴⁵. Ambas mecânicas geram, portanto, efeitos rotacionais indesejados, no mesmo sentido e de diferente magnitude. Sendo assim, em termos clínicos, é importante fazer um ajuste contrarrotacional, ainda na posição neutra, compensando o giro indesejado. Na barra de Burstone, em ambas as

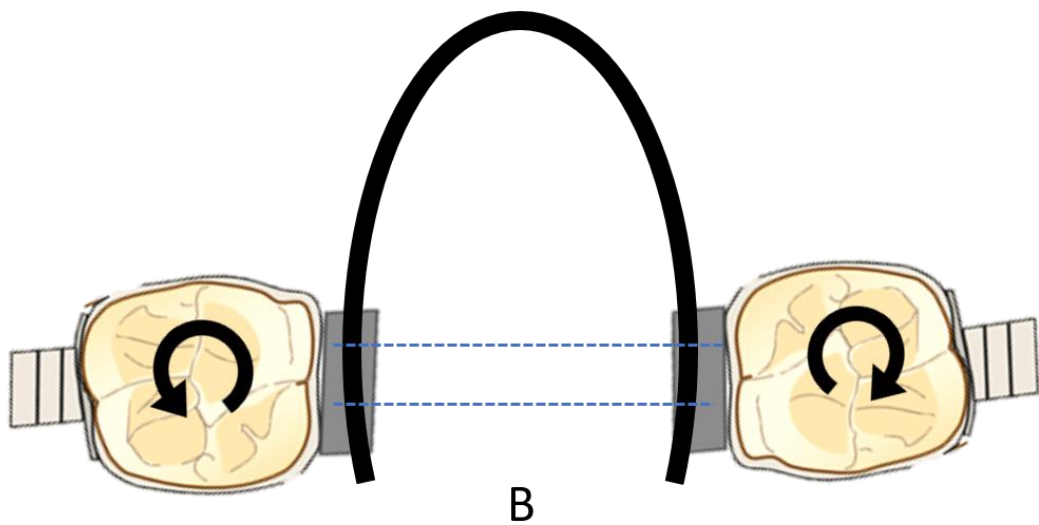
extremidades, abrindo-as, e na barra de Goshgarian nas presilhas, divergindo-as no sentido mesiodistal.

Figura 8A e B

A) Simulação do BB ativa, em azul e pontilhada



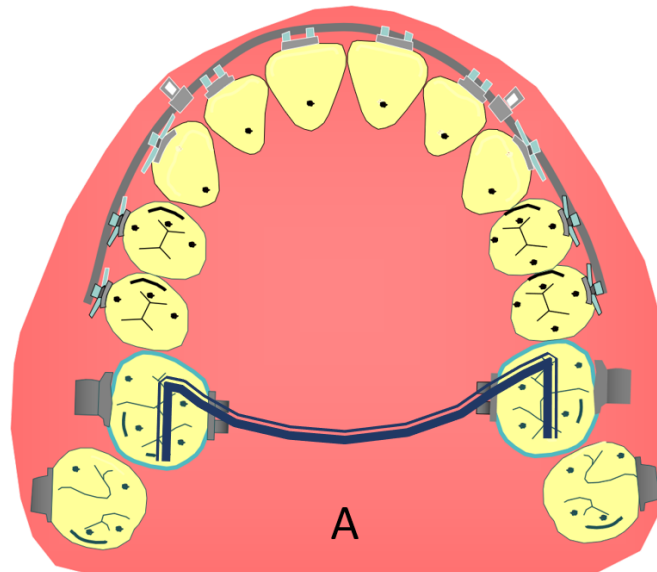
B) Potencial rotação dos molares, *mesial out*, pela relação do slot do tubo e a convexidade da barra



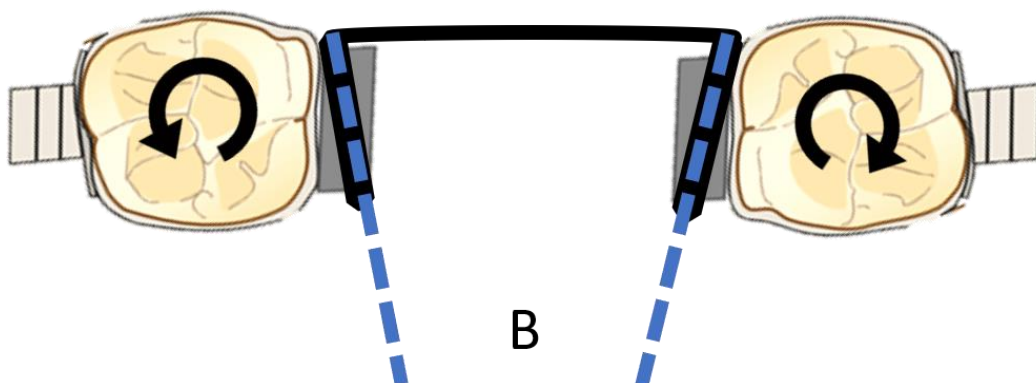
Fonte - Elaboração própria.

Figura 9A e B

A) Simulação do BG ativa, onde não se observa qualquer alteração na presilha



B) Potencial rotação dos molares, mesial out, pela relação do slot do tubo e da presilha da barra



Fonte - Elaboração própria.

A BB não teve a expressão de torque $M(y)$, momento de rotação vestibulolingual, quando comparada com o outro grupo. O torque vestibular $M(y)$ para a BG foi de 2,02N.mm (em relação à mediana) e 1,79N.mm (em relação à média). Em ativações de 3º ordem (10°), a literatura mostra valores em torno de 13,5N.mm, quando utiliza-se fio de aço de 0,9mm e semelhantes as estudadas aqui para a BB de TMA¹⁵. O plano de ativação da barra influencia o torque. A BB é ativada em um plano horizontal. É uma ativação linear no mesmo plano tridimensional em relação ao torque. Dessa forma, o torque é inexistente. Já na BG a ativação no plano vertical interfere no plano horizontal. Além disso, o grau de liberdade da presilha em relação ao tubo lingual nos fios redondos pode diminuir a consistência interna da análise dos resultados^{13,15,31}. Assim, quando se requer a expansão do molar sem o torque, a BB é a preferível, pois produz ajustes mais precisos e previsíveis quando comparada à BG que, apesar de produzir um torque baixo, requer cuidado no momento de sua ativação.

Por fim, para ambas as barras, as forças anteroposteriores $F(y)$ e as verticais $F(z)$ foram consideradas não significantes, como citado pela literatura^{11,15}. Enquanto uma rotação de pequena magnitude foi registrada no eixo mesiodistal $M(x)$ apenas na BG, que foi de 0,43N.mm. Haja vista à falta de exatidão no momento da ativação em relação aos planos verticais e horizontais, já descrito anteriormente. Esse momento não é suficiente para rotacionar o dente (0,43N.mm), considerando-se que um cantilever para verticalizar os molares necessita em torno de 10 a 15N.mm⁵⁶. Em experimentos laboratoriais é difícil, mesmo sob condições ideais, atingir o sistema de força desejado. A falta de precisão humana, seja nas ativações (apesar de existir uma padronização) ou no próprio ajuste dos lados da barra, para deixar o fio passivo na máquina, podem alterar o limite de elasticidade, principalmente em ligas de aço inoxidável^{15,51,57}.

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, Hönigl 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.

Não autorizo a publicação deste trabalho pelo prazo de até 2 anos
após a data de defesa

Direitos de publicação reservados ao autor

Araraquara, 20 de dezembro de 2019

Bruno Lima Minervino