



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**EFEITO DA TERAPIA LASER DE BAIXA POTÊNCIA NO AUMENTO
DA VELOCIDADE DA MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA.**

RODRIGO RAMOS VIEIRA

**Dissertação apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do Grau
de Mestre Profissional em *Lasers* em
Odontologia.**

Orientador:

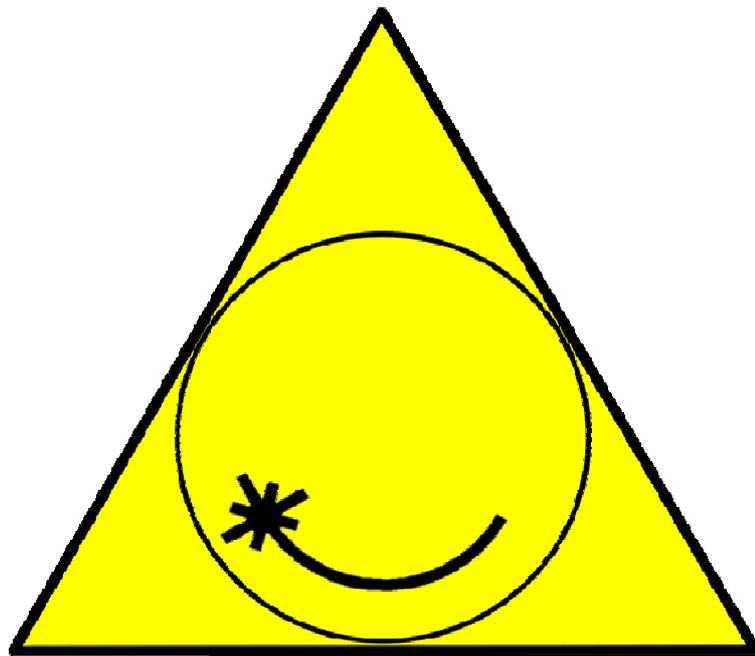
Prof. Dr. Niklaus Ursus Wetter

Co-orientador:

Prof. Dr. José Luiz Lage-Marques

**SÃO PAULO
2009**





Mestrado Profissionalizante Lasers em
Odontologia

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO**

**EFEITO DA TERAPIA LASER DE BAIXA POTÊNCIA NO AUMENTO
DA VELOCIDADE DA MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA.**

RODRIGO RAMOS VIEIRA

**Dissertação apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do Grau
de Mestre Profissional em Lasers em
Odontologia.**

**Orientador:
Prof. Dr. Niklaus Ursus Wetter**

**Co-orientador:
Prof. Dr. José Luiz Lage-Marques**

**SÃO PAULO
2007**

DEDICATÓRIA

À minha esposa, Roberta

Aos meus pais, Carlos (in memoriam) e Ednéia

Aos meus irmãos, Walkíria e Wagner

Aos meus avós, Basilides (Vô Oliveira, in memoriam) e Maria do Carmo (Vó Carminha)

E todos os meus familiares, que foram fontes de inspiração e estão sempre ao meu lado na constante busca de crescimento profissional e espiritual.

AGRADECIMENTOS

A Prof. Dr. Niklaus Ursus Wetter, meu orientador, pelo apoio ao tema escolhido e toda orientação na realização deste trabalho.

A Profa. Dr^a. Alyne Simões, pela paciência e orientação metodológica nos passos da elaboração desse trabalho e pela amizade.

Aos amigos e professores Ricardo Elgul Samad e sua esposa Lilia Coronato Courrol, responsáveis por meu interesse em ingressar no mestrado em laser e culminou com a realização deste estudo.

Ao Prof. Pedro de Andrade Jr., por ter cedido a clínica e os pacientes do curso de especialização em ortodontia (CEAO-ACIEPE), e principalmente pela oportunidade de compartilhar seus conhecimentos em vários momentos desta pesquisa.

Ao Prof. Pieroangelo Angelotti, pelas preciosas orientações ao desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos professores e funcionários do CEAO-ACIEPE pela ajuda incessante durante toda a evolução clínica do estudo.

Ao amigo, Henrimar Petrucci, pela amizade, apoio e colaboração na parte clínica deste estudo.

Aos pacientes envolvidos neste estudo, pela colaboração e paciência.

A todos os professores e professoras, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), e da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo do Laboratório Especial em Lasers na Odontologia (LELO), pela dedicação e ensinamentos ao longo do curso.

EFEITO DA TERAPIA LASER DE BAIXA POTÊNCIA NO AUMENTO DA VELOCIDADE DA MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA.

Rodrigo Ramos Vieira

RESUMO

Avaliamos o efeito da terapia com laser de baixa potência na movimentação ortodôntica de caninos superiores, bem como seu efeito analgésico após as ativações. Foi utilizado, também, braços de alavanca acoplados aos brackets dos caninos para realizar translação (movimento de corpo) dos caninos superiores através do seu centro de resistência, durante a retração, e tornamos mais curto o intervalo entre as consultas a fim de maximizar o tratamento ortodôntico. Sete pacientes foram selecionados para o estudo com indicação de exodontias dos 1^{os} pré-molares superiores. Os dentes foram distalizados por meio de uma mola de NiTi (Níquel-Titânio) presa nos brackets dos caninos até os mini-implantes, que exerceram uma ancoragem absoluta e temporária. O laser de diodo de 780nm (GaAlAs) foi aplicado pontualmente com 10 pontos ao longo das fibras periodontais do canino (5 vestibulares e 5 palatinos). O protocolo de irradiação foi de 5J/cm², durante 10 segundos por ponto, totalizando 2J de irradiação. A velocidade de retração dos caninos do lado irradiado foi significativamente maior em 4 dos 7 pacientes, no grupo onde não se observava pigmentação melânica gengival. Durante a pesquisa nenhum paciente sentiu dor após as ativações. Futuras investigações devem ser realizadas a fim de proporcionar um efeito positivo da laserterapia no aumento da velocidade de movimentação dentária em pacientes com pigmentação melânica gengival. Mesmo assim, nossos resultados sugerem que o laser pode acelerar significativamente a movimentação dentária.

Palavras-chaves: Ortodontia, Laser, Terapia com Laser de Baixa Potência, Movimentação Dentária, Má oclusão, Alívio de dor, Mini-implantes, Braço de Alavanca.

EFFECT OF LOW LEVEL LASER THERAPY ON THE VELOCITY OF ORTHODONTIC TOOTH MOVEMENT

Rodrigo Ramos Vieira

ABSTRACT

We evaluated the effect of low level laser therapy in orthodontic movement of upper canines, and its analgesic effect after the activation. We also used a lever-arm attached to brackets on canines to perform the translation (movement of body) of the upper canines through its center of resistance during retraction, and become shorter the interval between consultations in order to maximize treatment orthodontic. Seven patients were selected with extractions of upper 1st premolars were indicating for this study. The teeth were retracted by a NiTi (Nickel-Titanium) coil springs stuck in the brackets of the canines to the mini-implants, which had a temporary and absolute anchorage. 10 points along the periodontal fibers of the canine (5 for buccal, 5 for palatal) was applied individually with the diode laser with 780nm (GaAlAs). The protocol of irradiation was 5J/cm² for 10 seconds per point, totalizing 2J. The speed of retraction of the irradiation side canines was significantly higher in 4 of 7 patients in the group where there is gingival melanocytic pigmentation. Anyone patients experienced pain after the activation during the study. Future investigations should be conducted to provide a positive effect of laser on increasing the speed of tooth movement in patients with melanocytic gingival pigmentation. Nevertheless, our results suggest the laser can significantly accelerate the tooth movement.

Keywords: Orthodontic, Laser, Low Level Laser Therapy, Tooth Movement, Bad Occlusion, Pain Relief, Mini-implants, Lever-arm.

SUMÁRIO

	Páginas
1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	18
3. REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1. ORTODONTIA	19
3.1.1. Estrutura e Função do Ligamento Periodontal (LPD).....	19
3.1.2. Conceitos sobre as Reações Tissulares relacionadas à Ortodontia.....	20
3.1.3. A movimentação ortodôntica, sequência de eventos.....	24
3.1.4. Força e Tipos de Movimento Dentário.....	28
3.1.5. Ancoragem Ortodôntica e seu controle.....	32
3.1.6. Dor na ortodontia.....	35
3.1.7. Aceleração na movimentação Dentária.....	40
3.2. LASER	43
3.2.1. Visão Global: Histórico e Definição.....	43
3.2.2. Mecanismo de Ação do Laser de Baixa Potência.....	45
3.2.3. Efeitos analgésicos da laserterapia.....	46
3.3. LASER X ORTODONTIA	48
3.3.1. Aceleração na movimentação Dentária Utilizando Laser de Baixa Potência.....	48
3.3.1.1. Movimentação Dentária (Pesquisas em Animais).....	50
3.3.1.2. Movimentação Dentária (Pesquisas Clínicas em Seres Humanos).....	52
4. MATERIAIS E MÉTODO	54
4.1. Seleção de Pacientes.....	54
4.2. Equipamento Laser.....	55
4.3. Componentes Ortodônticos.....	55
4.4. Tratamento Ortodôntico e Terapia com Laser de Baixa Potência.....	56
4.5. Metodologia Single Blind Study.....	59
4.6. Registro da Movimentação Dentária.....	59
4.7. Escala de Dor (VAS).....	60
4.8. Linha do Tempo.....	61

4.9. Análise Estatística.....	63
5. RESULTADOS.....	64
5.1. Gráficos de Velocidade de Deslocamento (mm) por Sessão	
Análise intra-paciente.....	64
5.1.1. Paciente M. A.....	65
5.1.2. Paciente W. A. S.....	69
5.1.3. Paciente R. D. I.....	73
5.1.4. Paciente S. A. A. C.....	77
5.1.5. Paciente P. M. O.....	81
5.1.6. Paciente A. R. S. S.....	85
5.1.7. Paciente C. M. S.....	89
5.2. Sumário - Velocidade de Retração Total dos Caninos.....	93
5.3. Aumento da Velocidade de Retração nos Caninos Lado Irradiado.....	94
5.4. Efeito Analgésico.....	94
6. DISCUSSÃO.....	97
7. CONCLUSÃO.....	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
ANEXOS.....	127

LISTA DE SIGLAS E/OU ABREVIATURAS

ADP - Difosfato de Adenosina

ADP - Difosfato de Adenosina

AINEs - Anti-inflamatórios Não-esteroidais

ATP - Adenosina Tri-fosfato

ATP - Adenosina Tri-fosfato

BTP - Barra Transpalatina

Ca - Cálcio

CEAO-ACIEPE - Centro de Atendimento Ortodôntico - Associação Científica de Ensino Pesquisa e Extensão

cm - Centímetro

CR - Centro de Resistência

D - Distal

DAINEs - Drogas Anti-inflamatórias Não-esteroidais

FGF - Fator Local de Crescimento para o Fibroblasto

FOUSP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

g - Gramas

GaAIs - Arsenieto de Gálio-Alumínio

IGF - Fator Local de Crescimento Insulina-like

ILs - Interleucinas

IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

J - Joule

J/cm² - Joules por centímetro quadrado

LPD - Ligamento Periodontal

M - Mesial

M-CSF - Fator de estimulação de colônia por macrófago

mJ - Mili-Joule

mm - Milímetros

mW - mili-Watt

NiTi - Níquel-Titânio

nm - Nanometro

OC - Osteocalcina

OPG - Osteoprotegerina

P - Palatino

PGE₂ - Prostaglandinas E₂

PGs - Prostaglandinas

PTH - Hormônio da Paratireóide

RANK - Receptor de ativação nuclear κ B

RANKL - Ligante do receptor de ativação nuclear κ B

TNFs - Fatores de tumor de necrose

V - Vestibular

V1 - Lado irradiado

V2 - Lado Controle, Não Irradiado

VAS - Escala Visual de Dor

W - Watts

W/cm² - Watts por Centímetro Quadrado

α - Alfa

α 1 - Coeficiente Angular Lado Irradiado

α 2 - Coeficiente Angular Lado Controle

β - Beta

κ - Kappa

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Fatores de inclusão e exclusão dos pacientes da pesquisa.....	54
TABELA 2: Dias das consultas de ativação das molas.....	57
TABELA 3: Dias das consultas de irradiação (lado V1).....	58
TABELA 4: Dias de registro da movimentação dentária.....	60
TABELA 5: Dias das consultas de preenchimento escala VAS (lado V1 e V2).....	61
TABELA 6: Análise descritiva - Paciente M. A.....	68
TABELA 7: Análise descritiva - Paciente W.A.S.....	72
TABELA 8: Análise descritiva - Paciente R. D. I.....	76
TABELA 9: Análise descritiva - Paciente S.A.A.C.....	80
TABELA 10: Análise descritiva - Paciente P.M.O.....	84
TABELA 11: Análise descritiva - Paciente A.R.S.S.....	88
TABELA 12: Análise descritiva - Paciente C.M.S.....	92
TABELA 13: Sumário das Velocidade de Retração Total dos Caninos (Coeficiente Angular) mm/consulta.....	93
TABELA 14: Aumento Relativo Médio da Velocidade de Deslocamento dos Caninos do Lado Irradiado.....	94
TABELA 15: Tabela VAS - Paciente M. A.....	95
TABELA 16: Tabela VAS - Paciente W. A. S.....	95
TABELA 17: Tabela VAS - Paciente R. D. I.....	95
TABELA 18: Tabela VAS - Paciente S. A. A. C.....	95
TABELA 19: Tabela VAS - Paciente A. R. S. S.....	95
TABELA 20: Tabela VAS - Paciente P. M. O.....	95
TABELA 21: Tabela VAS - Paciente C. M. S.....	95
TABELA 22: Análise estatística para comparações entre antes e após a irradiação.....	96
TABELA 23: Análise estatística para comparações entre os lados direito e esquerdo.....	96

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Modelo de Karu.....	46
FIGURA 2: Ganchos Power Hooks (A) e os ganchos acoplados no brackets NuEdge (B).....	57
FIGURA 3: Componentes Ortodônticos.....	57
FIGURA 4: Diagrama esquemático dos locais das irradiações.....	58
FIGURA 5: Diagrama esquemático dos pontos de medição.....	60
FIGURA 6: Diagrama esquemático da escala VAS.....	62
FIGURA 7; Linha do Tempo – 1º mês.....	62
FIGURA 8; Linha do Tempo – 2º mês.....	62
Paciente M. A.	
FIGURA 9: Fotos do 1º dia de pesquisa.....	65
FIGURA 10: Fotos no último dia de registro do deslocamento.....	66
Paciente W. A. S.	
FIGURA 11: Fotos no 1º dia de pesquisa.....	69
FIGURA 12: Fotos no último dia de registro do deslocamento.....	70
Paciente R. D. I.	
FIGURA 13: Fotos no 1º dia de pesquisa.....	73
FIGURA 14: Fotos no último dia de registro do deslocamento.....	74
Paciente S. A. A. C.	
FIGURA 15: Fotos no 1º dia de pesquisa.....	77
FIGURA 16: Fotos no último dia de registro do deslocamento.....	78
Paciente P. M. O.	
FIGURA 17: Fotos no 1º dia de pesquisa.....	81
FIGURA 18: Fotos no último dia de registro do deslocamento.....	82
Paciente A. R. S. S.	
FIGURA 19: Fotos no 1º dia de pesquisa.....	85
FIGURA 20: Fotos no último dia de registro do deslocamento.....	86
Paciente C. M. S	
FIGURA 21: Fotos no 1º dia de pesquisa.....	89
FIGURA 22: Fotos no último dia de registro do deslocamento.....	90

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Deslocamento em função da sessão lado direito. (Irradiado)	
GRÁFICO 2: Deslocamento em função da sessão lado esquerdo. (Controle)	
Paciente M. A.	67
GRÁFICO 3: Deslocamento em função da sessão lado direito. (controle)	
GRÁFICO 4: Deslocamento em função da sessão lado esquerdo. (Irradiado)	
Paciente W. A. S.	71
GRÁFICO 5: Deslocamento em função da sessão lado direito. (Controle)	
GRÁFICO 6: Deslocamento em função da sessão lado esquerdo. (Irradiado)	
Paciente R. D. I.	75
GRÁFICO 7: Deslocamento em função da sessão lado direito. (Irradiado)	
GRÁFICO 8: Deslocamento em função da sessão lado esquerdo. (Controle)	
Paciente S. A. A. C.	79
GRÁFICO 9: Deslocamento em função da sessão lado direito. (Controle)	
GRÁFICO 10: Deslocamento em função da sessão lado esquerdo. (Irradiado)	
Paciente P. M. O.	83
GRÁFICO 11: Deslocamento em função da sessão lado direito. (Controle)	
GRÁFICO 12: Deslocamento em função da sessão lado esquerdo. (Irradiado)	
Paciente A. R. S. S.	87
GRÁFICO13: Deslocamento em função da sessão lado direito. (Controle)	
GRÁFICO 14: Deslocamento em função da sessão lado esquerdo. (Irradiado)	
Paciente C. M. S.	91

1. INTRODUÇÃO

A Ortodontia é a especialidade da Odontologia que visa ao tratamento da malposição dos dentes, do perfil facial, da função e estética dos maxilares. Ela é mais abrangente e mais complexa do que a própria palavra ortodontia a define: *orthus* do grego (direito, reto, posição) e *odontia* do grego (dos dentes).

Ao iniciarmos um tratamento ortodôntico devemos aplicar uma força ortodôntica para movimentar um dente ou um grupo de dentes. Quando se aplica esta força, um dos resultados mais desejáveis é a remodelagem óssea resultando um movimento dentário planejado, acompanhada pela remodelagem do ligamento periodontal (ou eventualmente recuperação), gengiva, nervos e vasos sangüíneos. Assim é atual e elevado o nosso interesse em conhecer o movimento ortodôntico e suas conseqüências, ou seja, devemos conhecer o máximo possível sobre os mecanismos que levam ao movimento dentário assim como os efeitos adversos resultantes das forças ortodônticas.

Normalmente, uma força aplicada movimenta o dente para a direção da linha de força, comprimindo o ligamento periodontal (LPD) e o osso alveolar dessa área e alongando o LPD no lado oposto da raiz. O resultado dessa compressão (força aplicada) no periodonto produz alterações na vascularização local, bem como a reorganização celular e matriz extracelular, levando à síntese e liberação de diversos mediadores inflamatórios, neurotransmissores, citocinas, fatores de crescimento e dos resultados da produção de ácido araquidônico^{54, 92}. Já que a remodelação tissular ao redor dos dentes é considerada essencial para que ocorra o movimento dentário, o movimento dentário induzido envolve um processo coordenado, principalmente de reabsorção e deposição óssea frente uma aplicação de força ortodôntica.

Após realizar um planejamento ortodôntico, quando diagnosticada certas deformidades dento-esqueléticas que comprometem o perfeito alinhamento e nivelamento dos arcos dentais, algumas alternativas para o tratamento

corroboram para instalação de aparelhos fixos e em algumas situações, se fazem necessário realizar extrações dos 1^{os} pré-molares. No entanto, um tratamento convencional pode ser muito longo e os pacientes, muitas vezes relatam dor durante alguns dias após as evoluções dos fios ortodônticos ou pelas ativações de molas ou elásticos.

Pensando nisso, alguns pesquisadores tentaram desenvolver métodos para aumentar a velocidade de movimentação dental, a fim de se reduzir o tempo de tratamento ortodôntico^{12, 16, 33, 39, 62, 79, 101, 114, 119-122}. Quando os pacientes sentem dor durante o tratamento ortodôntico, os ortodontistas, por sua vez, frequentemente sugerem aos pacientes que tomem algum analgésico ou anti-inflamatório após as consultas^{4, 7, 9, 11, 17, 27, 49, 53, 72, 77}.

Atualmente, é crescente a quantidade de artigos que demonstram o uso do laser de baixa potência como ferramenta auxiliar no tratamento ortodôntico, para promover aumento da velocidade de movimentação dentária^{21, 24, 48, 50, 113, 120} e também o alívio da dor^{21, 25, 44, 57, 87, 97, 106, 120}.

A laserterapia demonstra ser uma técnica eficaz, pois interage diretamente em células e tecidos, além de não ser invasiva. Faz-se uso do laser no comprimento de onda do vermelho ou do infravermelho e em baixa potência, promovendo efeitos biológicos e não térmicos no tecido-alvo. Sua energia luminosa é depositada nos tecidos produzindo efeitos que estimulam a liberação de substâncias como histamina, serotonina e bradicinina, ativa a produção de ácido araquidônico e transforma as prostaglandinas em prostaciclina. A modulação celular através da laserterapia está diretamente relacionada com o aumento da síntese protéica. O aumento na produção de ATP mitocondrial acelera as mitoses, atua no reequilíbrio do potencial de membrana, melhora a reparação tecidual, estimula a reparação óssea, equilibra a produção de fibroblastos, com normalização no depósito de fibras colágenas e elásticas no tecido em reparação, aumenta a circulação, melhorando a ação antiinflamatória e a cicatrização dos tecidos⁴⁶.

Com isto, a proposta desse presente estudo é analisar o efeito da fototerapia com laser de baixa potência na movimentação dentária e os seus efeitos analgésicos durante o tratamento ortodôntico.

2. OBJETIVOS

- Avaliar o efeito da fototerapia com laser de diodo de baixa potência (780nm) na movimentação ortodôntica de caninos superiores, assim como analgesia frente as forças ortodônticas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

*“Se, por um lado o ortodontista deve estar atento ao diagnóstico do caso clínico, determinando **O QUE FAZER** para harmonizar a relação entre os dentes, ossos, tecidos moles e funções musculares, somente aquele profissional que conhece profundamente os processos de reações teciduais resultantes da terapia, assim como os princípios mecânicos que regem a movimentação dentária poderá definir com precisão **COMO FAZER**”¹⁰⁸.*

3.1. ORTODONTIA

3.1.1. *Estrutura e Função do Ligamento Periodontal (LPD)*

Os dentes humanos estão ligados aos maxilares por uma articulação distinta de todas as outras encontradas no organismo, a articulação dento-alveolar. Essa junção é promovida pelo periodonto de inserção representado por cimento, ligamento periodontal e osso alveolar.

O cimento é pouco vascularizado e pouco modificado pelos estímulos da função mastigatória ou por cargas de tensão e pressão, sendo assim, menos reativo às forças ortodônticas. Enquanto isso, o ligamento periodontal, em circunstâncias normais, ocupa um espaço de aproximadamente 0,5 mm de espessura em volta de toda a raiz, é o responsável pela articulação dentária e ocupa o espaço entre a parede do alvéolo e o cimento. É constituído principalmente por fibras colágenas inseridas entre o cimento da superfície radicular e a parede óssea relativamente densa, a lâmina dura. Além das fibras colágenas, existem outros elementos que constituem a fixação do ligamento

periodontal, vasos sanguíneos, elementos celulares (células mesenquimais de vários tipos), terminações nervosas e fluido intersticial.

Os vasos sanguíneos são responsáveis pela nutrição do ligamento periodontal, bem como servirão de via de acesso para as células mesenquimais e as suas descendentes, os fibroblastos e osteoblastos, responsáveis pela remodelação dos ligamentos e do osso cortical, respectivamente. As terminações nervosas ali existentes transmitirão as sensações de pressão e proprioceptividade. Já as fibras periodontais e o fluido intersticial formam, em conjunto, um eficiente sistema amortizador e dissipador das forças fisiológicas aplicadas por um breve intervalo de tempo durante as funções oclusais. O terceiro e último componente do periodonto de inserção é osso alveolar, que pode ser dividido em duas partes: porção fasciculada (lâmina dura) que reveste a superfície interna do alvéolo, e porção lamelar (osso esponjoso).^{80, 108}

3.1.2. Conceitos sobre as Reações Tissulares relacionadas à Ortodontia

Após o primeiro estudo sobre a movimentação dentária induzida ortodonticamente (SANDSTEDT, 1904, 1905), realizado há mais de 100 anos, muitos progressos aconteceram. As pesquisas de SANDSTEDT mostraram que, com a utilização de forças pesadas, ocorria aposição óssea nas áreas de tensão e reabsorção óssea, à distância, nas áreas de pressão. Hoje em dia, pesquisas de base biológica sobre movimentação dentária tem proporcionado uma visão detalhada sobre as moléculas, as células e as reações dos tecidos frente à aplicação de forças ortodônticas. Esses estudos delinearam a seqüência de eventos que ocorrem como parte do processo de movimentação dentária e, que são de suma importância no processo inicial, na manutenção e quando cessam o movimento dentário.^{90, 91}

O movimento dentário fisiológico é, primariamente, um leve movimento de inclinação experimentado pelo dente durante a função mastigatória e,

secundariamente, o movimento do dente de jovens durante e após a erupção ⁷⁷. O periodonto de inserção exerce importante papel na estabilização do dente durante os esforços funcionais de mastigação. Quando o período de aplicação de força for de curta duração, não resultando assim em movimento dentário, o processo ocorre da seguinte maneira: a força é aplicada sobre o dente, este desloca-se no interior do espaço alveolar, o que provoca o estiramento de algumas fibras periodontais e a compressão de outras. Simultaneamente o fluido que preenche os espaços entre as fibras também é comprimido contra as paredes ósseas. Como a sua drenagem para fora do alvéolo é lenta, o líquido exerce uma resistência hidráulica ao movimento dentário. Fibras periodontais e fluido intersticial agirão em conjunto se contrapondo às cargas aplicadas sobre o dente, devolvendo-o a posição original. ¹⁰⁸

O processo de movimentação dentária ortodonticamente induzida combina respostas fisiológicas e patológicas, causando um dano mínimo e/ou um dano reversível aos tecidos adjacentes ao dente submetido às forças ortodônticas. As mudanças no interior do espaço periodontal passam pela mesma sequência, no entanto, a recuperação dos tecidos se faz de maneira mais demorada, situando-se aí a maior diferença entre movimento fisiológico e movimento ortodôntico ⁷⁷. O aspecto clínico consiste em 3 fases: a inicial, deslocamento instantâneo inicial; o período de demora, onde não há movimento visível; e o período de movimento dentário linear. A aplicação de forças gera áreas de pressão e de tensão nos tecidos de suporte adjacentes ao dente movimentado. ¹¹²

O processo de movimentação dentária ortodonticamente induzida combina respostas fisiológicas e patológicas, causando um dano mínimo e/ou um dano reversível aos tecidos adjacentes ao dente submetido às forças ortodônticas ⁷³. Os mecanismos de controle biológico tem início com o estímulo da aplicação de força, desencadeando um processo onde o osso alveolar se flexiona e se dobra e os tecidos do periodonto se remodelam, e finalizando o processo com o movimento dentário ⁶⁴. Os dois elementos de controle biológico possíveis que desencadeiam a sequência de movimentação dentária ortodôntica, são a eletricidade biológica ou piezeletricidade, que relaciona o movimento dentário controlado por sinais elétricos produzidos quando o osso é flexionado ou dobrado,

num primeiro momento; e logo após, a pressão-tensão, o fluxo sanguíneo reduz onde o ligamento periodontal é comprimido, enquanto aumenta onde o ligamento está sob tensão, alterando certamente o diâmetro dos vasos sanguíneos no espaço periodontal, e por consequência alterando também o fluxo sanguíneo. Após a alteração do fluxo sanguíneo, produzida por pressão contínua, comprimindo o ligamento em algumas áreas enquanto tensiona em outras, criam rapidamente mudanças no ambiente químico, nos níveis de oxigênio e na proporção de metabólitos, gerando então, uma mudança na posição do dente no espaço periodontal. Essa teoria baseia-se mais na química do que nos sinais elétricos como estímulo para a diferenciação celular ⁸⁰.

O LPD desempenha um papel fundamental para desencadear todo o processo de movimentação dentária. Um exemplo, citado por WISE & KING ¹¹², diz que um dente anquilosado ou um implante protético demonstram a importância do LPD durante o processo de movimentação dentária. Dente anquilosado tem focos de lesões caracterizados por pontes ósseas que eliminam o LPD dessas áreas. Da mesma forma, implantes recentemente colocados ou osseointegrados não possuem LPD. Em ambos os casos, não há uma resposta de movimentação dentária frente a uma força ortodôntica, ou seja, não se pode reposicionar um dente anquilosado ou um implante de sua posição original para uma outra no arco dentário.

MELSEN ⁶⁶, em 2001, em uma pesquisa histológica, demonstrou sua teoria sobre os lados de pressão e de tensão durante a remodelação óssea. Os eventos biológicos no lado de pressão são os seguintes: alteração no fluxo sanguíneo no lado de compressão do ligamento periodontal, morte celular na área comprimida do ligamento periodontal (hialinização), reabsorção do tecido hialinizado por macrófagos, e reabsorção óssea pelos osteoclastos adjacente ao tecido hialinizado, resultando finalmente no movimento dentário. No lado de tensão, o fluxo sanguíneo é ativado quando o ligamento periodontal é esticado, o que promove a ação dos osteoblastos e ocorre a deposição de osteóide e a sua mineralização.

O tratamento ortodôntico é baseado no princípio de que, se uma pressão prolongada é aplicada a um dente, ocorrerá movimento dentário à medida que ocorre a remodelação do osso alveolar ao redor do mesmo. O osso é seletivamente removido em algumas áreas e adicionado em outras. Na essência, o dente se move através do osso, carregando os tecidos de sustentação consigo, como se a cavidade (alvéolo) onde o dente se insere migrasse ⁸⁰. O processo pelo qual um estímulo físico se transforma em resposta celular chama-se mecanotransdução, desencadeia uma sequência de eventos biológicos, resultando em reabsorção e à aposição óssea ⁸¹.

A eficiência das ações dos osteoblastos e dos osteoclastos na remodelação óssea é o principal evento para ocorrer o movimento dentário induzido ortodonticamente ²⁵. As reações tissulares relacionadas à ortodontia indicam a ocorrência de trocas histológicas e modificações no ligamento periodontal, no osso alveolar, no tecido mole adjacente ao processo alveolar, e também no espaço percorrido pelo dente que foi movimentado em torno do dente que estão sendo deslocados ⁷³.

Segundo ISAACSON *et al.* ⁴⁰, quando o dente se movimenta pelo estresse da mastigação, ou pela administração de uma força ortodôntica, o osso alveolar gera correntes iônicas (eletricidade). Esse evento é chamado de efeito piezoelétrico, e é de fundamental importância no desencadeamento da seqüência de alterações teciduais no movimento ortodôntico ⁴⁰.

ANDREW e BASSET ² definiram a piezeletricidade como sendo a eletricidade resultante da pressão nos cristais minerais. Esse fenômeno tem importância crescente em pesquisas de tecidos mineralizados. Segundo os autores a energia mecânica gasta nessas estruturas pode produzir potenciais elétricos de magnitude suficiente para exercer uma ampla variedade de efeitos nos sistemas vivos. Esses incluem, teoricamente, controle da nutrição celular, controle do pH local, ativação ou supressão enzimática, orientação de macro moléculas intra e extra-celular, atividade de migração e proliferação das células, capacidade sintética e funções específicas das células, constrição e permeabilidade da membrana celular e transferência de energia.

MARINO *et al.*⁶³ relataram que o mineral ósseo por si só não contribui para o efeito piezométrico no osso, recebendo as fibras colágenas a maior responsabilidade pela piezoelectricidade. Para MOSTAFA *et al.*⁷⁰ a conversão da resposta piezométrica na atividade bioquímica proporciona o componente direcional do movimento ortodôntico.

Baseado nesses conceitos, COCHRAN *et al.*¹⁵ aceitaram a hipótese de que forças intermitentes geram potenciais elétricos durante a mastigação e a deglutição. Os autores acreditaram que estes fatores estariam presentes também no tratamento ortodôntico e poderiam variar com a mudança da magnitude e direção das forças aplicadas. Então, esse fenômeno parecia afetar a amplitude da voltagem e a polaridade em seus experimentos e também poderia estar relacionado a algumas das mecânicas introduzidas por procedimentos ortodônticos.

3.1.3. A movimentação ortodôntica, sequência de eventos

A movimentação ortodôntica somente é possível devido à propriedade plástica do osso, adaptando-se as forças funcionais que sobre ele se manifestam. Ele reage de forma a depositar tecido ósseo nas áreas submetidas às forças de tração e reabsorver nas áreas onde há pressão.

A sequência de eventos que decorrem da aplicação de uma força ortodôntica contínua produz o deslocamento horizontal de um dente. Normalmente, uma força aplicada movimenta o dente para a direção da linha de força, comprimindo o ligamento periodontal (LPD) e o osso alveolar dessa área é alongando no lado oposto da raiz. O resultado dessa compressão (força aplicada) no periodonto gera sinais elétricos (piezoelectricidade), que podem desencadear o movimento dentário e, por conseguinte, produzem alterações na vascularização local, bem como a reorganização celular e matriz extra-celular, levando à síntese e liberação de diversos mediadores inflamatórios, neurotransmissores, citocinas,

fatores de crescimento e produtos do ácido araquidônico^{52, 92}. Essa série de eventos faz parte de todo o processo de movimentação dentária que geram respostas celulares frente a estes estímulos, e provocam reabsorção e aposição óssea⁸¹.

Nas primeiras frações de segundos (3-5 segundos), quando uma força leve, mas prolongada, é aplicada a um dente, o fluxo sanguíneo através do ligamento periodontal é parcialmente comprimido e diminui tão logo o fluido é enviado para fora do espaço periodontal, a força tenta deslocar a raiz dentária contra o alvéolo, mas é impedida pelas fibras periodontais e pelo efeito hidráulico do fluido intersticial. Neste momento a carga é transferida para o osso alveolar, gerando nesse osso o chamado efeito piezoelétrico. O fluxo de elétrons se desloca na grade espacial cristalina sofrendo uma deformação. Esse fluxo cessa imediatamente, mesmo que a força seja mantida, e novo efeito elétrico surgirá assim que a carga for retirada. Esse novo fluxo de elétrons ocorrerá em sentido oposto ao primeiro. Alguns autores supõe que o efeito piezoelétrico tem influência nos processos de movimentação dentária, visto que campos elétricos alteram a permeabilidade da membrana celular^{80, 108}.

Alguns minutos após ocorre o evento inflamatório inicial nas áreas de pressão, pela força ortodôntica, é causada pela constrição da microvascularização do ligamento periodontal, resultando em focos de necrose (hialinização), e pela hiperemia (aumento na vascularização local) compensatória do ligamento periodontal adjacente e na polpa dentária^{55, 71}.

Como as células estão em situação de hipoxia (compressão mecânica ou hiperfunção), há uma liberação excessiva de mediadores químicos e só exercem a sua função mediante a liberação destas substâncias que interagem com os receptores de outra célula, transmitindo a mensagem sequencialmente, sendo então, responsáveis pela intercomunicação celular. Os mediadores químicos são moléculas produzidas em enorme quantidade e em curto período de tempo, são metabolizados rapidamente, e requerem constante formação para manutenção dos fenômenos induzidos⁸¹.

Algumas hora depois, mudanças metabólicas ocorrem em decorrência da liberação dos mediadores químicos, das regulações sistêmicas por hormônios e de fatores locais como os de crescimento para o fibroblasto (FGF), de crescimento insulina-like (IGF), citocinas como interleucina 1 α e β (IL), que exercem efeitos sobre a replicação de células indiferenciadas, há um aumento da permeabilidade vascular e formação de exsudato e de infiltrado inflamatórios. Neste processo, o mecanismo de reabsorção óssea durante o movimento ortodôntico envolve uma série de etapas direcionadas para a remoção dos constituintes minerais e orgânicos da matriz óssea pelos osteoclastos, auxiliados pelos osteoblastos³⁷.

Para se entender melhor o que são as citocinas e quais suas funções durante esta fase do processo de remodelação tissular, cabem aqui algumas elucidações mais detalhadas. Citocinas representam uma das mais significantes moléculas de proteína responsáveis pela conectividade entre os tecidos. Esses mediadores são responsáveis por recepcionar antígenos exógenos nas respostas imunológicas, além de serem produzidos pela conectividade de células tissulares com os fibroblastos e osteoblastos, e estão envolvidas nos processos fisiológicos de “turnover” ósseo e também na remodelação óssea, como nos casos de movimentação dentária ortodôntica. As citocinas são produzidas pelas células para regular ou modificar a ação de outras células de forma autócrina (capaz de agir sobre as próprias células que o produzem) ou parácrina (quando ele age em células vizinhas às que o produzem). As interleucinas (ILs), fatores de tumor de necrose (TNFs), interferonas, fatores de crescimento e fatores estimuladores de colonização, são alguns exemplos de citocinas presentes nesse processo⁶⁴.

Todo o processo envolve interações entre osteoblastos e osteoclastos, hormônios sistêmicos, citocinas e fatores de crescimento. Hormônios sistêmicos e estímulos mecânicos influenciam o processo através da habilidade de controlar a síntese e/ou a ação das citocinas. Os osteoblastos, que são as células formadoras de matriz óssea, desempenham uma crucial para a remodelação óssea, Quando o osso se remodela, ocorre uma discreta produção de citocinas através dos osteoblastos que regulam ou modificam a ação de outros tipos de células no osso. A primeira citocina a surgir desempenhando o “turnover” ósseo é

a IL-1, ativando os linfócitos que também promovem um potente agente de reabsorção óssea^{32, 35}. Quase simultaneamente, surgem as TNFs para estimular a reabsorção óssea e inibir a formação de osso⁸.

A proliferação e a ação dos osteoblastos dependem da presença de osteoblastos e células estromais. Para isso, ocorre uma sinalização, através de uma proteína presente na superfície celular, a RANKL (que pertence a membrana, associada à família TNF), das células estromais e das células migrantes, os osteoblastos ativam essas células percussoras (mesenquimais) a se diferenciarem em osteoclastos. Então, as expressões de RANKL estimulam e regulam a reabsorção óssea através das células estromais e dos osteoblastos, pelo RANK, que é uma outra proteína receptora presente na membrana dos osteoclastos⁶⁴. O hormônio da paratireóide (PTH) e outros hormônios sistêmicos, algumas citocinas, como IL-1, TNF- α , IL-6, e a proteína osteoprotegerina (OPG), também produzida pela presença conjunta de osteoblastos e células do estroma, agem ao mesmo tempo como inibidor da ação dos osteoclastos por causa da competição com o RANKL para interagir com o receptor RANK presente na membrana do osteoclasto¹⁰⁴. Provavelmente o RANKL e o OPG são produzidos pelos fibroblastos do ligamento periodontal e pelos osteoblastos, que desempenham um importante papel na regulação do processo de “turnover” e de reabsorção óssea durante a movimentação dentária ortodôntica⁶⁴.

Reforçando a teoria de GOWEN *et al.*³² e HEATH *et al.*³⁵, GARCIA-LOPEZ *et al.*²⁸, em 2005, estudaram as expressões de IL-10 e IL-12 (duas citocinas que inibem a formação de osteoclastos) *in vitro*. Elas estavam presentes após 2 horas de aplicação de tração intermitente em osteoblastos de ratos. Enquanto a síntese de IL-10 diminuía (também suprimindo a diferenciação de osteoblastos), a síntese de IL-12 aumentava, sendo este o primeiro evento da resposta dos osteoblastos à osteogênese.

Em torno de dois dias após a aplicação da força, as modificações locais permitem que os osteoclastos e os osteoblastos iniciem os processos de remodelação óssea, com aposição no lado onde há tensão das fibras periodontais e reabsorção na face óssea comprimida pelos ligamentos. Lentamente o alvéolo

se desloca no sentido da aplicação da força, com conseqüente movimento ortodôntico. Nesta fase já é possível notar clinicamente o movimento dentário.

3.1.4. Força e Tipos de Movimento Dentário

Forças leves ou forças pesadas são termos comumente utilizados na comunidade ortodôntica. Existe uma relação entre os sistemas de forças ortodônticas com a subseqüente reação biológica dos tecidos adjacentes ao dente deslocado. É fundamental considerar, através do ponto de vista biológico, o emprego apropriado dos níveis de força ortodôntica sobre o dente ⁶⁷.

Segundo PROFFIT ⁸⁰, a resposta à aplicação de força contra os dentes depende da magnitude de força. Forças pesadas levam ao rápido desenvolvimento de dor, necrose dos elementos celulares no ligamento periodontal e o fenômeno da reabsorção solapante do osso alveolar próximos ao dente afetado. Forças mais leves são compatíveis a sobrevivência das células do ligamento periodontal e com uma remodelação alveolar com relativamente menor dor e reabsorção frontal do alvéolo dentário. Na prática ortodôntica, o objetivo é produzir movimento dentário o máximo possível, por reabsorção frontal, lembrando que em algumas áreas do ligamento periodontal haverá provavelmente necrose e reabsorção solapante, apesar dos esforços para preveni-las.

Quando se aplica uma força moderada de 150 gramas em um canino saudável, o mesmo pode ser movimentado 1mm até o final da ativação (até que a mola perca essa força) ⁸³. Utilizando a média de 150 gramas de força durante as mecânicas, os caninos podem ser distalizados a uma velocidade média entre 0,87 a 1,27 mm por mês ^{41, 42}. Araújo *et al.*³ explicou que força ótima para a movimentação dentária ortodôntica é aquela que estimula a atividade celular sem ocluir completamente os vasos sanguíneos. A resposta do ligamento periodontal é determinada não somente pela força, mas também pela distribuição da pressão produzida pela força aplicada por unidade de área radicular. Ou seja, forças contínuas e metabólicas promovem uma resposta ortodôntica ideal.

GONZALES *et al.*³¹ realizaram um estudo em ratos aplicando de 10, 25, 50 e 100 gramas para mesializar com uma mola fechada de NiTi, os 1^{os} molares superiores em ratos durante 3, 14 e 28 dias, para testar a hipótese de que não há diferença entre forças moderadas e contínuas com as forças muito pesadas nas reabsorções radiculares ao longo do deslocamento dentário. Após os dias de ativação, as crateras de reabsorção radiculares foram mensuradas por um “Scanner de Microscopia Eletrônica” e por um “Scanner Tridimensional Laser”. Os autores descobriram que o grupo dos molares que foram mesializados com a força leve de 10g produziram um maior deslocamento, enquanto que os outros grupos com 25, 50 e 100g de força, produziram uma reabsorção radicular considerável e um mínimo deslocamento.

O nível de força ótima tem que ser suficiente para realizar o movimento dentário, estimulando a atividade celular sem ocluir completamente os vasos sanguíneos do ligamento periodontal. Tanto a quantidade de força liberada em um dente quanto a área do ligamento sobre a qual a força será distribuída são importantes para determinar o efeito biológico⁸⁰.

A duração da força é outro aspecto importante, relacionado com a magnitude de força, que varia à medida que o dente se movimenta, ou seja, a interação entre a magnitude de força e a velocidade de seu declínio à medida que o dente se move. Infelizmente, apenas na teoria seria possível fazer uma mola perfeita, aquela que liberaria uma mesma força contínua todos os dias, independente da quantidade de movimento dentário resultante daquela força. Na realidade algum declínio da magnitude da força (decomposição da força) é notado mesmo com o melhor desenho de mola após o dente ter se movido a uma curta distância, mesmo sabendo que com as molas de NiTi existe um declínio significativamente menor⁸⁰.

Como definição, força contínua, é a força mantida a um nível considerável, mantendo um movimento do dente relativamente uniforme, resultante da reabsorção frontal, de uma consulta para outra, se esta for bem leve. No entanto, se a força contínua for intensa, o movimento dentário será lento até que a reabsorção solapante possa remover o osso necessário para permitir o

movimento dentário. Nesse momento o dente mudará de posição rapidamente, e a força constante pressionará novamente os tecidos, impedindo a reparação do LPD, criando a necessidade de mais reabsorção solapante, e assim por diante. Dessa forma, a força contínua pesada poderá ser muito destrutiva tanto para as estruturas periodontais, como para o próprio dente ⁸⁰.

A força intermitente, o declínio dos níveis de força pode cair até zero, o dente se move somente por uma curta distância, entre as ativações. Se a força inicial for relativamente suave, o dente se deslocará para o pequeno espaço após a reabsorção frontal e permanecerá nessa posição até que o aparelho seja novamente ativado. Se a força for suficientemente alta, o dente se deslocará até quando uma reabsorção solapante se completar, diminuindo a força até zero, e o dente se manterá nessa posição até a próxima ativação. Mesmo a força sendo pesada, há um período de regeneração e reparação do LDP antes da força ser aplicada novamente ⁸⁰.

Além do conceito da aplicação de força pesada versus força leve, continuidade e constância da força, devemos considerar também o conhecimento das forças corretas para se aplicar na região coronal para controlar a posição da raiz. Esses conhecimentos surgirão apenas por meio da compreensão da resposta biológica às pressões no ligamento periodontal e sua relação às forças aplicadas sobre a coroa. Afinal, a maioria das técnicas ortodônticas utiliza a coroa do dente apenas, como instrumento com o qual transmitimos forças ao ligamento periodontal. As respostas para tentar solucionar esse problema, devem ser consideradas apenas como aproximações simplificadas. Para qualquer forma radicular, há um ponto, que se chama centro de resistência, onde a aplicação de uma única força causará a simples translação da raiz sem rotação ou verticalização ⁶.

Partindo deste princípio, a forma mais simples de movimento dentário é a inclinação, ou rotação. Esse tipo de movimento é promovido por forças que não agem no centro de resistência. Imaginemos uma força sendo aplicada a um corpo livre e não agir através do seu centro de resistência, ela causa sua rotação. Rotação, por definição é o movimento de um corpo onde não há dois pontos do

corpo que se movem na mesma quantidade e direção. As tendências de rotacionar são denominadas momentos, e aquelas resultantes de uma força que não agem através do centro de resistência são denominadas momento de força¹⁰.

Na ortodontia, o movimento dentário total resultante de forças que não agem através do centro de resistência é uma combinação de rotação e translação que ocorrem simultaneamente. Em outras, considera-se que o dente está rotacionando ao redor do centro de resistência, em quanto o centro de resistência está sofrendo translação simultânea na direção da linha da força. O movimento dentário resultante deve exibir rotação ao redor do centro de resistência e translação do centro de resistência na direção da linha de força¹⁰. Esses movimentos são produzidos quando uma força simples (por uma mola, por exemplo) é aplicada contra a coroa de um dente, girando-o em torno do seu centro de resistência, um ponto localizado aproximadamente no terço apical da raiz. Quando o dente gira dessa forma, o ligamento periodontal é comprimido próximo ao ápice radicular do mesmo lado da mola e na crista do osso alveolar do lado oposto. Por essa razão, forças usadas para inclinar dentes devem ser bastante baixas⁸⁰.

Se duas forças são aplicadas simultaneamente na coroa do dente, este poderia ser movido de corpo (translação), ou seja, o ápice radicular e a coroa se movem na mesma direção e na mesma proporção, comprimindo o ligamento periodontal total e uniformemente. Teoricamente, forças para produzir esse tipo de movimentação, produzindo uma resposta biológica em todo o ligamento periodontal deveria ser o dobro da força comparado com o movimento rotacional⁸⁰.

Para compreender melhor sobre as forças que agem no centro de resistência, devemos imaginar um dente como um corpo livre no espaço. Podemos considerar que este corpo livre tem um ponto no seu interior, no qual toda massa é centralizada. Qualquer força aplicada através desse centro de massa, em qualquer direção, faz com que todos os pontos do corpo se movam na mesma direção e na mesma quantidade que a linha de força. Quando todos os pontos de um corpo se movem na mesma quantidade e direção, o movimento é

denominado translação. Porém, um dente localizado na cavidade bucal não é um corpo livre, porque os tecidos periodontais de suporte o limitam. Esse centro de massa para um dente é denominado centro de resistência. Qualquer força que age através do centro de resistência de um dente causa a sua translação, na ortodontia também é chamado movimento de corpo ¹⁰.

3.1.5. Ancoragem Ortodôntica e seu controle

Uma retração absoluta dos incisivos é um problema em potencial, podendo deixá-los muito proeminentes por não se manter a adequada ancoragem posterior. Quando é necessária a máxima retração, é vital que a mecanoterapia ortodôntica forneça essa ancoragem. As técnicas para produzir a máxima retração combinam duas abordagens possíveis. A primeira é o reforço da ancoragem posterior por meios apropriados, que podem ser obtidas por forças extra-bucais, barras transpalatinas ou arcos linguais, elásticos intermaxilares e mini-implantes. A segunda abordagem envolve na diminuição da tensão na ancoragem posterior, que inclui qualquer procedimento para eliminar o atrito do sistema de retração, incluindo os incisivos antes de verticalizá-los ou retraindo os caninos separadamente ⁸⁰.

Um importante aspecto do tratamento ortodôntico é maximizar o movimento dentário desejado, enquanto se minimizam os efeitos colaterais indesejados. O ortodontista deseja que o aparelho ortodôntico produza certos movimentos dentários desejados, porém para cada ação, desejada, existe uma reação igual e oposta, e essas forças de reação podem mover outros dentes, muitas vezes, indesejadamente. Para isso, deve-se realizar um planejamento criterioso, e focar no controle de movimento dentário indesejável ⁸⁰.

Quando o ortodontista, após um planejamento constata que o paciente não possui espaço suficiente para um bom alinhamento e nivelamento dos arcos dentários, se faz necessário realizar exodontias dos 1^{os} pré-molares, e estas serão realizadas antes do início das distalizações dos caninos ³⁴. Neste momento

o ortodontista depara com um problema de difícil e variada solução: a retração dos caninos. Neste momento, o profissional pode encontrar diversas dificuldades de como evitar a rotação e inclinação das coroas durante a retração dos caninos. Porém a maior dificuldade é conseguir controlar a perda de ancoragem dos elementos dentais posteriores, deixando-os mesializar, ao mesmo tempo em que se distalizam os caninos.

O termo ancoragem, na sua aplicação ortodôntica, é definido como resistência ao movimento dentário indesejado. A ancoragem, então, é a resistência a forças de reação que são fornecidas por outros dentes, ou as vezes pelo palato, pela cabeça ou pescoço (via força extra-bucal), ou por implantes intra-ósseos⁸⁰.

Embora o conceito de implante de ancoragem temporária tenha sido descrito apenas recentemente, foi visionado inicialmente em 1945, por GAINSFORTH & HIGLEY²⁶, utilizando parafusos para movimentar dentes em cães. Os autores entenderam que *“...o dente escolhido para a ancoragem freqüentemente se move simultaneamente com os outros os quais o movimento é desejado, procurado... um método de ancoragem óssea basal”*. Infelizmente, durante sua pesquisa, todos os parafusos foram perdidos no prazo de 16 a 31 dias. Os autores não descreveram infecções; no entanto, as falhas devem ter sido em decorrência da falta de antibióticos específicos na época, bem como a dinâmica de carga sobre os parafusos.

Os primeiros relatos clínicos na literatura sobre o uso de sistemas de ancoragem temporária apareceram em 1983, quando CREEKMORE e EKLUND²⁰ decidiram utilizar um sistema mais confortável que os arcos extra-buciais e que não dependessem da colaboração do paciente. Foi utilizado um parafuso ósseo do tipo “vitallium” para tratar um paciente com “mordida profunda”. O parafuso foi inserido espinha nasal anterior para intruir e rotacionar os incisivos superiores por meio de elásticos presos ao parafuso. Porém, na época, não houve uma aceitação imediata da comunidade científica ligada a ortodontia dos primeiros procedimentos clínicos de sistemas de ancoragem temporária documentados.

As definições citadas por WISE & KING ¹¹², no tópico 1.1.2. *Conceitos sobre as Reações Tissulares relacionadas à Ortodontia*, sobre a importância do ligamento periodontal no mecanismo de ação da movimentação dentária, forneceram base científica aos ortodontistas para a ampla aceitação do mini-implante como dispositivo de ancoragem temporária.

O conceito de conservação da ancoragem ou de ancoragem absoluta foram considerados um mito durante muitos anos, ou melhor, por praticamente toda a existência da ortodontia, exceto pela anquilose, ou por um planejamento apropriado dos valores de força de ancoragem e que podem minimizar o deslize indesejável das unidades de ancoragem ⁶.

Classicamente a ortodontia disponibilizou durante décadas, e ainda utilizam diversos sistemas e dispositivos de reforço da ancoragem superior posterior. Pode-se utilizar força extra-bucal direcionada para posterior (arco extra-bucal), arco lingual fixo aos 1^{os} molares superiores (barra transpalatina ou botão de nance), contensor palatino removível, entre outros, porém todas as técnicas tradicionais de ancoragem ortodôntica intrabucal são dento-suportadas, portanto certa perda de ancoragem é inevitável. No entanto, os mini-parafusos podem servir como uma ancoragem estática para anular as forças ortodônticas anteriores reativas ¹⁰.

Como os mini-implantes são muito pequenos, são poucas as limitações anatômicas, podem ser inserido entre raízes dos dentes adjacentes no osso alveolar. O procedimento cirúrgico é muito simples e rápido, podendo ser efetuado pelo próprio ortodontista ¹⁰⁴, utilizando anestésico local inserindo-os diretamente através da gengiva, sem a necessidade de uma incisão e divulsão muco-periostal. Após sua colocação, o desconforto ao paciente é mínimo ou ausente ²³.

Como os mini-implantes são manufacturados em aço inoxidável, não necessitam promover osseointegração ²³, ou seja, os mini-implantes possuem um “design” apenas para retenção mecânica e não para osseointegração, podendo ser imediatamente carregados e podem produzir uma ancoragem suficiente para

retrair (distalizar) dentes anteriores^{18, 68, 75} com uma força entre 150 e 200 gramas^{60, 75}.

A ancoragem ideal ou absoluta, e temporária, promovida pelos mini-implantes é uma das principais vantagens em usá-lo durante as mecânicas, e se deve ao rosqueamento e fixação dos mini-parafusos em osso cortical e medular. Outra principal vantagem é a menor dependência de colaboração do paciente, diminuindo assim, a necessidade de aparatologias, como o arco extra-bucal, se tornando uma opção mais estética e confortável ao paciente e mais confiável e previsível ao ortodontista⁸⁸.

3.1.6. Dor na ortodontia

O corpo humano é capaz de informar ao sistema nervoso central a sua condição funcional. Isto é conseguido por meio da sensibilização de receptores somáticos chamados mecanorreceptores ou receptores sensíveis a estímulos de natureza mecânica como pressão, distensão, vibração, etc. Assim, quando esse tipo de receptor for excitado, como acontece, por exemplo, nas situações de estímulo ortodôntico a um ou vários dentes, pode-se surgir a imagem específica somestésica da sensação dolorosa³⁰.

Dor é uma resposta subjetiva, e que demonstra uma ampla variedade individual. A dor depende de diversos fatores, como idade, gênero, diferenças culturais, limiar de dor individual, experiências de dor no passado e magnitude de força aplicada. No tratamento ortodôntico, a sensação de dor descrita pelos pacientes, tanto no dente, como ao seu redor são respostas à ação mecânica promovida pelo aparelho ortodôntico nas áreas de pressão e tensão no ligamento periodontal. Os ortodontistas devem estar aptos a informar ao paciente os episódios mais importantes sobre o tratamento ortodôntico. Como a dor pode ser um dos efeitos colaterais que surge durante o tratamento ortodôntico, muitos clínicos, por sua vez, frequentemente sugerem a estes pacientes que tomem

algum analgésico ou anti-inflamatório após a consulta, se por ventura, sentirem dor ^{4, 7, 9, 11, 17, 27, 49, 53, 72, 77}.

A percepção da dor após a colocação do aparelho fixo, o desconforto do dia-a-dia e, por fim, o consumo de analgésicos são significativamente maiores em adolescentes do gênero feminino do que em adolescentes do gênero masculino. Pacientes menores que 13 anos de idade relatam significativamente menor dor do que os mais velhos, sendo que a maior frequência de dor encontra-se em grupos entre 13 e 16 anos de idade. Mesmo assim a intensidade de dor não diferencia muito entre as diferentes idades ⁹⁴.

O controle de dor durante o tratamento ortodôntico é um tópico de alta relevância e demonstra um grande interesse, tanto pelos clínicos, como pelos pacientes de eliminar as chances dela surgir, ou de pelo menos diminuir a sensação dolorosa após as ativações. Como a dor causa um enorme desconforto a muitos indivíduos, muitos deles ficam com receio em iniciar um tratamento ortodôntico por causa do medo de sentir dor. Pesquisas revelaram que em 95% dos pacientes, adultos ou crianças, relatam experiência de dor durante o tratamento ortodôntico ^{54, 94}. De acordo com KRISHNAN ⁵³, em sua revisão de literatura, todos os procedimentos ortodônticos, como colocação de separadores, evolução dos arcos, ativações dos dispositivos e procedimentos de descolagem dos brackets produzem dor aos pacientes. A sensação de dor produzida pelo aparelho fixo depende da magnitude de força aplicada sobre os dentes. Com isso, o conceito de forças leves produzindo movimento dentário, o mais fisiológico possível com menor sensação dolorosa possível, é um importante tópico a debater ⁵³.

Segundo FURSTMAN *et al.*²⁵, o ligamento periodontal é ricamente innervado, e os receptores de pressão estão localizados principalmente nos $\frac{2}{3}$ apicais da raiz. O aumento progressivo da pressão durante a movimentação dentária sugere uma inflamação no ápice e no terço médio pulpar. Isso usualmente aparece após a aplicação de forças ortodônticas e provavelmente também contribui com a dor. Os autores concluíram que a dor ocorre nos tecidos

adjacentes ao dente que está sendo movimentado ortodonticamente, e depende de uma combinação de fatores: pressão, isquemia, inflamação e edema.

De acordo com REITAN ⁸², a dor pode ser causada pela formação de zonas de hialinização devido ao resultado da compressão do ligamento periodontal. BURSTONE ¹⁴ notou dois tipos de dores, uma imediata e outra tardia. Dor imediata é aquela relatada logo após a colocação do arco, devido à compressão inicial do ligamento periodontal. Dor tardia é aquela que surge algumas horas depois da inserção ou ativação de dispositivos do aparelho, denominada de hiperalgesia (dor excessiva) do ligamento periodontal. Para reduzir a dor, o ideal é utilizar sempre forças leves durante os movimentos ortodônticos ⁸².

Como a dor e a inflamação possuem mediadores comuns, os anti-inflamatórios também funcionam como analgésicos e vice-versa. As drogas analgésicas são indicadas quando ocorre dor, ou seja, suas doses são aleatórias no tempo ou no máximo são distribuídas uniformemente, mas em curtos períodos de tempo. O efeito dos anti-inflamatórios requer mais tempo e dosagens regulares. Não é só o medicamento em si que determinará o efeito analgésico ou anti-inflamatório, e sim o tempo, a forma de administração e a sua posologia. Em condições experimentais, em pesquisas realizadas em animais, a dosagem é alta e o tempo propositadamente prolongado. Mesmo dentro dos níveis aplicados nas pesquisas clínicas em humanos, as interferências detectadas são muito importantes, mas nem sempre refletem diretamente o dia-a-dia da clínica ortodôntica ¹⁷.

Os anti-inflamatórios não-esteroidais (AINEs) são utilizadas pelos cirurgiões dentistas para se obter o controle da dor, de modo preventivo (antes do procedimento), ou após a intervenção. O controle da dor é um fator importante durante o tratamento ortodôntico, sabendo que o processo doloroso, pode muitas vezes ser desencadeado pela mecanoterapia, e as drogas anti-inflamatórias não-esteroidais (DAINEs) podem prevenir o surgimento ou, ao menos, controlar a sensação dolorosa no tratamento ortodôntico ⁵³.

O processo de inflamatório evolui por diversas fases durante as quais os agentes bioquímicos são liberados e, em seguida, secretados através das membranas celulares (relacionados pelo processo inflamatório). Alguns destes agentes são as prostaglandinas (PGs). Sabe-se que a síntese de prostaglandinas E₂ (PGE₂) é conhecida por ser o principal evento da inflamação. A produção de PGs somente é possível pela libertação dos seus antecedentes, apoiado pelos efeitos da cicloxigenase. De qualquer forma, DAINEs mostram os seus efeitos ao nível desta enzima, a fim de bloquear a síntese de PGs ⁸⁷.

Os AINEs inibem a síntese e a liberação das PGs, principalmente as enzimas ciclo-oxigenase de PGs 1 e 2 (COX-1 e COX-2), sendo então, uma opção viável no controle da dor após a consulta ortodôntica. Vários analgésicos tem uma capacidade diferente de inibir as PGs e essas diferenças podem afetar a movimentação dentária ⁴.

Na ortodontia a maior preocupação existente, é se os DAINEs podem interferir no processo inflamatório que ocorre durante a movimentação dentária, pois, após aplicação de força, a liberação de PGEs (primeiros mediadores químicos do processo inflamatório), podem ser inibidos pelos AINEs causando um atraso na movimentação ortodôntica ^{4, 53}. Segundo KRISHNAN ⁵³, em sua revisão de literatura, pequenas doses administradas por um ou dois dias nos estágio iniciais não afetaria tanto a movimentação ortodôntica.

BRADLEY *et al.* ¹¹ acreditam na existência de um consentimento universal entre os ortodontistas: a administração de analgésicos para o alívio da dor, sendo que os mais recomendados são as DAINEs paracetamol e ibuprofeno. No entanto, em sua pesquisa clínica, após o tratamento com ibuprofeno e paracetamol, antes e após os procedimentos ortodônticos em 159 pacientes, constataram que o ibuprofeno possui um efeito analgésico mais eficaz que o paracetamol. Porém, o Ibuprofeno pode interferir na síntese de PGs. Os autores observaram então, que o paracetamol, além de promover alívio da dor, também causa mínimos efeitos colaterais ao movimento dentário, com isso não interfere no tempo de tratamento ortodôntico. Isto provavelmente acontece porque o

paracetamol é um inibidor periférico muito fraco da síntese de PGs, que inibe o COX-3.

ARIAS e MARQUEZ-OROZCO ⁴ realizaram um estudo histológico em ratos para mensurar histologicamente os efeitos diretos das DAINEs, como o ácido acetil-salicílico, o ibuprofeno e o paracetamol, sobre os dentes movimentados experimentalmente. Foram observados poucos osteoclastos na área de pressão do grupo dos incisivos movimentados tratados com aspirina e ibuprofeno, comparado com o grupo controle e com o grupo tratado com paracetamol. Isso ocorreu, provavelmente, porque os dois primeiros analgésicos inibem a produção e o desenvolvimento de PGs, que por sua vez estimulam a ativação dos osteoclastos.

Quando não existem osteoclastos suficientes, a reabsorção óssea também reduz; conseqüentemente reduzindo também a média de movimentação ortodôntica. Como o paracetamol age no sistema nervoso central inibindo apenas a secreção periférica de PGs, isso poderia ser a explicação para justificar a presença equivalente de osteoclastos na área de pressão dos incisivos que foram movimentados, tanto no grupo controle, como no grupo tratado com paracetamol, concluindo-se que o uso do paracetamol não interfere no tratamento ortodôntico. De acordo com a hipótese sugerida pelos autores, o paracetamol, na prática clínica, poderia ser administrado aos pacientes em caso de dor ortodôntica ⁴.

KEHOE *et al.* ⁴⁹, em seu estudo histológico em porcos, avaliaram os efeitos do paracetamol e ibuprofeno na síntese de PGEs. Este estudo demonstrou que o ibuprofeno diminuiu significativamente a produção de PGE₂ no ligamento periodontal, e conseqüentemente, diminuindo a taxa de movimentação dentária. Por outro lado, o paracetamol teve um efeito inibitório na produção periférica de PG na região do ligamento periodontal, comparando com o grupo controle, não diminuindo a taxa de movimentação dentária.

BIRD *et al.* ⁹ realizaram um trabalho clínico para comparar a utilização de paracetamol e ibuprofeno para se avaliar o alívio da dor em um tratamento ortodôntico, administrado-os, em uma única dose, antes da intervenção

ortodôntica. Os dois medicamentos produziram alívio da dor nas 2 ou 3 horas após a intervenção, sem diferença significativa entre eles, e sendo ambos indicados para ortodontia.

POLAT e KARAMAN ⁷⁷ realizaram um estudo clínico para investigar os efeitos analgésicos de DAINES sobre dor produzida durante o tratamento ortodôntico em 150 pacientes, que foram divididos em grupos tratados com ibuprofeno, flurbiprofeno, paracetamol, naproxeno sódico, aspirina e placebo. De acordo com os autores, todos os analgésicos produziram o efeito desejado de alívio da dor, porém, considerando os possíveis efeitos colaterais que encontraram na literatura, o mais indicado poderia ser o paracetamol.

GARMEIRO *et al.* ²⁷ estudaram se o uso de outra DAINE, o celecoxibe, durante o tratamento ortodôntico, causariam o alívio da dor sem influenciar a movimentação ortodôntica em dentes de ratos. Tanto no grupo controle, como no experimental, nos cortes histológicos, não houve diferença no número de osteoclastos encontrados, porém, o tempo clínico de deslocamento dos dentes do grupo tratado com celecoxibe foi significativamente maior do que a percorrida pelos dentes do grupo controle.

3.1.7. Aceleração na movimentação Dentária

Neste tópico serão apresentados alguns estudos que visam estimular a remodelação óssea, a fim de se abreviar o tempo de tratamento ortodôntico.

TWEEDLE e BUNDY, em 1965 ¹⁰⁷, investigaram em coelhos os efeitos da aplicação de hiperemia local associada com a movimentação lateral de incisivos superiores. O calor localmente aplicado (utilizando pequenas placas de metal, vitallium, colocadas entre o perióstio e o osso alveolar) resultou em um aumento na taxa de movimentação dentária, como observado clinicamente na separação dos incisivos superiores dos coelhos. Histologicamente foram observadas maior atividade de remodelação do ligamento periodontal e do osso alveolar.

PIETRO *et al.*⁷⁹ avaliaram o efeito da aplicação terapêutica do ultra-som no movimento dentário induzido ortodonticamente. A aplicação de estimulação ultra-sônica teve efeito localizado sobre o osso alveolar. O periodonto de sustentação dos cães que receberam estimulação ultrassônica associada à mecânica ortodôntica demonstrou resposta tecidual diferente daquela encontrada nos cães que apenas receberam a mecânica ortodôntica. Os autores concluíram que: a exposição ao ultra-som acelerou o processo de reparação tecidual e possibilitou uma resposta tecidual mais rápida, aumentou a vascularização e a neoformação celular e contribuiu para uma disposição mais organizada das fibras colágenas, e para finalizar, ocorreu uma predominância de atividade osteoblástica nos animais do grupo experimental.

IINO *et al.*³⁹, realizaram um estudo em cachorros para avaliar os efeitos da corticotomia no aumento da velocidade de movimentação ortodôntica e observar a reação do osso alveolar, por meio de cortes histológicos frente a essa técnica. Corticotomia é uma técnica onde, após se realizar uma incisão por vestibular e por lingual, se faz um corte horizontal no osso alveolar além do ápice radicular, e mais dois cortes verticais, um na distal e outro na mesial nas cristas alveolares. Os autores observaram que os molares do grupo experimental realizaram uma movimentação dentária muito mais veloz, e o tecido ósseo e periodontal realizaram uma remodelação muito mais rápida comparados com o grupo controle.

YAMASAKI *et al.*^{116, 117} sugerem que a administração local de prostaglandina associada à movimentação dentária induz à mais rápida remodelação óssea e ao aumento da velocidade do movimento dentário, sem causar danos aos tecidos periodontais ao redor do dente.

As prostaglandinas (PGs) agem como mediadores bioquímicos no processo de reabsorção óssea durante a movimentação dentária aumentando o número de osteoclastos^{118, 119}. Baseados nessa informação, YAMASAKI *et al.*¹¹⁸, administraram localmente, prostaglandinas (PGE1 ou PGE2) em macacos. A injeção das PGs foi realizada na porção distal da gengiva próximo aos caninos. Os autores conseguiram quase o dobro da taxa de movimentação dentária, por

causa da maior ação dos osteoclastos, aumentando a taxa de remodelação óssea durante a movimentação dentária.

Osteocalcina (OC) é uma matriz de proteína não-colágena mais abundante no osso, e é sintetizada pelos osteoblastos, e utilizada como um marcador bioquímico da formação óssea. HASHIMOTO *et al.*³³, realizaram um estudo experimental em ratos para avaliar o efeito da osteocalcina durante o movimento dentário. Os molares superiores foram mesializados por meio de molas fechadas e ancoradas nos incisivos. Os autores observaram que a injeção de osteocalcina promoveu um aumento da velocidade de movimentação dentária.

Com relação à influência do hormônio da paratireóide (PTH), na movimentação dentária induzida, SOMA *et al.*¹⁰¹ comprovaram que, injetando localmente o PTH na área de atuação do aparelho ortodôntico, os 1^{os} molares superiores de ratos moveram-se significativamente para mesial, Os autores concluíram que o PTH liberado localmente e continuamente durante o movimento ortodôntico apresenta perspectiva terapêutica.

Os metabólitos ativos da vitamina D representam os únicos hormônios conhecidos que controlam a absorção de cálcio, que ocorre, primariamente, no duodeno e no jejuno. Em relação à utilização destes metabólitos no controle da movimentação dentária induzida. COLLINS E SINCLAIR¹⁶ demonstraram que injeção do metabólito 1,25-diidroxicolecalciferol (1,25D) da vitamina D aumenta o grau do movimento em 60% a mais que no grupo controle, sem efeito colateral, bioquímico, microscópico ou clínico aparentes. Os resultados sugerindo que a vitamina D além de aumentar a reabsorção óssea, estimula a aposição óssea no lado de tensão.

Segundo MADAN *et al.*⁶², a relaxina é um hormônio pertencente à família de peptídeos semelhante à insulina, está presente, tanto nos homens, como nas mulheres. Podem influenciar muitos processos fisiológicos, como “turnover” de colágeno, angiogênese e atividade anti-fibrose. Com isso, os autores acreditavam que a relaxina pudesse influenciar o movimento dentário ortodôntico, através de alterações no ligamento periodontal. Foram instalados, em ratos, dispositivos

ortodônticos para mesializar molares superiores em ratos. A relaxina foi injetada subcutaneamente no 1º dia de ativação. Após 9 dias de ativação dos dispositivos, os autores verificaram que a administração de relaxina não promoveu um aumento na velocidade de movimentação ortodôntica, reduziu a remodelação do ligamento periodontal e aumentou a mobilidade dentária no início da movimentação.

As vantagens do uso do laser em lugar de outros tipos de tratamento se dá a sua ação não invasiva e não ionizante. Os lasers podem levar uma grande densidade de energia (J/cm^2) aos tecidos através de fibras ópticas e com comprimentos de ondas específicos⁷⁶.

Todavia, o conhecimento da tecnologia laser se faz necessário para o entendimento da dinâmica do laser de baixa potência.

3.2. LASER

3.2.1. Visão Global: Histórico e Definição

Desde os primórdios a luz vem sendo utilizada por animais e plantas, sendo responsável por nossa própria existência neste planeta. A energia luminosa era utilizada para finalidades curativas por antigas civilizações, como a egípcia, indiana, grega, romana, árabe, entre outras. Já no século XIX, mais precisamente em 1903, o prêmio Nobel de medicina foi destinado ao Dr. Niels Ryberg Finsen pelo tratamento realizado com a luz solar em um paciente que apresentava um tipo de tuberculose de pele.

Albert Einstein (1916) postulou a primeira teoria sobre laser: “os princípios da amplificação da luz por emissão estimulada de radiação”, que serviu de base para o desenvolvimento de outras pesquisas sobre a luz laser. Com isso foi criada a palavra LASER, que é um acrônimo da expressão inglesa Light Amplification by

Stimulated Emission of Radiation, ou seja, Amplificação de luz por emissão estimulada de radiação.

Em 1960, o físico Theodore Maiman desenvolveu o primeiro aparelho emissor de laser de cristal de rubi, que pode emitir um feixe de luz vermelha com pulsos ultra-curtos, intensos e poderosos. Esta luz no espectro do visível é tão forte que foi capaz de abrir um buraco através de muitas pilhas de lâminas de navalha. No ano seguinte foi realizada a primeira intervenção cirúrgica com o laser, no Hospital Presbiteriano de Nova York, para a retirada de um pequeno tumor de retina que impedia a visão.

Em 1965, Sinclair e Knoll desenvolveram o laser terapêutico, não mais com efeito de corte, mas de bioestimulação dos tecidos. Em 1969, um cientista húngaro chamado Endre Mester, utilizou o laser em baixa intensidade para promover alívio de dor e aceleração no processo de cicatrização em úlceras varicosas e de decúbito.

Atualmente, no que diz respeito à nomenclatura, TUNER e HODE ¹⁰⁵ preferem usar o termo laserterapia (“laser therapy”), ao invés de terapia com laser de baixa potência (“Low Power Laser Therapy”) ou terapia com laser em baixa intensidade (Low Intensity Laser Therapy).

O reparo tecidual é um processo interativo e dinâmico que envolve mediadores, células e matriz extra-celular. A radiação deve ser absorvida para produzir uma mudança física e/ou química, que resulte em uma resposta biológica, ou seja quando os parâmetros corretos são utilizados, efeitos biológicos são afetados positivamente. Uma vez que a resposta biológica é observada, o próximo passo é determinar a dose ótima de radiação em um dado comprimento de onda e o número ótimo de irradiações necessárias para produzir o efeito. O espectro de absorção de um sistema biológico mostrará quais comprimentos de onda da radiação serão absorvidos e, por tanto quais os comprimentos de onda tem a chance de produzir efeito ¹²¹.

Os lasers são classificados na literatura, como lasers de baixa e alta intensidade, sendo as principais diferenças entre eles relacionadas à potência e o mecanismo de ação, onde os lasers de alta potência agem por aumento de temperatura e os de baixa por mecanismos fotoquímicos, fotofísicos e fotobiológico ^{1, 61}.

Denomina-se laserterapia quando se utiliza a luz laser na região do vermelho ou do infra-vermelho próximo, em baixa intensidade, com valores iguais ou menores que 1mW. Segundo TUNER e HODE ¹⁰⁵ os lasers de baixa potência operam com uma potência de até 500 mW. A terapia com laser de baixa potência possui características energéticas e níveis de absorção relevantes para a cadeia respiratória ^{109, 111}. Qualquer efeito biológico observado é atribuído à um evento não térmico ²⁹.

3.2.2. Mecanismo de Ação do Laser de Baixa Potência

Os mecanismos de ação dos lasers de baixa potência estão relacionados com a mitocôndria, organela responsável pela produção de ATP. A mitocôndria é uma estrutura que produz a energia necessária para a célula funcionar. A matriz mitocôndrial apresenta enzimas essenciais para as reações usadas na geração de energia e com partículas de síntese do ATP. A energia é armazenada na forma de ATP (trifosfato de adenosina). Quando a célula precisa de energia, o ATP é convertido em ADP (difosfato de adenosina), que libera energia para a célula.

No modelo de KARU ⁴⁵, a laserterapia (laser visível) produzem mudanças fotoquímicas nos fotorreceptores das mitocôndrias, que alteram o metabolismo conduzindo a transdução (processo de transferir energia de um sistema para o outro) do sinal a outras partes da célula (incluindo membranas), que finalmente conduzem a foto-resposta (biomodulação). Enquanto o laser visível provavelmente inicia a cascata de eventos na cadeia respiratória das mitocôndrias, por eventos fotoquímicos (provavelmente a fotoativação de enzimas), SMITH ¹⁰⁰ sugere que, por causa das propriedades fotofísicas e fotoquímicas da radiação infravermelha, esta inicie a cascata de eventos

Pode-se observar clinicamente os efeitos benéficos gerados pela laserterapia, por proporcionar ações analgésica, antiinflamatória e biomodulação^{57, 106}.

Segundo JOVANOVIĆ *et al.*⁴⁴ e ROWLISON *et al.*⁸⁷, os efeitos analgésicos promovidos pela utilização do laser de baixa potência podem ser explicados por meio da modulação do sistema que envia a mensagem nociva de dor e também através da síntese da produção de endorfina, que por sua vez causa o bem-estar.

A terapia com laser de baixa potência, além de participar no processo de remodelação óssea, também promove efeito analgésico em diversas áreas da odontologia. Na ortodontia, em particular, ela pode atuar como importante ferramenta no alívio de dor, principalmente em duas situações mais comuns: quando os componentes do aparelho fixo provocam lesões na cavidade bucal⁸⁶, e após as ativações dos aparelhos ortodônticos^{21, 25, 44, 57, 58, 87, 97, 106, 120}.

SHIMIZU *et al.*⁹⁷ em um estudo *in vitro*, sugerem que o laser pode ser utilizado no alívio de dor por causa de sua capacidade de agir como inibidor da produção de mediadores inflamatórios, como a PGE₂ e a IL-1β, que estão presentes durante o processo de desencadeamento da dor.

Em 1995, LIM *et al.*⁵⁷ foram um dos pioneiros a estudar a eficácia do laser de baixa potência, no comprimento de onda de 830nm, para produzir efeito analgésico após ativação do aparelho ortodôntico. No entanto, como não existiam trabalhos anteriores, outro propósito do trabalho era em se encontrar um protocolo ideal, determinando uma aplicação, o mais curta possível, para não se tornar uma consulta muito longa. O protocolo do uso do laser que os autores forneceram, foram apenas potência média, 30mW e a irradiância, 59,7W/cm². Baseado nesses dados, não houve diferenças significativas entre os grupos irradiado e controle.

TURHANI *et al.*¹⁰⁶ realizaram uma única aplicação com o laser de baixa potência, operando no comprimento de onda de 670nm, com 75mW, durante 30 segundos por dente (os autores não forneceram mais dados para se calcular a

dose), após a instalação do aparelho fixo. Houve um alívio da dor imediatamente após o início da ortodontia, e o efeito analgésico permaneceu entre 6 e 30 horas após a aplicação do laser, podendo ser utilizado, inclusive, para prevenção de dor durante o tratamento ortodôntico.

3.3. Laser X Ortodontia

3.3.1. Aceleração na movimentação Dentária Utilizando Laser de Baixa Potência

Recentemente vários estudos sobre os efeitos de biomodulação da irradiação do laser de baixa potência tem sido apresentados^{74, 103}. Na área da ortodontia a laserterapia tem sido utilizada para diversos procedimentos, como no processo de remodelação óssea^{21, 24, 48, 50, 58, 89, 96, 113, 120} na redução de dor após ativação do aparelho^{21, 25, 57, 87, 97, 120} ou no tratamento de úlceras traumáticas na mucosa bucal causadas pelos brackets⁸⁶.

No entanto são escassas as informações sobre o efeito da irradiação com laser de baixa potência na remodelação tissular durante um tratamento ortodôntico. Já foi mencionado no capítulo 2.2.1, que a movimentação dentária induzida ortodonticamente, está relacionada a um processo coordenado de remodelação dos ligamentos periodontais, gengivais e principalmente do osso alveolar.

Não é novidade que a remodelação óssea é um processo fisiológico que envolve a reabsorção do osso pelos osteoclastos e a síntese de matriz óssea pelos osteoblastos⁵⁶. Porém estudos recentes demonstram que o uso do laser de baixa potência pode aumentar a velocidade de movimentação dentária em tratamento ortodôntico²².

OZAWA *et al.*⁷⁴ investigaram a ação do laser de baixa potência GaAlAs (830 nm, 500 mW) em células osteoblásticas de ratos calvários. A irradiação laser estimulou a proliferação e diferenciação celular, uma maior atividade da Fosfatase Alcalina e posteriormente um aumento da expressão do gene Osteocalcina (OC). Por tanto, os autores concluíram que a irradiação com laser de baixa potência promove um aumento significativo no número de células osteoblásticas bem como na formação óssea.

STEIN *et al.*¹⁰³ realizaram um estudo para investigar o efeito do laser de baixa potência He-Ne (632nm, 10mW) em células osteoblásticas de humanos *in vitro*. Os autores observaram a proliferação das células 24 e 48 horas depois da 2ª irradiação concluíram que o laser de baixa potência promoveu maior proliferação, mais rápida diferenciação e maturação dos osteoblastos humanos, comparando com o grupo de células não irradiadas.

Um dos primeiros trabalhos, com finalidade ortodôntica, sobre a influência do laser de baixa potência no reparo ósseo, após a cirurgia de expansão transversal da maxila em ratos, foi publicado por SAITO e SHIMIZU⁸⁹, em 1997. Nesse estudo o laser utilizado foi o GaAlAs (830nm, modo contínuo, 100mW, DE=126 a 420 J/cm²). As irradiações foram realizadas somente no dia da cirurgia e nos 3 primeiros dias do pós-operatório. Os resultados mostraram que a neoformação óssea e a maturação das trabéculas ósseas foram mais expressivas quando o laser foi aplicado precocemente nos primeiros dias do pós-operatório. O laser usado somente em uma sessão não mostrou diferença de resultado com o grupo controle. Os autores concluíram que a regeneração óssea não somente depende da dose aplicada, mas também do intervalo de tempo das aplicações.

Segundo KAWASAKI & SHIMIZU⁴⁸, CRUZ *et al.*²¹, YOUSSEF *et al.*¹²⁰, YAMAGUCHI *et al.*¹¹³, KIM *et al.*⁵⁰ e FUJITA *et al.*²⁴, a terapia com laser de baixa potência pode aumentar a velocidade de movimentação dentária durante o tratamento ortodôntico, devido ao aumento da capacidade de remodelação do osso alveolar.

3.3.1.1. *Movimentação Dentária (Pesquisas em Animais)*

KAWASAKI & SHIMIZU ⁴⁸ verificaram um aumento de 30% na velocidade da movimentação em dentes de ratos submetidos à terapia com laser de GaAlAs (830nm) durante uma força de tração ortodôntica, quando comparados com o grupo controle. A fibra do laser foi aplicada em 3 pontos em contato com a gengiva ao redor do 1º molar superior esquerdo, um por mesial, outro por vestibular e o terceiro por palatino. O laser foi aplicado uma vez por dia durante 12 dias, com os seguintes parâmetros: potência de 100mW, com 3 minutos por ponto, e a energia de 18J por ponto.

SEIFI *et al.*⁹⁶ utilizaram dois comprimentos de onda diferentes (850 e 630nm) para analisar seus efeitos na movimentação ortodôntica em dentes de coelho. O laser foi aplicado uma vez por dia, durante nove dias, em contato com a gengiva por palatino ao redor do 1º molar superior. Os parâmetros utilizados no grupo com o laser de 850 nm (pulsado) utilizou uma potência de 5mW, com 3 minutos o ponto, totalizando 8,1J. O grupo com o laser 630 nm (contínuo) utilizou uma potência de 10mW, 5 minutos o ponto e um total de 27J de energia. Após nove dias de irradiação os dentes dos grupos controle se movimentaram 50% a mais, comparando com os grupos irradiados, tanto o grupo com o laser 630 nm, como o 850 nm.

Pouco se sabe sobre o efeito da irradiação do laser de baixa potência na estimulação da remodelação óssea. Com isso YAMAGUCHI *et al.*¹¹³ examinaram os efeitos da terapia com laser de baixa potência através das expressões de fator de estimulação de colônia por macrófago (M-CSF) e *c-fms*, que são essenciais para a osteogênese. Foi utilizado um laser no espectro do infravermelho (810nm), com ondas contínuas, em ratos. O laser foi aplicado em três pontos por 3 minutos cada, na mesial, na vestibular e outro por palatino ao redor do 1º molar superior, com 3 minutos por ponto, totalizando 54J de energia total. A distância total percorrida pelos dentes do grupo irradiado foi significativamente maior que do grupo controle, 30% maior. Nos resultados histológicos e imunoistoquímicos, os

autores encontraram mudanças periodontais significativas no grupo irradiado, 30% mais osteoclastos, a contagem dos osteoclastos multinucleados TRAP-positivos e células positivas M-CSF e *c-fms* presentes com 30% a mais no grupo irradiado. Os autores concluíram que a irradiação com laser de baixa potência estimula a atividade de remodelação óssea, aumentando a velocidade na movimentação dentária através das expressões de M-CSF e *c-fms*, diminuindo o tempo de tratamento ortodôntico.

KIM *et al.*⁵⁰, utilizando um laser de baixa potência de 808 nm, realizaram um estudo para determinar se as forças ortodônticas estimulam a expressão de osteoprotegerina (OPG), receptor de ativação nuclear kappa B (RANK) e seu ligante (RANKL), utilizando ratos como amostras para pesquisa. O laser foi aplicado no modo pontual, em três diferentes pontos, por vestibular e por palatino ao redor do dente, com energia de 960mJ e 10 segundos por ponto, totalizando uma energia de 6,72J por sessão, durante 7 dias. Após a análise histológica, as expressões de OPG, RANKL e RANK estavam presentes tanto no grupo irradiado, como no grupo controle, porém essas expressões foram significativamente maiores no grupo irradiado do que no controle. Os autores concluíram que o tratamento com o laser de baixa potência promove um efeito de bio-estimulação, aumentando a capacidade do osso remodelar, sem prejudicar o tecido ósseo.

Recentemente, FUJITA *et al.*²⁴, também estudou sobre os efeitos do laser de baixa potência nas expressões de RANK, RANKL e OPG durante a movimentação experimental ortodôntica. Os autores utilizaram um laser no comprimento de onda contínuas em 810nm, irradiaram uma vez por dia, durante 8 dias no total, em 3 pontos ao redor do 1^o molar superior (mesial, palatino e vestibular), com 3 minutos por ponto, totalizando 54J de energia total. Da mesma forma que KIM *et al.*⁵¹, FUJITA *et al.*²⁶ encontraram expressões de RANK, RANKL e OPG significativamente maiores no grupo irradiado do que no controle. Além de, os dentes se movimentaram com maior velocidade nas amostras do grupo irradiado (30% maior), devido ao processo de aceleração da remodelação óssea, que estimulou a diferenciação de osteoblastos e de osteoclastos durante a movimentação ortodôntica.

3.3.1.2. Movimentação Dentária (Pesquisas Clínicas em Seres Humanos)

CRUZ, *et al.*²¹, LIMPANICHKUL *et al.*⁵⁸, YOUSSEF *et al.*¹²⁰ realizaram um estudo clínico comparativo em humanos. Avaliaram os efeitos da irradiação com laser de baixa intensidade GaAlAs, no infravermelho, no aumento da velocidade de distalização de caninos durante a movimentação ortodôntica. Em todos os trabalhos, as amostras foram distribuídas da seguinte maneira: foram distribuídos no mesmo paciente o grupo experimental e o grupo controle, ou seja, o laser foi irradiado na mucosa alveolar ao redor do canino do arco superior, e o canino do lado oposto foi utilizado como grupo controle.

CRUZ, *et al.*²¹ utilizaram o laser no comprimento de onda de 780nm, com 20mW e 10 segundos por ponto, sendo que os pontos circundavam as fibras periodontais do canino no lado irradiado, no terço cervical, uma irradiação na mesial e outra na distal; no terço médio, uma irradiação na mesial e outra na distal; no terço apical, uma irradiação no ápice radicular. O total de energia depositada por ponto foi de 2J. Os dias de ativação das molas, tanto no lado irradiado, como no lado controle foi mensal, e as irradiações foram nos dias 0, 3, 7 e 14. Após 2 meses de irradiações, os autores concluíram que os caninos do grupo irradiado nos 11 pacientes apresentaram um aumento significativo 30% a mais na velocidade de distalização, comparado com o lado controle.

LIMPANICHKUL *et al.*⁵⁸ realizaram as distalizações nos caninos de 12 pacientes adultos jovens. Foram utilizados para irradiação do laser 3 pontos na mucosa alveolar vestibular e mais 3 pontos por palatino, sendo um na cervical, outro no terço médio e mais um no ápice radicular, e mais 2 pontos na distal do canino superior. Os parâmetros foram de 100mW de potência e 23 segundos por ponto, totalizando 2,3J por ponto. Após 3 meses de irradiação, sendo as ativações das molas de NiTi uma vez por mês e as irradiações em 3 dias consecutivos no início e mais 3 dias no final de cada mês, os autores concluíram que não houve diferença alguma em relação a velocidade da distância percorrida entre o lado irradiado e o lado controle.

YOUSSEF *et al.*¹²⁰, realizaram um trabalho com 15 adultos. Foi utilizado um laser com o comprimento de onda no infravermelho, de 809 nm. A ponteira do laser foi aplicada na gengiva, por vestibular e por lingual. Os pontos foram distribuídos: um cervical, por 10 segundos, outro no terço médio, por 20 segundos e o terceiro no ápice da raiz, por mais 10 segundos do canino do lado irradiado. O parâmetro do laser foi: 100mW de potência, totalizando 2J por ponto, na cervical e no ápice cada, e 4J no terço médio da raiz. As irradiações foram nos dias 0, 3, 7 e 14 e as ativações foram realizadas com intervalos de 21 dias a cada ativação. No final, os autores obtiveram uma diferença de 50% no aumento da velocidade de movimentação dos caninos submetidos à irradiação comparado com lado controle.

4. MATERIAIS E MÉTODO

4.1. Seleção de Pacientes

O presente trabalho foi encaminhado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FOUSP protocolo nº 117/2008

Para realizar o presente trabalho foram selecionados 7 pacientes, sendo 3 masculinos e 4 femininos, na faixa etária entre 14 e 30 anos. Todos os pacientes com indicação clínica de extração dos 1^{os} pré-molares superiores, bilateralmente, devido às discrepâncias: óssea e/ou dentária, onde não se conseguiria um completo alinhamento e nivelamento dos arcos dentários sem a realização de exodontias e a intervenção ortodôntica. Por exemplo, em casos de Classe II dentária e/ou esquelética, com protrusão maxilar e/ou retrusão mandibular, ou casos de Classe I com biprotrusão dos maxilares.

Para se chegar a esse diagnóstico, antes do início do tratamento, foram solicitados a todos os pacientes: documentação ortodôntica, contendo análises cefalométricas (USP, McNamara, Ricketts), Fotos (frontal e lateral de cabeça e intrabucais), radiografias (panorâmica, lateral de cabeça e periapicais da região envolvida no estudo).

Fatores de inclusão	Fatores de exclusão
<ul style="list-style-type: none"> -Idade entre 14 a 30 anos -Toda dentição permanente presente -Portadores de más oclusões com indicação clínica de extração dos 1^{os} pré-molares superiores 	<ul style="list-style-type: none"> -Portadores de más oclusões sem a indicação clínica de extrações dos primeiros pré-molares

TABELA 1: Fatores de inclusão e exclusão dos pacientes da pesquisa.

Os pacientes foram atendidos e tratados no CEAO-ACIEPE (Centro de Atendimento Ortodôntico - Associação Científica de Ensino Pesquisa e Extensão), localizado à Avenida dos Imarés, 844 - Moema - São Paulo - SP.

Os pacientes ou responsáveis legais foram informados com relação aos riscos e benefícios dos procedimentos realizados na pesquisa referente ao efeito terapêutico da irradiação laser de baixa potência (780nm), em um termo de consentimento livre e esclarecido de acordo com as normas do Comitê Institucional de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da FOU SP e do IPEN, pelo qual o trabalho foi submetido e aprovado.

4.2. Equipamento Laser

Estamos utilizando um laser de baixa potência, diodo semi-condutor de GaAlAs, de classe 3B, 780nm e potência total de 70mW (MMOptics, São Carlos-SP/Brasil). Tipo de emissão contínua. O sistema de entrega do feixe se dá por uma ponteira cilíndrica, cuja área do feixe de laser na saída da ponteira em cristal de quartzo é de aproximadamente 4mm².

4.3. Componentes Ortodônticos

Para restaurar a oclusão ideal e estética facial, os 7 pacientes utilizaram um aparelho ortodôntico fixo total para o fechamento dos espaços após exodontias dos 1^{os} pré-molares superiores (as exodontias foram realizadas antes do início das distalizações dos caninos). A técnica empregada chama-se "Straight Wire" ou técnica do "Arco Reto", com brackets pré-ajustados, prescrição Roth, slot 0,022" x 0,028" (0,022 por 0,028 polegadas) da marca Morelli[®]. Os mini-implantes ortodônticos, da marca INP[®] de 1,6x8,0mm, foram instalados na região interradicular entre os 1^{os} molares e os 2^{os} pré-molares bilateralmente o para

promover ancoragem dos elementos dentais posteriores ⁹⁵, e carregados imediatamente ⁶⁹, por meio de molas fechadas de NiTi (TPOrthod[®]) de 12mm, os caninos foram deslizados no fio ortodôntico retangular 0,017" x 0,025" de aço ²¹.

No presente estudo, utilizamos nos caninos, os brackets NuEdge (TPOrthod[®]) com slot vertical um novo sistema elaborado pela marca, os ganchos Power Hooks (TPOrthod[®]) para encaixar no slot vertical, com a promessa de levar a linha de força ao centro de resistência do canino durante suas retrações ⁷⁸.

4.4. Tratamento Ortodôntico e Terapia com Laser de Baixa Potência

O estudo foi comparativo, ou seja, foram avaliadas duas amostras em cada um dos pacientes, o lado irradiado **V1**, e o lado controle não irradiado **V2**, totalizando duas amostras por pacientes. Mantendo a individualidade de cada paciente, de acordo com estudos anteriores ^{21, 58, 120}. A escolha do lado irradiado ou controle foi de modo aleatório, ou seja, em alguns pacientes, o lado de aplicação do laser foi escolhido o lado direito, em outros o lado esquerdo.

Após cada um dos pacientes ter realizado exodontia dos 1^{os} pré-molares superiores, iniciou-se a pesquisa. A avaliação dos efeitos da terapia com laser de baixa potência no aumento da velocidade de movimentação ortodôntica dos caninos durou 2 meses.

Seguida a etapa de alinhamento e nivelamento e das exodontias, evoluiu-se para o fio de aço retangular 0,017" x 0,025". Então, os mini-implantes foram colocados na região interradicular entre os 1^{os} molares e os 2^{os} pré-molares bilateralmente para promover a ancoragem dos elementos dentais posteriores durante a retração individual dos caninos. Foram colocados os brackets NuEdge (TPOrthod[®]) nos caninos, e acoplados os ganchos Power Hooks (TPOrthod[®]) ^{19, 78, 98}, bilateralmente. Nesta fase, de retração individual dos caninos, foram realizadas as ativações das molas para os deslizamentos dos caninos, bilateralmente

(lado irradiado e controle), nos dias 0 e 15 (a cada quinze dias), no 1º e no 2º mês de pesquisa. As molas fechadas de NiTi de 12mm ficaram presas dos ganchos dos brackets dos caninos às cabeças dos mini-implantes, lado direito e esquerdo, utilizando força constante de 150gramas^{60, 75}. As aferições sempre eram obtidas por meio de um dinamômetro ortodôntico da marca Zeusan®.

1º mês	1	15		
2º mês			1	15

*TABELA 2: Dias das consultas de ativação das molas
(lado irradiado e controle)*

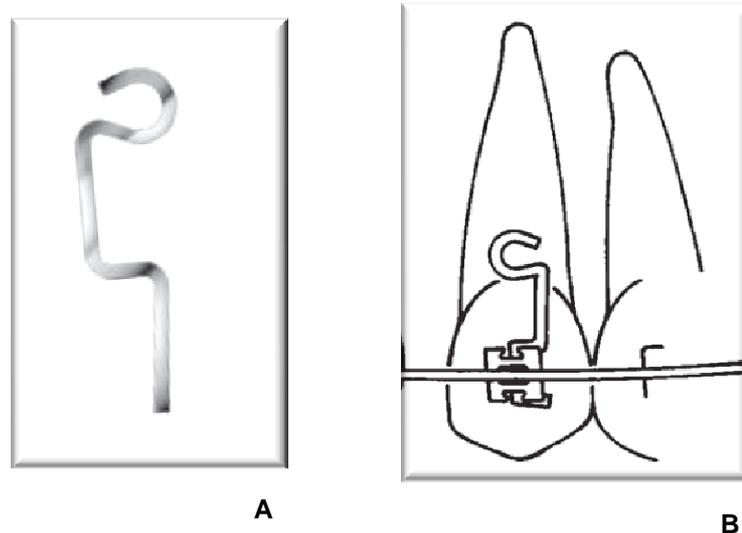


FIGURA 2: Os ganchos Power Hooks (A) e os ganchos acoplados no brackets NuEdge (B).⁷⁸

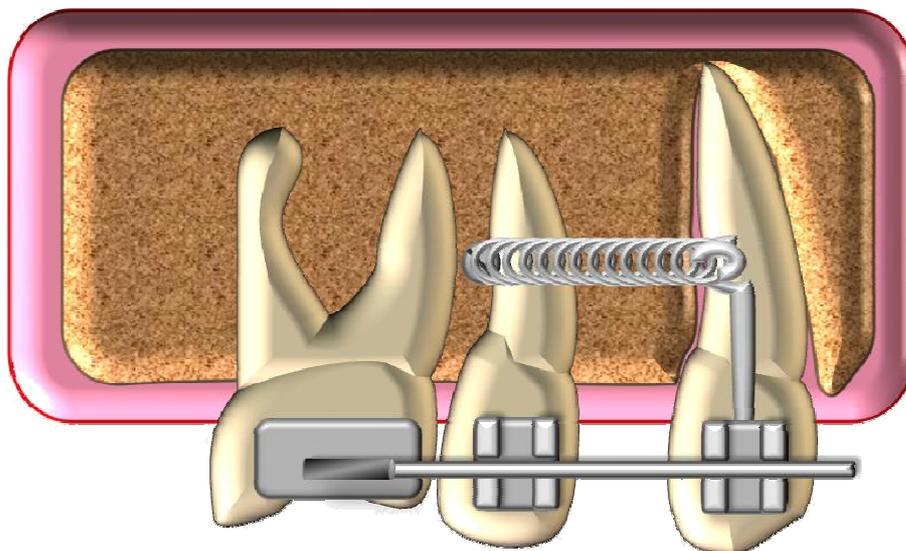


FIGURA 3: Componentes ortodônticos

As irradiações com o laser de baixa potência foram realizadas nos dias das ativações (quinzenais) e em mais outras duas consultas a cada 72 horas^{21, 120}, e pode ser visualizado na linha do tempo (FIGURA 4), ou conforme a tabela abaixo:

1º mês	1	4	7	15	18	21						
2º mês							1	4	7	15	18	21

TABELA 3: Dias das consultas de irradiação (lado V1)

A forma de aplicação do laser foi pontual, com o contato da ponta ativa na mucosa gengival. Em cada um dos pontos de aplicação, a potência utilizada foi de 20 mW, tempo de 10 segundos e dose de 5J/cm². (CRUZ *et al.*²¹)

As irradiações foram feitas em 10 pontos ao redor do dente, sendo 5 na mucosa gengival do canino por vestibular, e mais 5 na mucosa gengival por palatino, distribuídas do seguinte modo:

- a. No terço cervical (uma irradiação na mesial e outra na distal);
- b. No terço médio (uma irradiação na mesial e outra na distal, no ligamento periodontal);
- c. No terço apical (uma irradiação no ápice radicular).

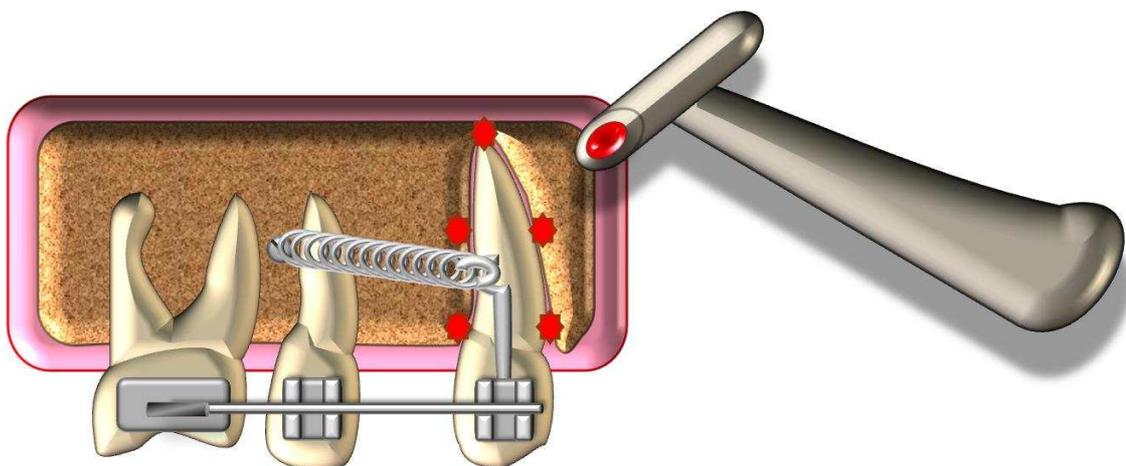


FIGURA 4: Diagrama esquemático dos locais das irradiações durante a distalização dos caninos: 5 pontos por vestibular e 5 por palatino. (CRUZ *et al.*²¹).

A dose escolhida de 5J/cm² baseada em dados clínicos que são suficientes para obtenção dos efeitos de remodelação óssea²¹. O tempo de cada aplicação era calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$t = \frac{DE.A}{P} = \frac{5\text{J/cm}^2 \cdot (0,04\text{cm}^2)}{0,02\text{J/s}} = 10\text{s}$$

Como foram 5 aplicações pontuais em cada lado, vestibular e palatino, o tempo total foi de 100s, e uma energia total de 2J.

4.5. Metodologia Single Blind Study (Irradiação Laser e Registro das medidas)

As irradiações realizadas pelo método “single blind”, ou seja, o laser foi aplicado no lado experimental e no lado controle pelo próprio pesquisador. No lado controle, o tratamento foi placebo, pois o laser ficou desligado. Apenas o pesquisador soube distinguir o lado V1 e V2. Os pacientes desconheciam o lado irradiado e o controle. Para o paciente, o dois lados foram irradiados, com o propósito de não interferir na resposta à pesquisa¹⁰⁶.

4.6. Registro da movimentação dentária (lado irradiado e controle)

A aferição clínica do espaço percorrido pelos dentes, foram realizadas por um paquímetro digital (Tesa[®]) posicionado na margem gengival dos dentes (na distal do canino e na mesial do 2º pré-molar). As medições realizadas tanto por vestibular como por palatino, em ambos os lados, irradiado (V1), e não irradiado (V2). Nos dias das ativações, as mensurações foram previamente anotadas²¹.

Modelos de gesso dos pacientes obtidos no 1º dia, posteriormente a cada consulta de ativação e no último dia da pesquisa. Radiografias periapicais foram realizadas apenas para verificação da saúde do periodonto, no 1º dia, para orientação e guia para a colocação dos mini-implantes.

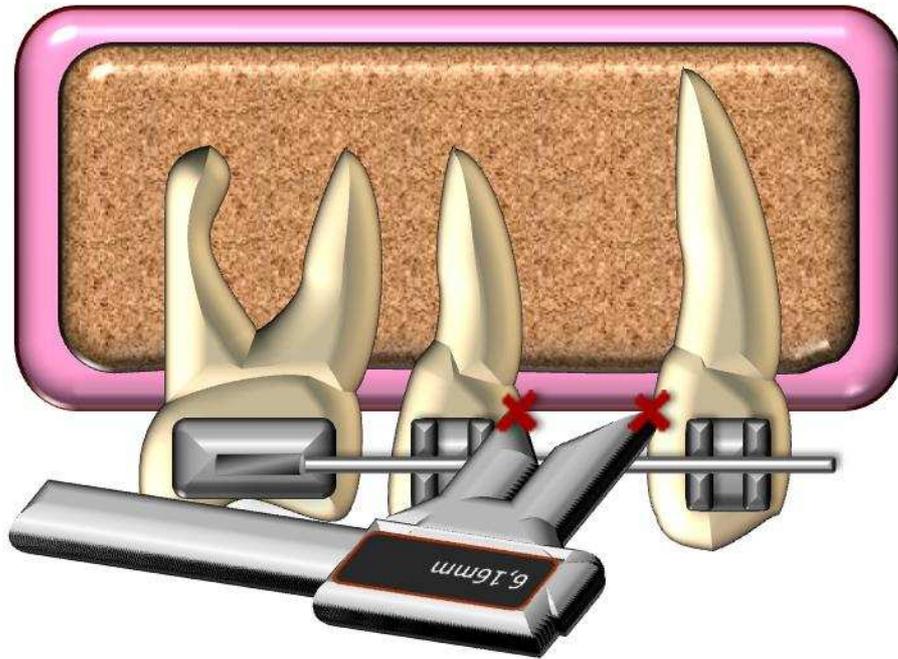


FIGURA 5: Diagrama esquemático dos pontos de medição, utilizando um paquímetro digital (entre o canino e o 2º pré-molar)

Os dias das consultas de registro da movimentação dentária podem ser visualizados, além da tabela abaixo, também na linha do tempo (FIGURAS 7 e 8).

1º mês	1	4	7	15	18	21						
2º mês							1	4	7	15	18	21

TABELA 4: Dias de registro da movimentação dentária (lado V1 e V2).

4.7. Escala de Dor - Escala Visual Analógica (VAS)

Cada paciente foi instruído a marcar com um "X", na "Escala Visual Analógica" (VAS) para quantificar os níveis de dor. A pontuação na escala VAS

obtida logo após os procedimentos de medição, de ativação e de irradiação; marcando com um “X” em uma régua, medindo em centímetros de 0 à 10; sendo nº0 para ausência total de dor e progredindo ao nível de maior sensação dolorosa, correspondente ao nº 10. A cada consulta, o paciente preencheu uma nova escala VAS, e anexada ao prontuário ⁵⁷. As anotações foram realizadas logo após a ativação das molas, antes da irradiação, e após a irradiação; e nos dias de retorno para irradiação também, sendo, uma anotação antes e outra após (TABELA 5 E FIGURAS 7 e 8).

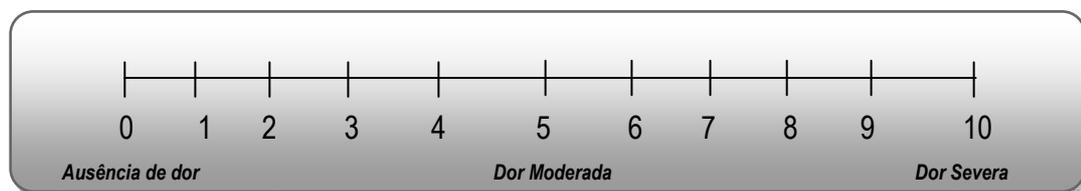


FIGURA 6: Diagrama esquemático da escala de intensidade de dor numérica com pontuação de 0 a 10.

1º mês	1	15		
2º mês			1	15

TABELA 5: Dias das consultas de preenchimento da Escala VAS (lado V1 e V2)

4.8. Linha do Tempo - Tratamento Ortodôntico e Terapia com Laser de Baixa Potência

Analisando a linha do tempo, podemos observar a rotina de atendimento dos pacientes durante os dois meses de pesquisa. No 1º dia, os mini-implantes foram instalados. Foram realizadas 4 ativações das molas durante os 2 meses de pesquisa, a cada 15 dias para retração individual dos caninos superiores. Os registros de deslocamento dos caninos foi realizado em todas as sessões por um paquímetro digital, tanto no lado irradiado, como no controle. Os modelos de gesso do arco superior foram tomados nos dias das ativações. A aplicação do

laser nos caninos do lado experimental foram realizadas nos dias das ativações, que eram quinzenais, e em mais outras duas consultas a cada 72 horas. Nas consultas de ativação, o paciente preenchia uma escala VAS depois da ativação das molas e outra após a aplicação do laser para quantificar o nível de dor após a ativação do aparelho. Ao final da pesquisa foi realizado registro final do deslocamento dos caninos e a moldagem do arco superior final.

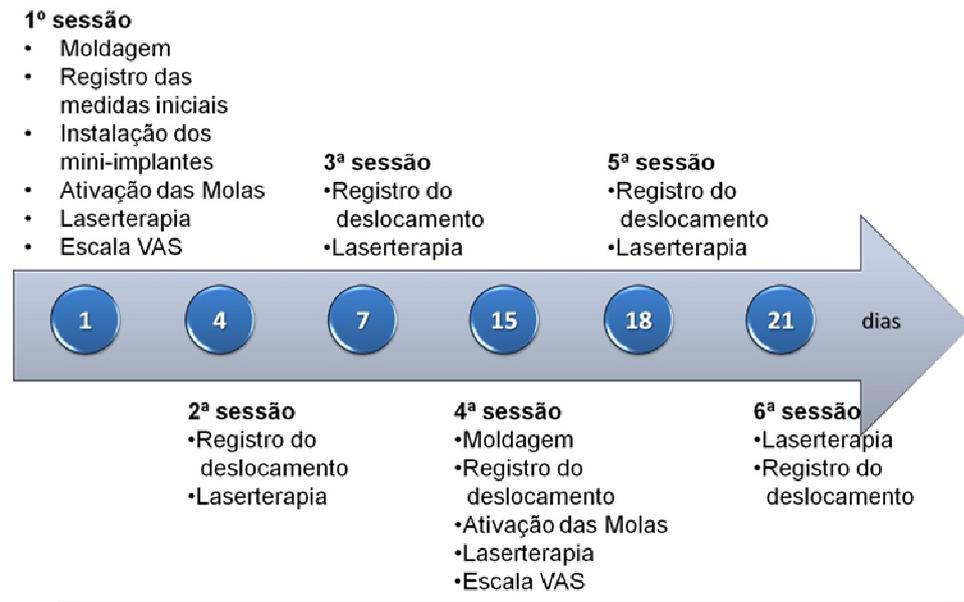


FIGURA 7: Linha do tempo - 1º mês

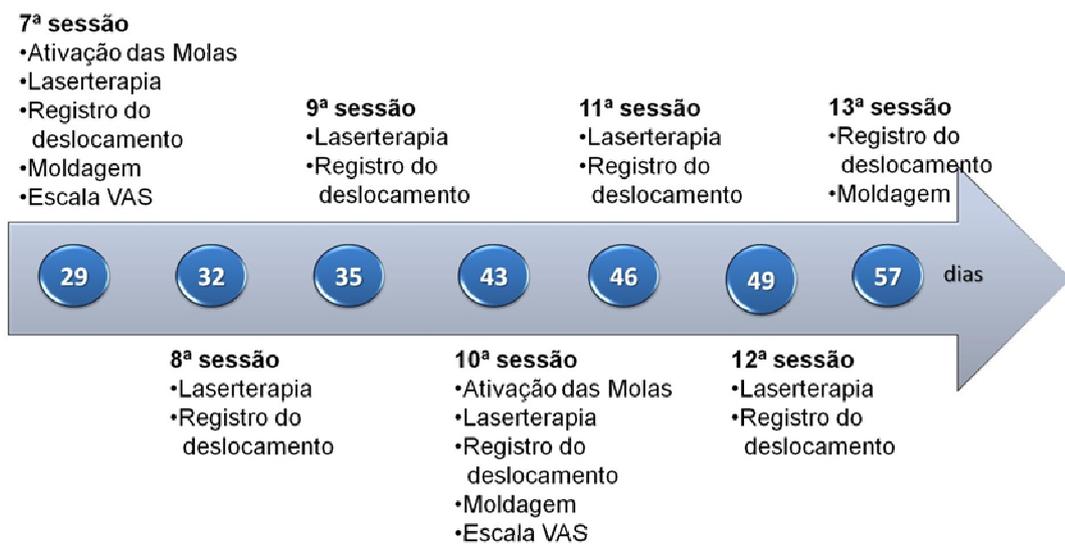


FIGURA 8: Linha do tempo - 2º mês

4.9. Análise Estatística

Em relação a análise estatística foi utilizado uma variação do métodos dos mínimos quadrados para calcular o coeficiente angular e a sua incerteza. O teste z foi utilizado para comparar os coeficientes angulares dos diferentes pacientes.

Os gráficos representam a medida do deslocamento (em milímetros) em função das sessões dos pacientes. Os três primeiros pontos do gráfico, que são as três primeiras consultas foram removidos pois era uma região onde o canino não estava mecanicamente estabilizado.

Para calcular a velocidade média de deslocamento dos caninos, foi utilizado a variação do método dos mínimos quadrados para se obter uma média com aumento relativo de velocidade de todos os pacientes e sua respectiva incerteza, e utilizando-se o teste z, foi verificado se esse aumento relativo era compatível com zero ou não.

Todos os pacientes preencheram uma escala VAS após a ativação das molas, e outra após a aplicação do laser. Porém, como todos os pacientes relataram dor apenas na primeira sessão, foram utilizados os dados do preenchimento das escalas VAS apenas desta consulta. Foi realizada uma análise para saber se houve ou não diferença estatística significativa após a ativação das molas e após a aplicação do laser, os dados foram considerados dependentes e não normais, portanto foi utilizado o teste de Wilcoxon para dados pareados, cujos resultados podem ser vistos nas TABELAS 20 e 21.

5. RESULTADOS

5.1. Gráficos de velocidade de deslocamento (mm) por sessão

Análise intra-paciente

Para a análise estatística, foi utilizado o teste-z, cujo objetivo é testar a igualdade entre duas grandezas e as suas respectivas incertezas. O teste supõe normalidade das observações. Foram construídas regressões lineares para cada lado de cada paciente. As regressões foram feitas utilizando-se uma variação do método dos mínimos quadrados. E representam a medida do deslocamento (em milímetros) em função da sessão do paciente.

Existe uma flutuação estatística ao redor do modelo ajustado. Por conta disso foram retirados os três primeiros pontos dos gráficos, por existir essa grande oscilação, provavelmente devido a ajuste do dispositivo em relação ao meio bucal.

Os gráficos e tabelas de deslocamento do dos caninos (lado irradiado e controle) em relação às sessões de todas as consultas podem ser visualizados nos ANEXOS F e G, respectivamente.

A cada consulta eram realizadas 3 anotações dos registros das medidas de deslocamento e tirada uma média como demonstrada no ANEXO G.

5.1.1. Paciente M. A. (Gênero Feminino)

a) 1º dia de consulta

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado Direito (Irradiado): 6,84mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado Esquerdo (Controle): 7,62mm



FIGURA 9: Fotos do 1º dia de pesquisa, irradiação e registro

b) Distância Média no Último Dia de Registro:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado Direito (Irradiado): **5,38mm**

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado Esquerdo (Controle): **7,71mm**



FIGURA 10: Fotos no último dia de registro do deslocamento

c) Análise dos Gráficos Estatísticos:

Os gráficos de deslocamento em função da sessão do lado direito e esquerdo da paciente M. demonstram que o lado direito possui um coeficiente angular mais inclinado, por tanto, o deslocamento do canino do lado direito foi significativamente mais rápido que do lado esquerdo ($p < 0,0001$).

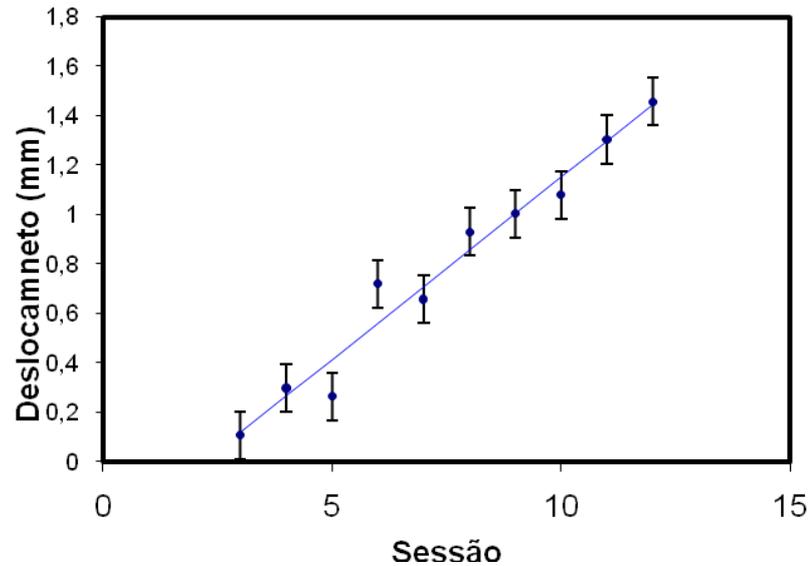


GRÁFICO 1 – Deslocamento em função da sessão para o lado direito.
(Lado Irradiado)

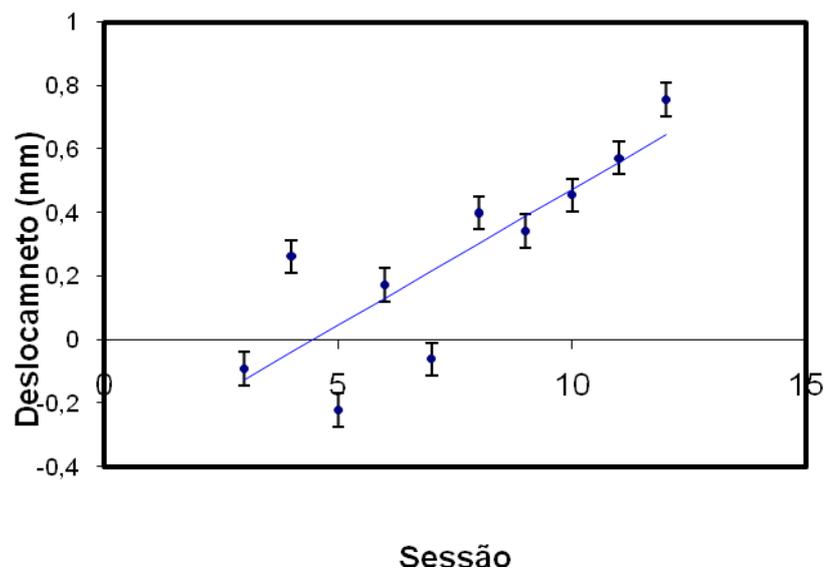


GRÁFICO 2 – Deslocamento em função da sessão para o lado esquerdo.
(Lado Controle)

d) Média Geral de Deslocamento, do 1º dia de consulta ao 13º dia de consulta:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado Direito (Irradiado): **1,48mm**

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado Esquerdo (Controle): **-0,08mm**

	Coef. Angular	Coef. linear	R ²	Q ²	Erro das ordenadas	Desvio padrão da reta	p (coef. angular)	p (coef. linear)
Direito	0,148 (11)	-0,33 (9)	0,97	6,6	0,097	0,088	< 0,0001	0,2793
Esquerdo	0,0857 (57)	-0,384 (46)	0,69	98	0,052	0,18		

TABELA 6 – Análise descritiva e teste z para o conjunto de dados.

Pela TABELA 6 podemos observar que houve uma diferença estatisticamente significativa no aumento da velocidade de deslocamento do canino do lado irradiado comparando com o deslocamento do canino do lado controle ($p < 0,0001$)

5.1.2. Paciente W. A. S. (Gênero Masculino)

a) 1º dia de consulta

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 4,34mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 4,46mm



FIGURA 11: Fotos no 1º dia de pesquisa, irradiação e registro

b) Distância Média no Último Dia de Registro:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 2,19mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 4,24mm

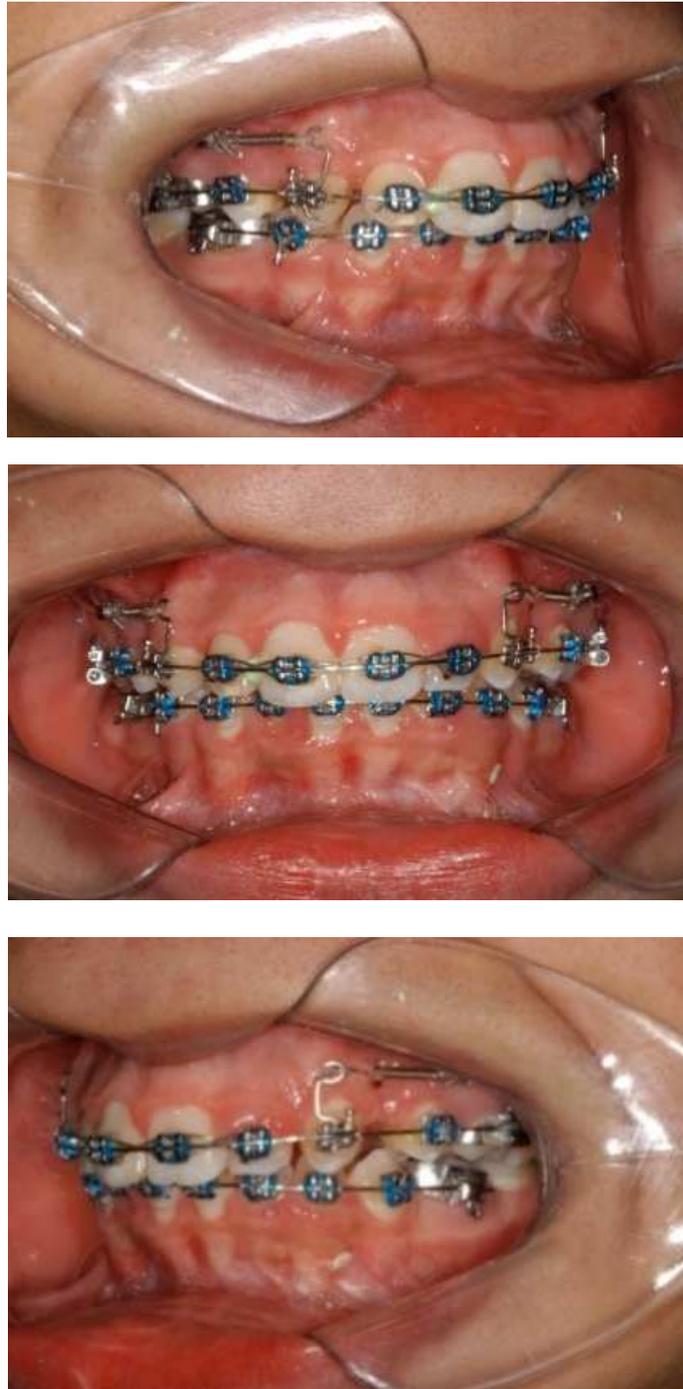


FIGURA 12: Fotos no último dia de registro do deslocamento

c) Análise dos Gráficos Estatísticos:

Os gráficos de deslocamento em função da sessão do lado direito e esquerdo do paciente W. demonstram que o lado direito possui um coeficiente angular mais inclinado, por tanto, o deslocamento do canino do lado direito foi significativamente mais rápido que do lado esquerdo ($p < 0,0001$).

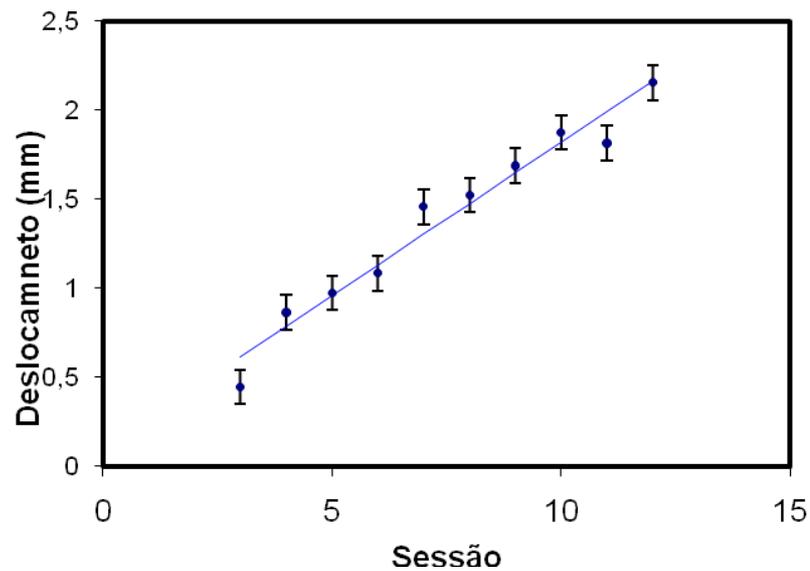


GRÁFICO 3 – Deslocamento em função da sessão para o lado direito.
(Lado Controle)

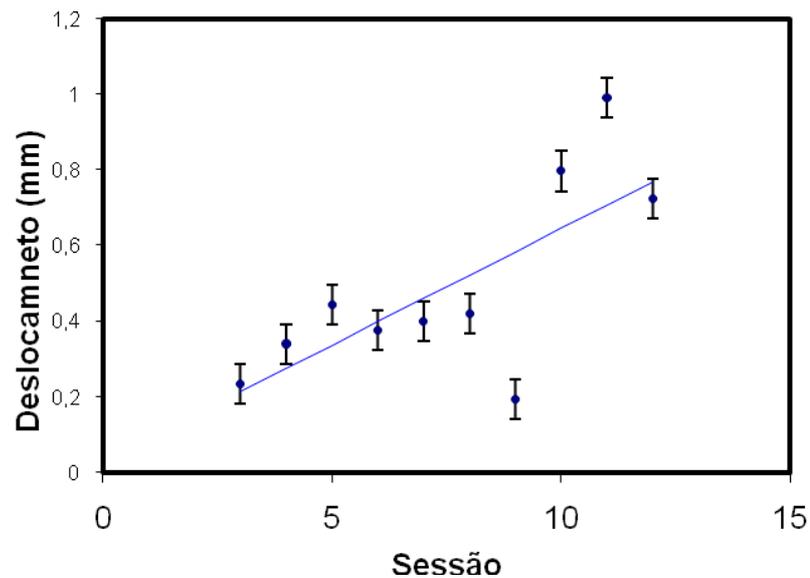


GRÁFICO 4 – Deslocamento em função da sessão para o lado esquerdo.
(Lado Irradiado)

d) Média Geral de Deslocamento, do 1º dia de consulta ao 13º dia de consulta:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 2,15mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 0,22mm

	Coef. Angular	Coef. linear	R ²	Q ²	Erro das ordenadas	Desvio padrão da reta	p (coef. angular)	p (coef. linear)
Direito	0,172 (8)	0,098 (6)	0,96	20	0,069	0,111	< 0,0001	0,0011
Esquerdo	0,062 (6)	0,028 (5)	0,52	103	0,053	0,190		

TABELA 7 – Análise descritiva e teste z para o conjunto de dados.

Pela TABELA 7 podemos observar que houve uma diferença estatisticamente significativa no aumento da velocidade de deslocamento do canino do lado controle comparando com o deslocamento do canino do lado irradiado ($p < 0,0001$).

5.1.3. Paciente R. D. I. (Gênero Masculino)

a) 1º dia de consulta

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 8,10mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 6,44mm



FIGURA 13: Fotos no 1º dia de pesquisa, irradiação e registro

b) Distância Média no Último Dia de Registro:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 7,50mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 5,78mm



FIGURA 14: Fotos no último dia de registro do deslocamento

c) Análise dos Gráficos Estatísticos:

Os gráficos de deslocamento em função da sessão do lado direito e esquerdo do paciente R. demonstram que o lado esquerdo possui um coeficiente angular mais inclinado, por tanto, o deslocamento do canino do lado esquerdo foi significativamente mais rápido que do lado direito ($p < 0,0001$).

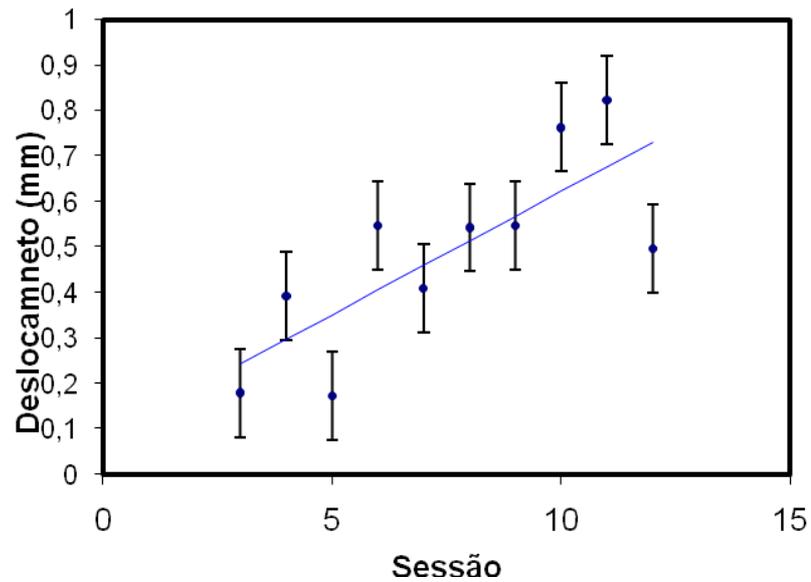


GRÁFICO 5 – Deslocamento em função da sessão para o lado direito.
(Lado Controle)

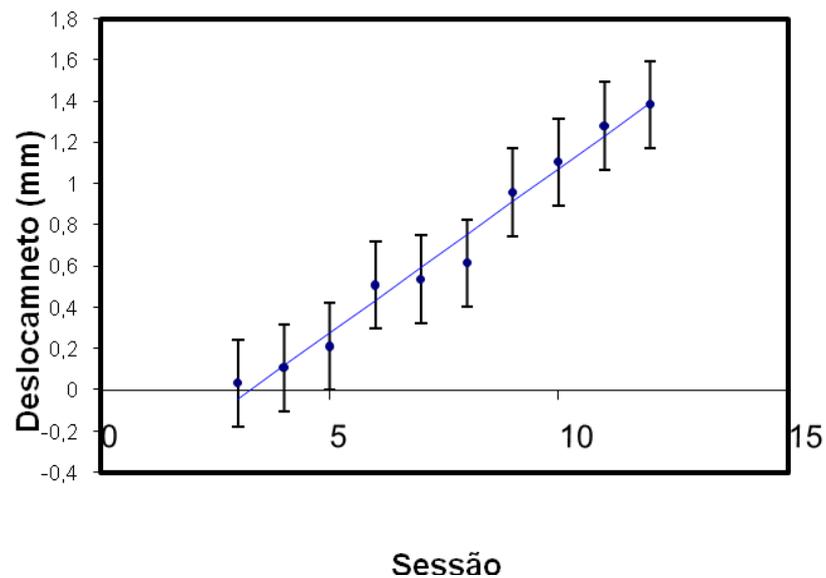


GRÁFICO 6 – Deslocamento em função da sessão para o lado esquerdo.
(Lado Irradiado)

d) Média Geral de Deslocamento, do 1º dia de consulta ao 13º dia de consulta:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 0,5mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 0,66mm

	Coef. Angular	Coef. linear	R ²	Q ²	Erro das ordenadas	Desvio padrão da reta	p (coef. angular)	p (coef. linear)
Direito	0,054 (10)	0,081(8)	0,60	21	0,088	0,144	< 0,0001	0.0015
Esquerdo	0,159 (23)	-0,52(19)	0,98	0,98	0,211	0,074		

TABELA 8 – Análise descritiva e teste z para o conjunto de dados.

Pela TABELA 8 podemos observar que houve uma diferença estatisticamente significativa no aumento da velocidade de deslocamento do canino do lado irradiado comparando com o deslocamento do canino do lado controle ($p < 0,0001$).

5.1.4. Paciente S. A. A. C. (Gênero Masculino)

a) 1º dia de consulta

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado Direito (Irradiado): 7,74mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado Esquerdo (Controle): 6,90mm



FIGURA 15: Fotos no 1º dia de pesquisa, irradiação e registro

b) Distância Média no Último Dia de Registro:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado Direito (Irradiado): 6,19mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado Esquerdo (Controle): 6,88mm

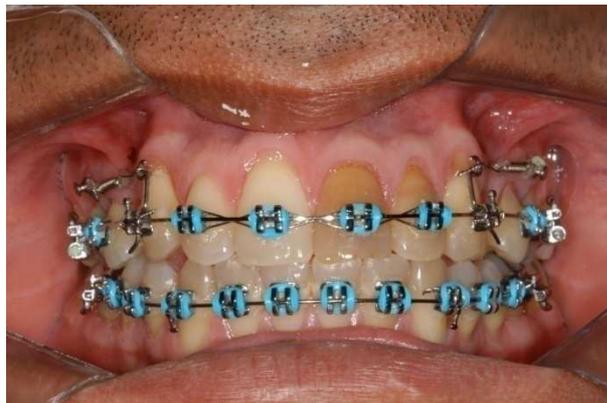
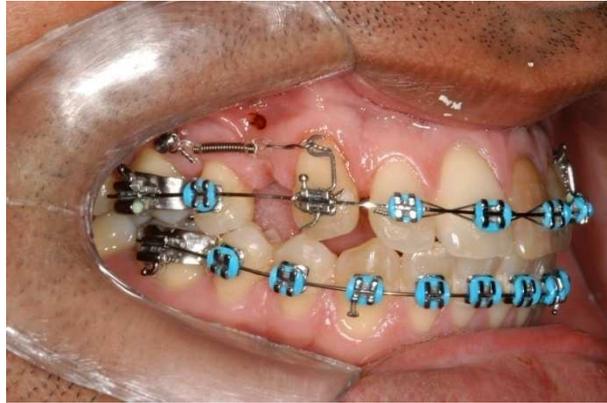


FIGURA 16: Fotos no último dia de registro do deslocamento

c) Análise dos Gráficos Estatísticos:

Os gráficos de deslocamento em função da sessão do lado direito e esquerdo da paciente S. demonstram que o lado direito possui um coeficiente angular mais inclinado, por tanto, o deslocamento do canino do lado direito foi significativamente mais rápido que do lado esquerdo ($p=0,0014$).

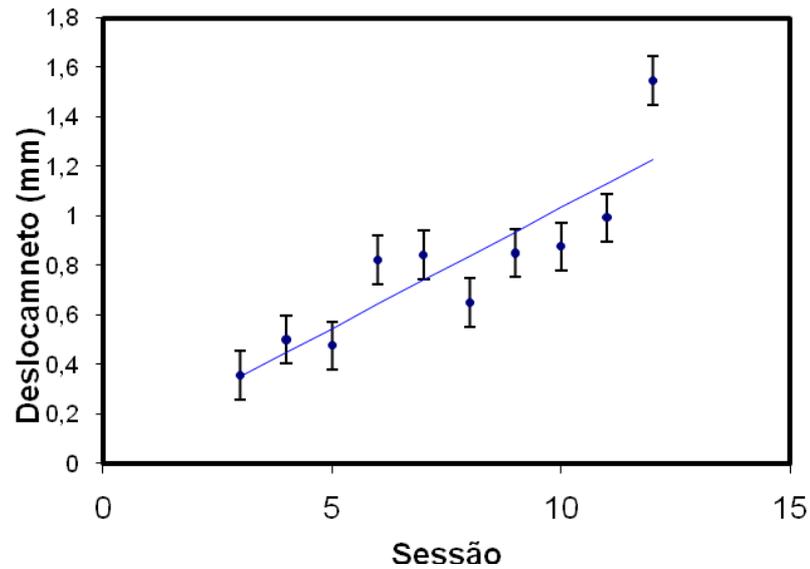


GRÁFICO 7 – Deslocamento em função da sessão para o lado direito.
(Lado Irradiado)

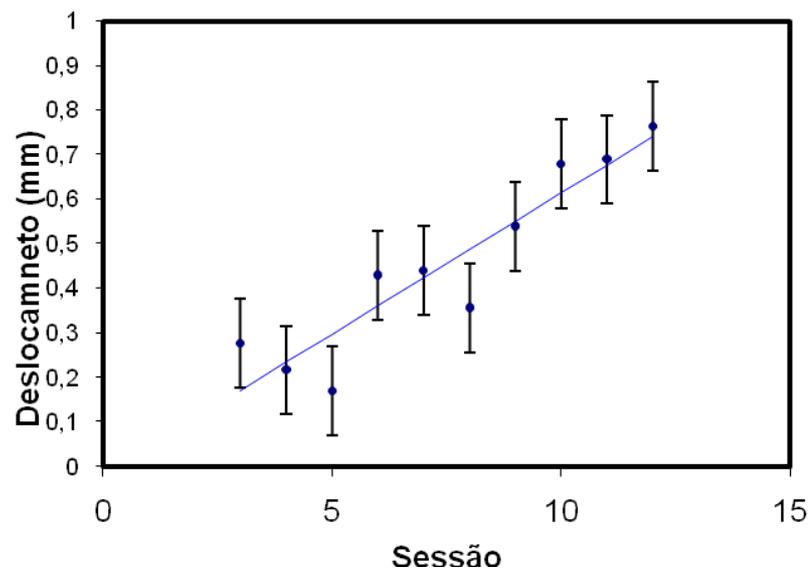


GRÁFICO 8 – Deslocamento em função da sessão para o lado esquerdo.
(Lado Controle)

d) Média Geral de Deslocamento, do 1º dia de consulta ao 13º dia de consulta:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado Direito (Irradiado): 1,55mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado Esquerdo (Controle): 0,02mm

	Coef. Angular	Coef. linear	R ²	Q ²	Erro das ordenadas	Desvio padrão da reta	p (coef. angular)	p (coef. linear)
Direito	0,0973(28)	0,062 (23)	0,77	363	0,026	0,172	0,0014	0,1806
Esquerdo	0,064 (11)	-0,021 (9)	0,86	5,56	0,099	0,083		

TABELA 9 – Análise descritiva e teste z para o conjunto de dados.

Pela TABELA 9 podemos observar que houve uma diferença estatisticamente significativa no aumento da velocidade de deslocamento do canino do lado irradiado comparando com o deslocamento do canino do lado controle (p=0,0014).

5.1.5. Paciente P. M. O. (Gênero Feminino)

a) 1º dia de consulta

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 6,22mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 5,46mm

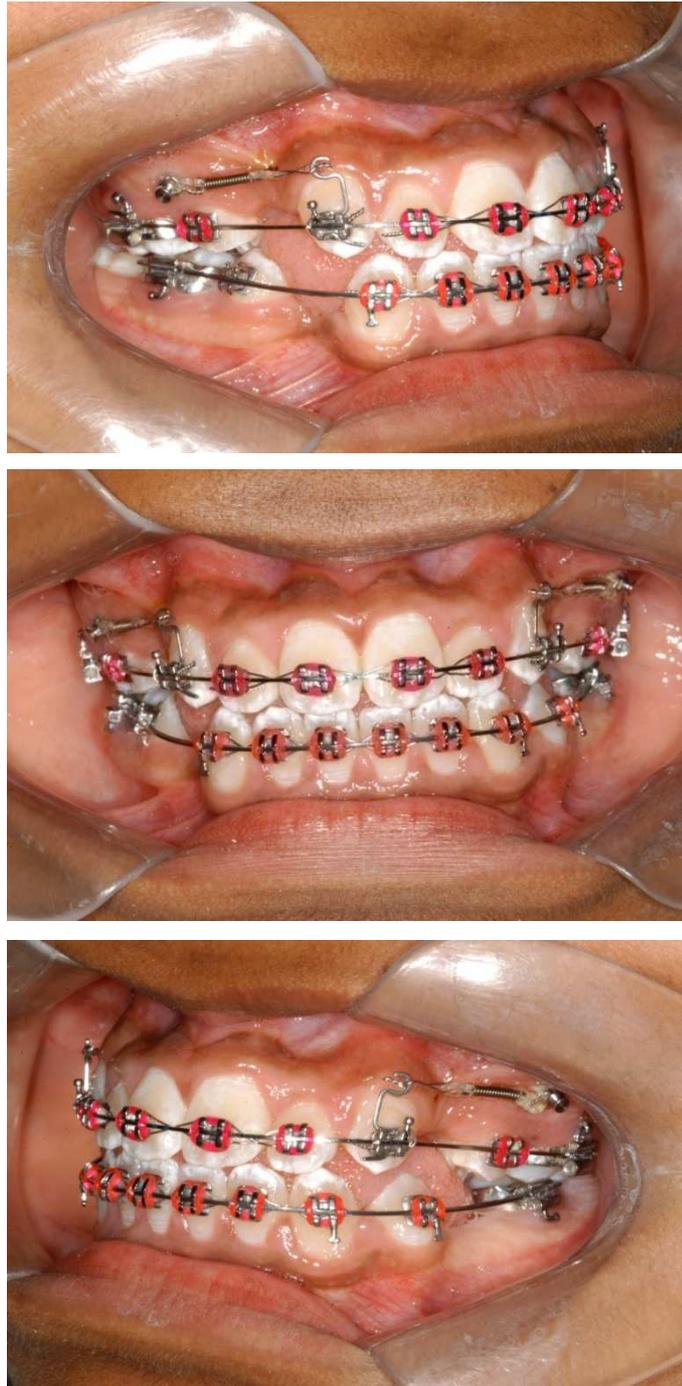


FIGURA 17: Fotos no 1º dia de pesquisa, irradiação e registro

b) Distância Média no Último Dia de Registro:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 3,71mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 2,60mm



FIGURA 18: Fotos no último dia de registro do deslocamento

c) Análise dos Gráficos Estatísticos:

Os gráficos de deslocamento em função da sessão do lado direito e esquerdo da paciente P. demonstram que o lado esquerdo possui um coeficiente angular mais inclinado, por tanto, o deslocamento do canino do lado esquerdo foi significativamente mais rápido que do lado direito ($p < 0,0001$).

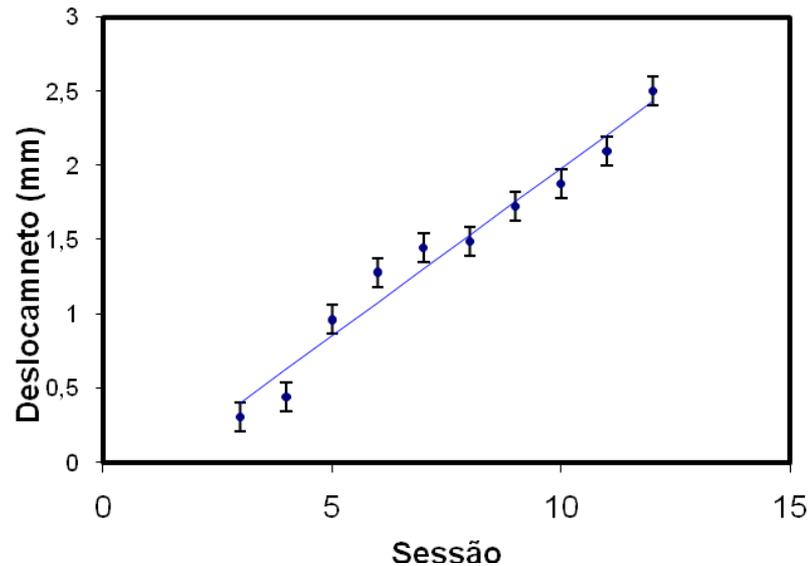


GRÁFICO 9 – Deslocamento em função da sessão para o lado direito. (Lado Controle)

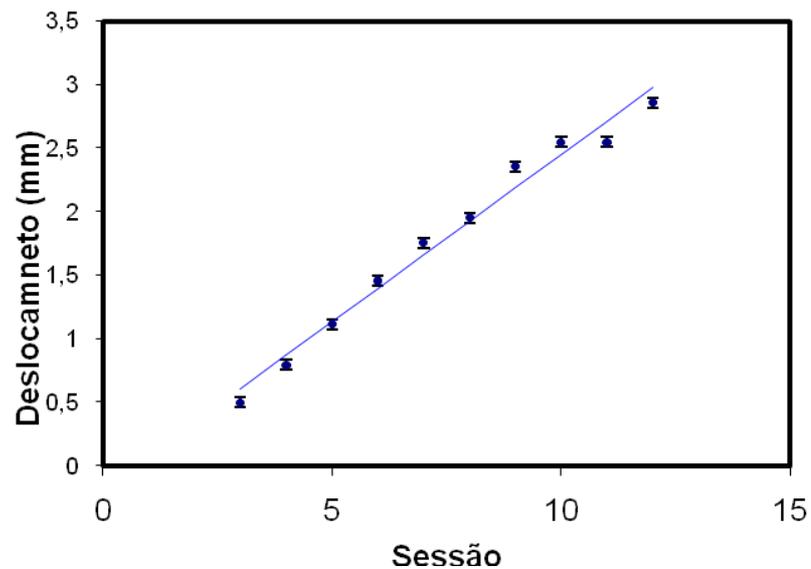


GRÁFICO 10 – Deslocamento em função da sessão para o lado esquerdo. (Lado Irradiado)

d) Média Geral de Deslocamento, do 1º dia de consulta ao 13º dia de consulta:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 2,50mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 2,86mm

	Coef. Angular	Coef. linear	R ²	Q ²	Erro das ordenadas	Desvio padrão da reta	p (coef. angular)	p (coef. linear)
Direito	0,226(7)	-0,28 (6)	0,97	32	0,067	0,135	< 0,0001	0,0919
Esquerdo	0,264 (4)	-0,19 (4)	0,98	69	0,040	0,117		

TABELA 10 – Análise descritiva e teste z para o conjunto de dados.

Pela TABELA 10 podemos observar que houve uma diferença estatisticamente significativa no aumento da velocidade de deslocamento do canino do lado irradiado comparando com o deslocamento do canino do lado controle ($p < 0,0001$).

5.1.6. Paciente A. R. S. S. (Gênero Feminino)

a) 1º dia de consulta

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 5,24mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 4,48mm

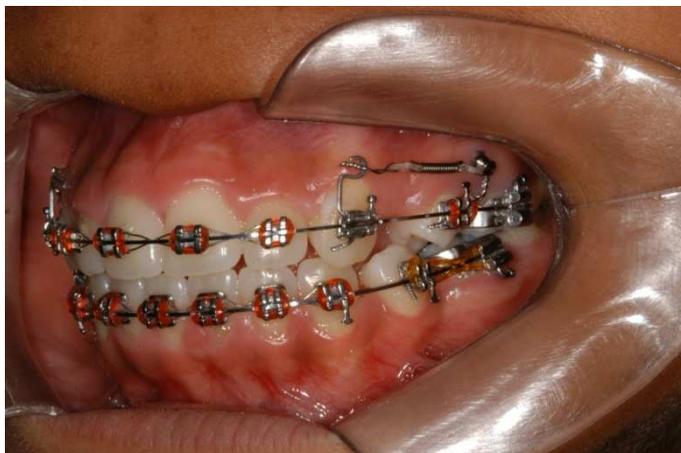


FIGURA 19: Fotos no 1º dia de pesquisa, irradiação e registro

b) Distância Média no Último Dia de Registro:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 2,97mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 3,19mm



FIGURA 20: Fotos no último dia de registro do deslocamento

c) Análise dos Gráficos Estatísticos:

Os gráficos de deslocamento em função da sessão do lado direito e esquerdo da paciente A. demonstram que o lado esquerdo e do lado direito possuem um coeficiente angular com valores semelhante, por tanto, o deslocamento do canino do lado direito e esquerdo se deslocaram na mesma velocidade, ou seja, não houve diferença significativa na velocidade de deslocamento entre os caninos do lado irradiado e controle ($p=0,3571$).

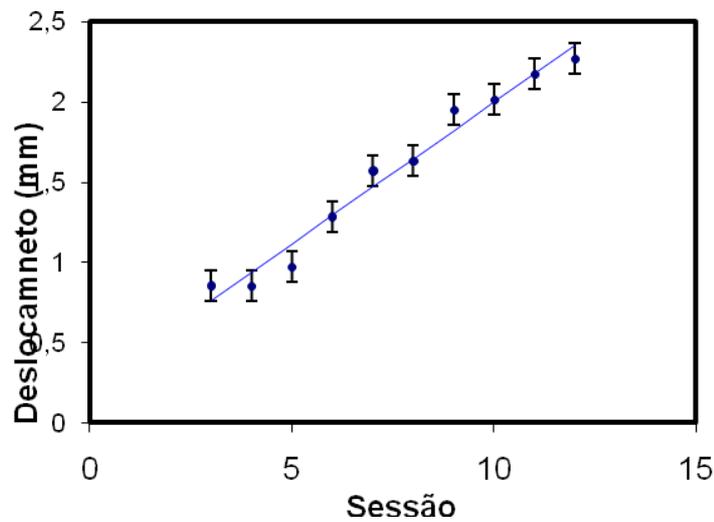


GRÁFICO 11 – Deslocamento em função da sessão para o lado direito.
(Lado Controle)

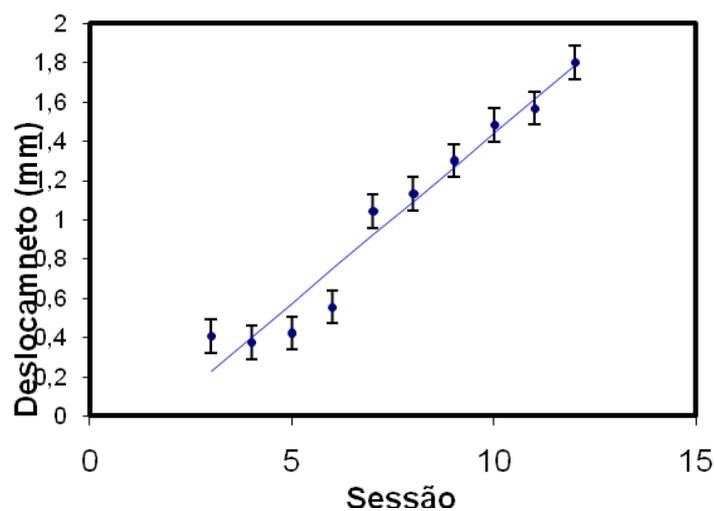


GRÁFICO 12 – Deslocamento em função da sessão para o lado esquerdo.
(Lado Irradiado)

d) Média Geral de Deslocamento, do 1º dia de consulta ao 13º dia de consulta:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 2,27mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 1,29mm

	Coef. Angular	Coef. linear	R ²	Q ²	Erro das ordenadas	Desvio padrão da reta	p (coef. angular)	p (coef. linear)
Direito	0,177 (7)	0,23 (6)	0,97	17	0,064	0,095	0.3571	< 0.0001
Esquerdo	0,173 (9)	-0,29 (7)	0,96	15	0,084	0,119		

TABELA 11 – Análise descritiva e teste z para o conjunto de dados.

Pela TABELA 11 podemos observar que não houve uma diferença estatisticamente significativa no aumento da velocidade de deslocamento do canino do lado irradiado comparando com o deslocamento do canino do lado controle (p=0,3571).

5.1.7. Paciente C. M. S (Gênero Feminino)

a) 1º dia de consulta

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 6,80mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 6,35mm

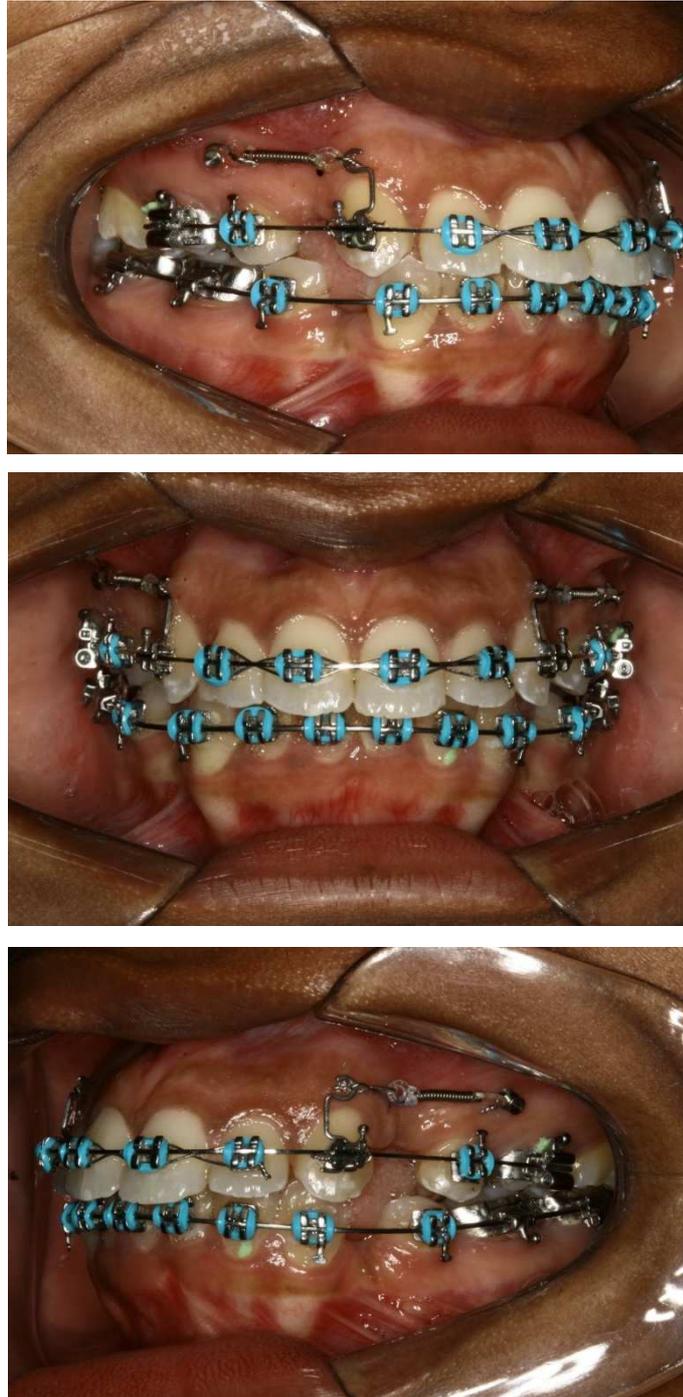


FIGURA 21: Fotos no 1º dia de pesquisa, irradiação e registro

b) Distância Média no Último Dia de Registro:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 5,71mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 6,25mm



FIGURA 22: Fotos no último dia de registro do deslocamento

c) Análise dos Gráficos Estatísticos:

Os gráficos de deslocamento em função da sessão do lado direito e esquerdo da paciente C. M. demonstram que o lado esquerdo e do lado direito possuem um coeficiente angular com valores semelhante, por tanto, o deslocamento do canino do lado direito e esquerdo se deslocaram na mesma velocidade, ou seja não houve diferença significativa na velocidade de deslocamento entre os caninos do lado irradiado e controle ($p=0,1474$).

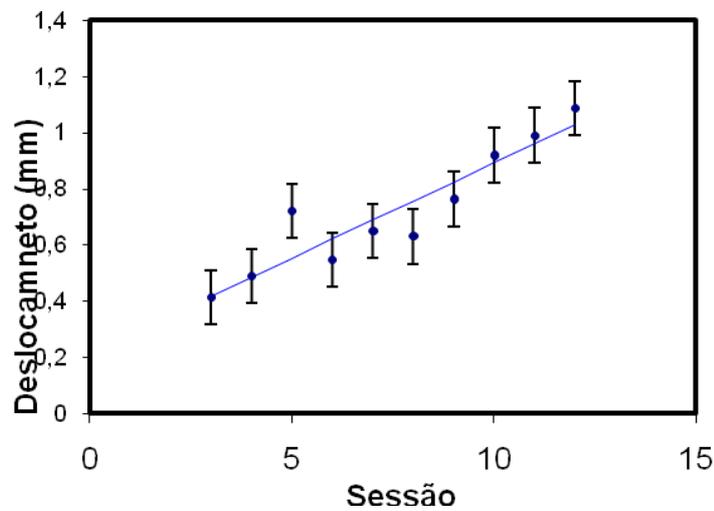


GRÁFICO 13 – Deslocamento em função da sessão para o lado direito. (Lado Controle)

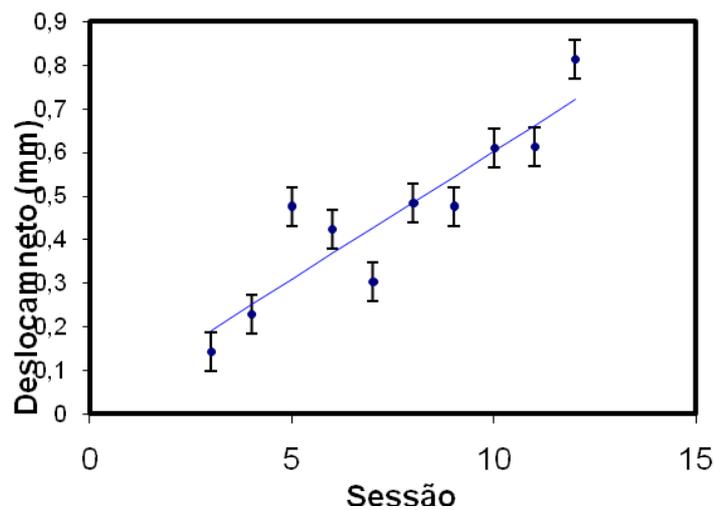


GRÁFICO 14 – Deslocamento em função da sessão para o lado esquerdo. (Lado Irradiado)

d) Média Geral de Deslocamento, do 1º dia de consulta ao 13º dia de consulta:

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado direito (controle): 1,09mm

Distância média entre canino e 2º pré-molar, lado esquerdo (irradiado): 0,10mm

	Coef. Angular	Coef. linear	R ²	Q ²	Erro das ordenadas	Desvio padrão da reta	p (coef. angular)	p (coef. linear)
Direito	0,068 (7)	0,21 (6)	0,86	15	0,063	0,086	0,1474	0,0019
Esquerdo	0,059 (5)	0,01 (4)	0,82	32	0,045	0,090		

Tabela 12 – Análise descritiva e teste z para o conjunto de dados.

Pela TABELA 12 podemos observar que não houve uma diferença estatisticamente significativa no aumento da velocidade de deslocamento do canino do lado irradiado comparando com o deslocamento do canino do lado controle (p=0,1474).

5.2. Sumário

Velocidade de Retração Total dos Caninos

Pigmentação Gengival	Nome	Lado Irradiado	Lado Controle	Nível de Significância (p)
		$\alpha 1$ Coef. Angular	$\alpha 2$ Coef. Angular	$\alpha 1 - \alpha 2$
Pacientes sem pigmentação melânica gengival	M. A.	0,148 (11) - Lado Direito	0,0857 (57)	< 0,0001
	R. D. I.	0,159 (23) - Lado Esquerdo	0,054 (10)	< 0,0001
	S. A. A. C.	0,0973(28) - Lado Direito	0,064 (11)	=0,0014
	P. M. O.	0,264 (4) - Lado Esquerdo	0,226(7)	< 0,0001
Pacientes com pigmentação melânica gengival	A. R. S. S.	0,173 (9) - Lado Esquerdo	0,177 (7)	=0,3571
	C. M. S.	0,059 (5) - Lado Esquerdo	0,068 (7)	=0,1474
	W. A. S.	0,062 (6) - Lado Esquerdo	0,172 (8)	< 0,0001

TABELA 13 - Sumário das Velocidade de Retração Total dos Caninos
(Coeficiente Angular) mm/consulta

Analisando a tabela geral, podemos observar que houve um aumento significativo na velocidade de retração dos caninos do lado irradiado, quando comparado com o lado controle, em 4 dos 7 pacientes. Em dois pacientes podemos observar que a velocidade de deslocamento dos caninos no lado experimental e no lado controle foram iguais. Apenas em um dos pacientes o canino do lado controle se deslocou mais rapidamente quando comparado com o canino do lado irradiado.

5.3. Aumento da Velocidade nos caninos do lado irradiado

	Aumento relativo médio	<i>p</i>
Pacientes sem pigmentação melânica	0,666	<0,0001
Todos os Pacientes	0,1389	<0,0001

TABELA 14 – Aumento Relativo Médio da Velocidade de deslocamento dos caninos do lado irradiado

Através da variação do método dos mínimos quadrados foi obtido uma média com aumento relativo de velocidade de todos os pacientes e sua respectiva incerteza. Utilizando-se o teste z, foi determinado que esse aumento relativo era compatível com zero ou não. Os resultados obtidos em nosso estudo mostraram que a porcentagem na movimentação dentária dos caninos no lado onde se aplicou o laser de baixa potência foi significativamente maior que no lado que serviu de controle, 66% maior. E para o grupo todo, obtivemos 13% no aumento da velocidade.

5.4. Efeito Analgésico da Laserterapia

Neste estudo também foi analisado o efeito analgésico promovido pela irradiação com o laser de baixa potência após as ativações das molas. Todos os pacientes relataram a sensação de dor no 1º dia, logo após a ativação das molas, tanto no lado direito, como no lado esquerdo, seguido de alívio da dor após a laserterapia, conforme o preenchimento da tabela VAS. Da 2ª consulta em diante, nenhum paciente relatou dor após as ativações das molas, tanto no lado irradiado como no controle.

A seguir, diagrama da tabela VAS com os respectivos valores preenchidos de cada paciente na primeira consulta da pesquisa. As marcações foram realizadas após a ativação das molas, sendo que uma anotação foi antes da

irradiação com o laser, e outra após, tanto no lado experimental, como no controle.

antes	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
depois	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TABELA 15: M. A. – Lado de Irradiação: Direito

antes	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
depois	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TABELA 16: W. A. S. – Lado de Irradiação: Esquerdo

antes	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
depois	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TABELA 17: R. D. I. – Lado de Irradiação: Esquerdo

antes	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
depois	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TABELA 18: S. A. A. C. – Lado de Irradiação: Direito

antes	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
depois	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TABELA 19: A. R. S. S. – Lado de Irradiação: Esquerdo

antes	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
depois	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TABELA 20: P. M. O. – Lado de Irradiação: Esquerdo

antes	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
depois	Lado Direito	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Lado Esquerdo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TABELA 21: C. M. S. – Lado de Irradiação: Esquerdo

Nesta parte da análise foi estudado se houve ou não indícios de diferença estatisticamente significativa entre antes e depois da irradiação laser (em ambos os lados), e entre os lados direito e esquerdo de um mesmo grupo (antes e após a laserterapia).

Todos os pacientes notaram uma melhora da dor após a aplicação do laser na 1ª consulta, com uma diferença estatisticamente significativa entre os conjuntos de dados estudados, lado irradiado e controle. O resultado, então sugere que houve um significativo alívio de dor em ambos os lados estudados após a irradiação laser (TABELA 22).

Grupo	p
Antes da aplicação do laser lado irradiado/ controle	=0,028
Depois da aplicação do laser lado irradiado/ controle	=0,028

TABELA 22 – Análise estatística para comparações entre antes e após a irradiação

Não houve diferença em termos de dor entre lado irradiado e não irradiado. Embora só um lado foi irradiado, o efeito analgésico foi observado em ambos os lados (TABELA 23).

Grupo	p
Lado irradiado/ controle Antes da aplicação do laser	=0,34
Lado irradiado/ controle Depois da aplicação do laser	=0,58

TABELA 23 – Análise estatística para comparações entre os lados irradiado e não irradiado

6. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi obter melhora na velocidade de retração dental utilizando laser de diodo de baixa potência (780nm) através de um novo protocolo com ativações em intervalos menores. Além de avaliar o efeito analgésico da laserterapia durante a movimentação ortodôntica dos caninos superiores.

De acordo com recentes estudos é possível promover uma aceleração na movimentação dentária^{21, 24, 48, 50, 113, 120} e também um alívio da dor^{21, 25, 44, 57, 87, 97, 106, 120} utilizando o laser de baixa potência. A laserterapia demonstra ser uma técnica eficaz, pois interage diretamente com células e tecidos, além de não ser invasiva.

Atingir o objetivo nesse estudo vem de encontro com duas das principais queixas dos pacientes na clínica ortodôntica: o tempo de tratamento muito longo e a dor durante as ativações. Para isso utilizamos além do laser de baixa potência, alguns novos dispositivos ortodônticos e também tornamos mais curto o intervalo entre as consultas, a fim de maximizar o tratamento ortodôntico, almejando assim a elaboração de um aparelho ortodôntico ideal.

Ao longo dos anos, alguns pesquisadores tentaram desenvolver métodos para aumentar a velocidade de movimentação dental, a fim de se reduzir o tempo de tratamento ortodôntico^{12, 16, 33, 39, 62, 79, 101, 114, 119-122}. Porém, esses estudos, na grande maioria, foram experimentais e em animais. Além disso, ainda não existe um consenso na dose recomendada para administração dessas substâncias em humanos, e o método cirúrgico é complexo e arriscado aos pacientes.

Recentemente vários estudos sobre os efeitos de biomodulação da irradiação do laser de baixa potência tem sido apresentados^{56, 74, 103}. No entanto são escassas as informações sobre o efeito da irradiação com laser de baixa potência na remodelação tissular durante um tratamento ortodôntico. Na ortodontia a laserterapia tem sido utilizada para diversos procedimentos, como no

tratamento de úlceras traumáticas na mucosa bucal causadas pelos brackets⁸⁶, na redução de dor após ativação do aparelho^{21, 25, 57, 87, 97, 120} ou no processo de remodelação óssea^{21, 24, 48, 50, 58, 89, 96, 113, 120}.

A maior parte da radiação laser ao atingir a superfície em que ela se destina, é absorvida, espalhada ou transmitida através do tecido, e uma pequena parte dela, refletida. Ainda, parte da radiação pode ser retro espalhada, isto é, ser espalhada no interior da gengiva e retornar para o exterior. Nesta interação, dois processos são fundamentais: a absorção e o espalhamento. A quantidade de luz espalhada deve ser calculada, evitando danos em regiões distantes da área onde o feixe laser se propaga. A absorção pode ocorrer tanto pela água do tecido, quanto por um cromóforo absorvedor, como a hemoglobina ou a melanina¹²².

As propriedades ópticas de cada tecido biológico são muito importantes, pois têm um papel fundamental na distribuição da radiação laser naquele tecido, determinando a extensão e natureza da resposta tecidual¹²². Sendo a água o composto majoritário dos tecidos gengivais e considerando a superficialidade onde se encontram os melanócitos, células que produzem o pigmento melanina e os queratinócitos, células que contém esse pigmento, na camada basal do epitélio gengival⁵⁹.

Após a avaliação dos nossos resultados, notamos um aumento significativo na velocidade de retração dos caninos do lado irradiado, quando comparado com o lado controle, em 4 dos 7 pacientes. De acordo com os gráficos de retração dos 4 pacientes, o coeficiente angular dos gráficos de velocidade de retração foram maiores, ou seja, o lado irradiado foi significativamente mais veloz que o controle. Em duas pacientes, podemos observar que a velocidade de deslocamento dos caninos no lado experimental e no lado controle foram iguais. Apenas um paciente (WAS) teve um aumento da velocidade de retração no lado controle. Após a análise do gráfico dos coeficientes de absorção dos cromóforos (ANEXO F), observamos que o comprimento de onda de 780nm tem mais afinidade com a melanina do que com a água e com a hidroxiapatita, ambos presentes no osso alveolar.

Com isso, deduzimos que a laserterapia não atuou positivamente nos 3 pacientes do 2º grupo, provavelmente, por possuírem pigmentação melânica gengival mais escurecida, porém, como não fazia parte dos objetivos do trabalho, não foi avaliada a graduação da coloração gengival (classificação de DUMMETT²²). A falta de efeito significativo da laserterapia desses pacientes pode estar relacionada também à dosimetria, que pode não ter sido alta o suficiente para que o laser ultrapassasse a pigmentação melânica e penetrasse mais profundamente no tecido ósseo e no ligamento periodontal.

Em relação ao paciente WAS, onde, o canino do lado controle apresentou uma velocidade significativamente maior que do lado irradiado. Neste momento, é válido informar que elegemos o lado controle em todos os pacientes, o mesmo lado de mastigação. Então, supomos que, a explicação para esse fato esteja na teoria hipotética do efeito piezoelétrico, que relaciona o estresse da mastigação ou a administração de uma força ortodôntica com a movimentação dentária, gerando correntes iônicas (eletricidade) ao osso alveolar⁴⁰.

Apesar de os trabalhos de CRUZ *et al.*²¹ e YOUSSEF *et al.*¹²⁰, o lado experimental de todos os pacientes tiveram um aumento na velocidade da distalização dos caninos no lado irradiado. Porém, nenhum dos autores relataram alguma variação étnica em suas pesquisas. Levando em consideração a localização de origem das pesquisas, poderemos supor que o índice de habitantes caucasianos predominam, tanto em Porto Alegre, região Sul do Brasil²¹, como em Damasco, na Síria¹²¹. Ainda assim, os resultados obtidos em nosso estudo mostraram que a velocidade de deslocamento dos caninos no lado onde se aplicou o laser de baixa potência foi 66% maior do que no lado que serviu de controle, nos pacientes do grupo sem pigmentação melânica (TABELA 14). Quando comparamos com trabalhos posteriores podemos observar que o índice da velocidade foi maior que de CRUZ *et al.*²¹ YOUSSEF *et al.*¹²⁰, os quais obtiveram um aumento de 30% e 50% , respectivamente.

No entanto, futuras investigações devem ser realizadas a fim de proporcionar um efeito positivo da laserterapia no aumento da velocidade de movimentação dentária em pacientes com pigmentação melânica gengival.

Mudanças nos parâmetros, o que inclui principalmente a utilização de uma dosagem mais alta poderia ser uma alternativa.

De acordo com RICKETTS⁸³, para promover uma resposta ortodôntica ideal, deve-se utilizar forças contínuas e metabólicas. Por conta disso, empregamos uma força considerada ideal de 150 gramas de força para retração dos caninos, da mesma forma que foi realizado em trabalhos posteriores^{21, 120},

Segundo PROFITT⁸⁰, os aparelhos ortodônticos deveriam ser ativados com frequência maior que 3 em 3 semanas, mas o intervalo entre consultas de 4 semanas é o mais característico da prática clínica. Utilizando força for pesada a mesma declinará até zero nos primeiros 10 dias, e ocorrerá reabsorção solapante do osso alveolar. Haverá um período igual ou maior para regeneração e reparo do ligamento periodontal antes da força ser aplicada novamente. O critério para os intervalos entre as consultas se torna claro. Se o aparelho produz forças leves, a reabsorção frontal é contínua, não há necessidade de maior ativação. Ou seja, o dente estaria sendo movimentado constantemente pela força leve de 150 gramas.

No presente estudo, mudamos o protocolo de ativação das molas para 15 em 15 dias, poderia fazer com que as molas produzissem forças mais constantes. A reabsorção solapante requer de 7 a 14 dias (tempo maior no início da aplicação da força do que posteriormente). Quando esta é a forma de movimento dentário e quando esta diminui rapidamente, o movimento dentário se completará no final do período.

Para PROFFIT⁸⁰ a resposta à aplicação de força contra os dentes depende da magnitude de força. Forças pesadas levam ao rápido desenvolvimento de dor, necrose dos elementos celulares no ligamento periodontal e o fenômeno da reabsorção solapante do osso alveolar próximos ao dente afetado. Forças mais leves são compatíveis a sobrevivência das células do ligamento periodontal e com uma remodelação alveolar com relativamente menor dor e reabsorção frontal do alvéolo dentário.

Os resultados obtidos após a 1ª consulta sugerem a ação da terapia com laser na promoção do alívio de dor. Porém a ausência de dor da 2ª consulta em diante, provavelmente está relacionado à magnitude de força. Forças contínuas e metabólicas são mais compatíveis tanto na resposta tissular à aplicação de força contra os dentes, como para o desenvolvimento de dor⁵⁷. Como nós optamos em realizar os intervalos entre as ativações mais curtos, de 15 em 15 dias, e utilizando forças leves de 150 gramas, foi possível manter uma força mais constante, pois o intervalo entre as consultas eram mais curtos. Com isso, a cada consulta, a ativação das molas não perdeu tanta força durante os 15 dias, tanto no lado experimental, como no controle, a força foi mais constante.

Por tanto, podemos sugerir que o laser, a não ser no 1º dia de ativação, pode não ter influenciado na ação analgésica no alívio da dor após as ativações das molas, e sim pelo fato de trabalharmos com forças leves e contínuas e com os intervalos, entre as consultas, mais curtos.

Antes de iniciarmos a pesquisa, todos os pacientes foram esclarecidos sobre os efeitos benéficos do laser propostos nesse trabalho, tanto no aumento da velocidade de movimentação dental, como no alívio de dor. Com isso obtivemos outro dado interessante. Como já foi dito anteriormente, o 1º dia de consulta foi o único dia onde os pacientes relataram dor após a ativação das molas. Nós observamos que os pacientes obtiveram alívio da dor, tanto no lado irradiado, como no controle.

Apesar de, a dor ser subjetiva, demonstra uma ampla variedade individual. A dor depende de diversos fatores, como idade, gênero, diferenças culturais, estado emocional e estresse momentâneo, limiar de dor individual, magnitude de força aplicada e experiências de dor no passado⁷². A sensação de dor descrita pelos pacientes, tanto no dente, como ao seu redor são respostas à ação mecânica promovida pelo aparelho ortodôntico nas áreas de pressão e tensão no ligamento periodontal. Os ortodontistas, por sua vez, frequentemente sugerem a estes pacientes que tomem algum analgésico ou anti-inflamatório após a consulta, se por ventura, sentirem dor^{4, 7, 9, 11, 17, 27, 49, 53, 72, 77}.

Alguns autores relatam que drogas anti-inflamatórias não esteroidais (DAINEs) podem interferir no processo inflamatório que ocorre durante a movimentação dentária, devido a capacidade de inibir a síntese e liberação de prostaglandinas, porém as prostaglandinas agem como mediadores bioquímicos no processo de reabsorção óssea durante a movimentação dentária aumentando o número de osteoclastos ^{118, 119}. Inibindo a síntese de PGE1 e PGE2, o movimento ortodôntico será da mesma forma inibido ^{4, 11, 27, 49, 53, 77}.

Os efeitos analgésicos promovidos pela utilização do laser de baixa potência podem ser explicados por meio da modulação do processo inflamatório, como inibição da síntese de PGE₂ e a IL-1 β , que são alguns dos mediadores químicos inflamatórios enviam a mensagem nociva de dor ⁹⁷, e também através da síntese da produção de endorfina, que por sua vez causa o bem-estar ^{44, 87}.

O alívio de dor relatado pelos pacientes no lado controle, provavelmente foi atribuído ao efeito placebo. Apesar de placebo ser um tratamento inócuo. Efeito placebo é quando se obtém um resultado a partir da administração de um placebo. Isso pode ser explicado pelo efeito “Hawthorne” ³⁸, cujo efeito refere-se a dois fenômenos: (1) os pacientes tinham conhecimento que estavam participando de uma pesquisa clínica, onde seria testada a eficiência analgésica do laser de baixa potência, isso os induziria a relatar alívio da dor após a aplicação do laser. Isso é conhecido como uma percepção das características de exigências do experimento pelos indivíduos estudados. (2) Seria isso então, um verdadeiro efeito placebo, devido à crença de que o tratamento teve o seu efeito.

Segundo, PROFITT ⁸⁰, a técnica para produzir a máxima retração sem perda de ancoragem combinam duas abordagens possíveis. A primeira é o reforço da ancoragem posterior por meios apropriados, que podem ser obtidas por forças extra-bucais e elásticos intermaxilares, mas essas dependem da cooperação dos pacientes. A segunda abordagem envolve na diminuição da tensão na ancoragem posterior, que inclui qualquer procedimento para eliminar o atrito do sistema de retração, incluindo a retração dos caninos separadamente. Porém, em nossa pesquisa, a escolha para retração individual dos caninos, tanto

pra o lado controle, como para o lado experimental foi apenas para facilitar a mensuração e a coleta dos dados de movimentação dental.

No presente estudo, utilizamos os mini-implantes, por aceitar que uma das principais vantagens está na capacidade desses dispositivos promoverem uma ancoragem ideal ou absoluta, e temporária, isso se deve ao rosqueamento e fixação dos mini-parafusos em osso cortical e medular. Outra principal vantagem é a menor dependência de colaboração do paciente, diminuindo assim, a necessidade de aparatologias, como o arco extra-bucal, se tornando uma opção mais estética e confortável ao paciente e mais confiável e previsível ao ortodontista^{10, 88}.

Os ortodontistas buscaram durante anos encontrar um limite do qual a pressão não produziria reação, e com isso poderia fornecer um controle de ancoragem perfeito, o necessário, apenas para assegurar que o limite para o movimento dentário sem movimentar os dentes da unidade de ancoragem. Segundo PROFITT⁸⁴, é possível realizar essa estratégia, utilizando uma força necessária, que produz o movimento dentário para onde ele for desejado deixando a pressão no ligamento periodontal dos dentes de ancoragem tão leve quanto possível. Porém, essas forças são tão leves, que poderiam algumas vezes não produzir movimento algum, ou por descuido do ortodontista, poderia produzir um movimento dentário à resposta de uma força demasiadamente pesada, produzindo algum movimento indesejável. A proposta em utilizar mini-implantes para esse trabalho seria para acabar com essa preocupação, alcançando a ancoragem absoluta e calibrando por meio de um dinamômetro digital a força ideal para produzir movimento dentário com uma resposta biológica compatível.

De acordo com a literatura, 150gramas é a força ideal para se movimentar um canino em uma média de 1mm/mês^{60, 75, 83}. No presente estudo, nem todos os caninos, tanto do lado controle, como no lado irradiado, durante os dois meses de pesquisa, se movimentaram 1mm por mês, totalizando nos 2mm. CRUZ *et al.*²¹ e YOUSSEF *et al.*¹²⁰ conseguiram uma distalização dos caninos do grupo experimental mais veloz, se comparada com o grupo controle. Nos dois estudos,

durante os dois meses de experiência, os caninos do lado irradiado completaram um fechamento total dos espaços da exodontia.

CRUZ *et al.*²¹ utilizaram uma barra transpalatina (BTP) e um botão de Nance que, em muitos casos, permitem certo grau de movimentação da unidade de ancoragem⁵. No experimento de YOUSSEF *et al.*¹²⁰, os autores não utilizaram unidade de ancoragem ou omitiram. No presente estudo, nós usamos uma metodologia muito semelhante, no que diz respeito aos dias de ativações das molas, porém, utilizamos mini-implantes como ancoragem absoluta durante o período de retração individual dos caninos superiores. O simples fato de usar mini-implantes, não os implica na participação do processo biológico de remodelação óssea, apenas tem a função de ancoragem esquelética, a qual não permite a movimentação da unidade de reação. Esta é obtida devido à incapacidade de movimentação dos dentes posteriores frente à mecânica ortodôntica⁶⁸.

Podemos supor, então, que nos trabalhos de CRUZ *et al.*²¹ e YOUSSEF *et al.*¹²⁰ podem ter ocorrido o fechamento dos espaços das exodontias, tanto no lado controle, como no lado irradiado e não uma retração verdadeira dos caninos, permitidas pelos fracos métodos de ancoragem dos dentes posteriores. Acreditamos que, em nosso trabalho, o canino levou mais tempo para realizar uma retração, devido à ação de um único movimento, de distalização, à ação de força sobre o canino. Quando utilizamos mini-implantes como ancoragem absoluta, podemos observar, não uma movimentação mais rápida, mas sim uma retração verdadeira, pois não ocorre a reação da unidade de ancoragem. O simples fechamento do espaço da exodontia é mais rápido do que uma retração verdadeira, pois existe uma soma dos movimentos, tanto da perda de ancoragem dos dentes posteriores como na distalização do canino.

Até agora, discutimos sobre a redução no intervalo de tempo entre as consultas, que levou a um resultado satisfatório em relação a um tratamento ortodôntico com ausência de dor. Sobre a ação dos mini-implantes, que demonstraram ser eficazes no papel de ancoragem para retração dos caninos em todos os pacientes tratados, e a quantidade de força aplicada durante as

mecânicas. Mas falta um componente para fechar essa etapa de discussão, o uso das molas de níquel-titânio, as quais presas dos mini-implantes aos ganchos nos caninos promoveram a movimentação dos dentes.

Com as molas fechadas de NiTi nós conseguimos produzir forças leves e contínuas em uma média de 150gramas durante o período de ativação. Ao contrário das molas de aço que produzem forças muito pesadas e a ativação decai muito rapidamente ¹¹⁰. Com isso, as molas de NiTi pareciam ser a melhor escolha para promover uma movimentação dental com forças leves e constantes. Força contínua é a força mantida a um nível considerável, mantendo um movimento relativamente uniforme do dente, resultante da reabsorção frontal, de uma consulta para outra, se esta for bem leve ⁸⁰.

Segundo PROFITT, a possibilidade de realizar movimentos dentais com forças contínuas é considerado um mito, pois para isso seria necessário modificar os aparelhos fixos atuais. A duração da força tem uma relação direta com a magnitude de força, que se varia à medida que o dente se movimenta. Somente na teoria é possível fazer uma mola perfeita, aquela que liberaria uma mesma força contínua todos os dias, independente da quantidade de movimento dentário resultante daquela força ⁸⁰.

Por mais habilidade que se tenha para exercer uma força contínua, o clínico cuidadoso estará certo que as forças leves devem ser aplicadas. Algumas molas rudimentares utilizadas no tratamento ortodôntico produzem forças que rapidamente diminuem para zero e são desse modo, incapazes de provocar um dano biológico tal qual ocorreria com forças contínuas pesadas. Dessa forma, a força contínua pesada poderá ser muito destrutiva tanto para as estruturas periodontais, como para o próprio dente ⁸⁰.

Na realidade, mesmo com redução dos intervalos entre as consultas, o uso dos mini-implantes como ancoragem e as molas de NiTi, algum declínio na magnitude de força (decomposição de força) é notado mesmo com o melhor desenho de mola após o dente ter-se movido a uma curta distância ⁹³.

Além do conceito da aplicação de força pesada versus força leve, continuidade e constância da força, devemos considerar também o conhecimento das forças corretas para se aplicar na região coronal para controlar a posição da raiz. Para movimentar um dente de modo que seja parcialmente inclinado ou parcialmente translado, poderia ser necessário utilizar forças intermitentes entre aquelas necessárias apenas para inclinação ou para movimento de corpo ⁸⁰. Esses conhecimentos surgirão apenas por meio da compreensão da resposta biológica às pressões no ligamento periodontal e sua relação às forças aplicadas sobre a coroa. Afinal, a maioria das técnicas ortodônticas utiliza a coroa do dente apenas, como instrumento com o qual transmitimos forças ao ligamento periodontal.

Para BRITTO e ISAACSON ¹², em ortodontia, o movimento em que todos os pontos do dente se movem na mesma quantidade e direção é chamada movimento de corpo, ou seja, qualquer força que age através do centro de resistência (CR) de um dente causa a sua translação. O movimento dentário total resultante de forças que não agem através do CR é uma combinação de rotação e translação que ocorrem simultaneamente. Isso faz com que os brackets desempenhem uma função de, com base no conceito de que existe um nível ótimo de carga, rotacionar a raiz na mesma quantidade, em uma direção anti-horária e oposta em relação à coroa. Isso requer conceitualmente, que a raiz seja movimentada na mesma direção e na mesma velocidade que a coroa.

Nos aparelhos comumente utilizados atualmente, os brackets são colocados nas coroas dos dentes, com isso, fica inatingível direcionar a força através do centro de resistência. Dessa maneira, a única maneira para se movimentar um dente seria usar forças intermitentes. Então, quando se aplica uma força, por meio de uma mola estendida na coroa de um dente, primeiramente uma força rotacional faz com que o dente se incline em seu alvéolo, e quando isso ocorre, uma área de compressão é criada, e em seguida o dente é parcialmente translado ⁸⁰.

De acordo com estudos anteriores, a mecânica realizada com os braços de alavanca levaria o ponto de ação das forças a agir no centro de resistência do

dente durante a retração, evitando assim os movimentos de rotação indesejáveis^{14, 103}. Essa visão seria possível com as descrições do movimento dentário, que definem o aparelho ideal como aquele que poderia deslocar o dente de corpo, de forma que todos os pontos da superfície radicular e do osso alveolar seriam iguais e idealmente deslocados e estimulados.

COTRIM-FERREIRA *et al.*¹⁹ avaliaram o braço de alavanca fixo aos brackets, levando a ação da força ortodôntica passando sobre o CR, promovendo um movimento de corpo do dente. SIA *et al.*⁹⁸ avaliaram o grau de rotação de incisivos superiores, e encontraram a distância correta do centro de resistência utilizando um braço de alavanca, chamados de 'Power-Arm'. Quando o braço está posicionado acima do centro de resistência, o dente tende a sofrer uma inclinação anti-horária ou negativa da coroa durante a retração. Quando o braço está abaixo, a coroa inclina-se no sentido horário, ou positivo. Para o dente ser retraído com movimento de corpo, o power-arm deve estar localizado exatamente no centro de resistência.

Existe uma flutuação estatística ao redor do modelo ajustado, e causou uma falsa impressão de que os caninos estavam, em alguns momentos, se mesializando. Essas pendulações para mesial do canino são representadas nos gráficos, e são a resposta para a seguinte situação: à medida que o braço de alavanca está posicionado acima (para dentes superiores) do centro de resistência, o dente tende a sofrer uma inclinação anti-horária ou negativa da coroa durante a retração, criando um momento oposto nos caninos durante a retração, ou seja, as coroas dos caninos se inclinaram para mesial, enquanto se aplicada a força para retração (a rotação foi no sentido de: a raiz se inclinou para distal, ao passo que a coroa para mesial).

As respostas para tentar solucionar esse problema, devem ser consideradas apenas como aproximações simplificadas. Pois, um dente é um objeto tridimensional, a localização precisa do centro de resistência é determinada pela inserção, pelo comprimento e morfologia, então, o seu deslocamento nunca poderá ser totalmente igual em todos os lados da raiz durante o movimento. O conceito de forças diferenciais que causam um movimento dentário diferencial é

uma questão complexa que ainda não foi satisfatoriamente resolvida na teoria e na prática ¹⁰.

Este fato representa o elemento-chave na resposta a esta abordagem mecânica: distalização com braços de alavanca. Este comportamento pode ser visualizado nos gráficos dos pacientes, e a explicação mecânica para a inclinação está na localização do ponto de aplicação da força em relação ao centro de resistência do canino e na impossibilidade em fazer com que a linha de ação de força passe pelo centro de resistência.

A inclinação para mesial não desqualifica o resultado, mas exige providências durante a execução da distalização, como: o uso de braços de alavanca personalizado passando exatamente pelo centro de resistência em cada dente a ser movimentado, com isso a movimentação do canino durante a distalização, seria corrigida e estabilizada, mantendo um movimento uniforme de translação.

Os ganchos utilizados nesse trabalho são pré-fabricados e com um tamanho padrão, nesse aspecto, era de se esperar que em alguns casos, poderiam acontecer inclinações nos caninos, tanto no sentido horário, como no sentido anti-horário. E fica claro que marcas comerciais não podem determinar apenas um ou dois tipos de braços de alavanca para serem comercializados, prometendo que com esse dispositivo conseguiria realizar um movimento de corpo do dente durante as retrações. Para isso acontecer, seria necessária uma avaliação rigorosa e de inúmeros conceitos para encontrar a distância exata do CR, que acredito ainda estarem longe da prática clínica diária.

7. CONCLUSÕES

- Aumento da velocidade de movimentação dos caninos no lado onde se aplicou o laser de baixa potência nos pacientes sem pigmentação melânica.
- Ausência de dor.
- Observação de pendulação dos caninos no início do tratamento.
- Futuras investigações devem ser realizadas em pacientes com pigmentação melânica gengival.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AL-WATBAN, F. A. H.; ZHANG, Z. Comparision of wound healing process using argon and krypton lasers. **J Clin Laser Med Sug.** v. 15, p. 209-215, 1997.
2. ANDREW, C.; BASSET, L. Biologic significance piezelectricity. **Calc Tiss Res.** v. 1, p. 252-272,1968.
3. ARAÚJO, T. M.; NASCIMENTO, M. H. A.; BEZERRA, F.; SOBRAL, M. C. Ancoragem esquelética em Ortodontia com miniimplantes. **R Dental Press Ortod Ortop Facial.** v. 11, n. 4, p. 126-156, 2006.
4. ARIAS, O. R.; MARQUEZ-OROZCO, M. C. Aspirin, acetaminophen, and ibuprofen: Their effects on orthodontic tooth movement. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** v. 130, p. 364-370, 2006
5. AZENHA, C. R.; MACLUF FILHO, E. Protocolos em Ortodontia: Diagnóstico, Planejamento e Mecânica. 1ª ed. Napoleão, 2008.
6. BALDWIN, J. J. Consideration of Forces for Tooth Movement. **World J Orthod.** v. 4, n. 3, p. 253-257, 1963.
7. BERGIUS, M.; KILIARIDIS, S.; BERGGREN, U. Pain in orthodontics. **J Orofac Orthop / Fortschr Kieferorthop,** v. 61, p.125-37, 2000.

8. BERTOLINI, D. R.; NEDWIN, G. E.; BRINGHAM, T. S.; SMITH, D. D.; MUNDY, G. R. Stimulation of bone resorption and inhibition of bone formation in vitro by human tumour necrosis factors. **Nature**. v. 319, 516-518, 1986.
9. BIRD, S. E.; WILLIAMS, K.; KULA, K. Preoperative acetaminophen vs ibuprofen for control of pain after orthodontic separator placement. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. v. 132, n. 4, p. 504-510, 2007.
10. BISHARA, S. E. **Ortodontia**. 1ªed. Santos, 2004.
11. BRADLEY, R. L.; ELLIS, P. E.; THOMAS, P.; BELLIS, H.; IRELAND, A. J.; SANDY, J. R. A randomized clinical trial comparing the efficacy of ibuprofen and paracetamol in the control of orthodontic pain. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. v. 132, n. 4, p. 511-517, 2007.
12. BRITTO, A. D.; ISAACSON, R. J. Em: **BISHARA, S. M. Ortodontia**. Cap. 15, pg. 208-245. Ed Santos. 2004.
13. BURSTONE, C. J. Application of bioengineering to clinical orthodontics. Em: **GRABER, T. M.; VANARSDALL, R. L. JR. eds. Orthodontics, Current Principles and Techniques**. 2ª ed. St Louis, Mo: Mosby Inc. p. 235–267, 1994.
14. BURSTONE, C. J. The biomechanics of Tooth movement. Em: **KRAUS, B. S.; RIEDEL, R. A. Vistas in Orthodontics**. Philadelphia: Lea & Febiger. p. 197-213, 1964.

15. COCHRAN, G. V. B.; PAWLUCK, R. J.; BASSET, C. A. L. Stress generated electric potenciais in the mandible and teeth. **Arch Oral Biol.** v. 12, p. 917-920, 1967.
16. COLLINS, M. K.; SINCLAIR, P. M. The local use of vitamin D to increase the rate of orthodontic tooth movement. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** v. 94, n. 4, p. 278-284, 1999.
17. CONSOLARO, A. **Reabsorções dentárias nas especialidades clínicas.** 2ª ed. Dental Press, 2005.
18. COPE, J. B. Temporary Anchorage Devices in Orthodontics: A Paradigm Shift. **Semin Orthod.** v. 11, p 3-9, 2005.
19. COTRIM-FERREIRA, F. A. Adaptação do braço de Alavanca (Power-Arm) em braquetes de caninos para Colagem. **Rev Fac Odont F Z L, São Paulo/SP.** v. 1, p. 47-53, 1989.
20. CREEKMORE, T. D.; EKLUND, M. K. The possibility of skeletal anchorage. **J Clin Orthod.** v. 17, p. 266-269, 1983.
21. CRUZ, D.R.; KOHARA, E.D.; RIBEIRO, M.S.; WETTER, N.U. Effects of Low Intensity Laser Therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: a preliminary study. **Lasers Surg Med.** v. 35, p. 117-120, 2004.
22. DUMMETT, C. O. Clinical observations on the pigment variations in health oral tissue of the negro. **J Dent Res.** v. 24, p. 7, 1945.

23. FORTINI, A.; CACCIAFESTA, V.; SFONDRINI, M. FRANCESCA; CAMBI, S.; LUPOLI, M. Clinical Applications and Efficiency of Miniscrews for Extradental Anchorage. **Orthod.** v. 1, n. 2, p. 1-12, 2004.
24. FUJITA, S.; YAMAGUCHI, M.; UTSUNOMIYA, T.; YAMAMOTO, H.; KASAI, K. Low-energy laser stimulates tooth movement velocity via expression of RANK and RANKL. **Orthod Craniofac Res.** v. 11, p. 143–155, 2008.
25. FURSTMAN, L.; BERNIK, S. clinical consideration of the periodontium. **Am J Orthod.** v. 61, p. 138-55, 1972.
26. GAINSFORTH, B. L.; HIGLEY, L. B. A study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone. **Am J Orthod Oral Surg.** v. 31, p. 406-416, 1945.
27. GAMEIRO, G. H.; NOUER, D. F.; PEREIRA NETO, J. S.; SIQUEIRA, V. C.; ANDRADE, E.D.; NOVAES, P. D.; VEIGA, M. C. F. Effects of Short- and Long-Term Celecoxib on Orthodontic Tooth Movement. **Angle Orthod.** v. 78, n. 5, 2008.
28. GARCÍA-LÓPEZ S, MEIKLE MC, VILLANUEVA RE, MONTAÑO L, MASSÓ F, RAMÍREZ-AMADOR V, BOJALIL R. Mechanical deformation inhibits IL-10 and stimulates IL-12 production by mouse calvarial osteoblasts in vitro. **Arch Oral Biol.** v. 50, n. 4, p. 449-452, 2005.
29. GAVISH, U.; YURKE, B.; IMRY, Y. Generalized Constraints on Quantum Amplification. **Phys Rev Lett.** n. 25, 4 pgs, 2004.

30. GENOVESE, W. J. **Laser de Baixa Intensidade. Aplicações Terapêuticas em Odontologia.** 1ª ed. São Paulo, Ed Santos, 2007.
31. GONZALES, C.; HOTOKEZAKA, H.; YOSHIMATSU, M.; YOZGATIAN, J. H.; DARENDELILER, M. A.; YOSHIDA, N. Force Magnitude and Duration Effects on Amount of Tooth Movement and Root Resorption in the Rat Molar. **Angle Orthod.** v. 78, n. 3, 2008.
32. GOWEN, M.; MEIKLE, M. C.; REYNOLDS, J. J. Stimulation of bone resorption in vitro by a non-prostanoid factor released by human monocytes in culture. **Biochimica et Biophysica Acta.** v.762, p.471-474, 1983.
33. HASHIMOTO, F.; KOBAYASHI, Y.; MATAKI, S.; KOBAYASHI, K.; KATO, Y.; SAKAI, H. Administration of osteocalcin accelerates orthodontic tooth movement induced by a closed coil spring in rats **Eur J Orthod.** v. 23, n. 5, p. 535-545, 2001.
34. HÄSLER, R.; SCHMID, G.; INGERVALL, B.; GEBAUER, U. A Clinical comparison of the rate of maxillary canine retraction into healed and recent extraction sites. **Eur J Orthod.** v.19. n. 6, p. 711-719, 1997.
35. HEATH, J. K.; SAKLATVALA, J.; MEIKLE, M. C.; ATKINSON, S. J.; REYNOLDS, J. J. Pig Interleukin 1 (Catabolin) is a Potent Stimulator of Bone Resorption in vitro. **Calcified Tissue International.** v. 37, p. 95-97, 1985.
36. HERMAN, R.; COPE, J. B. Miniscrew Implants: IMTEC Mini Ortho Implants. **Semin Orthod.** v. 11, p. 32-39, 2005.

37. HILL, P. A. Bone remodeling. **Br J Orthod**, v. 25, no. 2, p. 101-107, 1998.
38. HUCK, S. W.; CORMIER, W. H.; BOUNDS, W. G. **Reading Statistics and Research**. New York: Harper and Row Publishers, 1975.
39. IINO, S.; SAKODA, S.; ITO, G.; NISHIMORI, T.; IKEDA, T.; MIYAWAKIF, S. Acceleration of orthodontic tooth movement by alveolar corticotomy in the dog. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. v. 131, p. 448.e1-448.e8, 2007.
40. ISAACSON, R. J.; LINDAUER, S. J.; DAVIDOVITCH, M. On tooth movement. **Angle Orthod**. v. 63, no. 4, p.305-309, 1993.
41. IWASAKI, L. R.; HAACK, J. E.; NICKEL, J. C. REINHARDT, R. A.; PETRO, T. M. Human Interleukin-1 β and Interleukin-1 Receptor Antagonist Secretion and Velocity of Tooth Movement. **Arch Oral Biol**. v. 46, p. 185–189, 2001.
42. IWASAKI, L. R.; HAACK, J. E.; NICKEL, J. C.; MORTON, J. Human tooth movement in response to continuous stress of low magnitude. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. v. 117, p.175–183, 2000.
43. JANSON, M.; SILVA, D. A. F. R. Mesialização de Molares com Ancoragem em Mini-Implantes. **Dental Press Ortodon Ortop Facial**. v. 13, n. 5, p. 88-94, 2008.
44. JOVANOVIĆ, L.J.; MIRKOVIĆ, B.; ŽIVKOVIĆ, B. Soft Laser In The Therapy Of Herpes Simplex Labialis. **The scientific journal FACTA UNIVERSITATIS Series: Medicine and Biology**. v. 5, n. 1, p. 61 – 63, 1998.

45. KARU, T. Photobiology of low power laser effects. **Health Phys.** v. 56, p. 691-704, 1989.
46. KARU, T. **The Science of Low-Power Laser Therapy.** 1^aed. Amsterdam-Holanda. Gordon & Breach Sci Publ, 1998.
47. KATCHBURIAN, E.; ARANA, V. **Histologia e Embriologia Oral.** 3^a ed. Guanabara Koogan, p. 91-92, 1999.
48. KAWASAKI, K.; SHIMIZU, N. Effects of low-energy laser irradiation on bone remodeling during experimental tooth movement in rats. **Lasers Surg Med.** v. 26, p. 282–291, 2000.
49. KEHOE, M. J.; COHEN, S. M.; ZARRINNIA, K.; COWAN, A. The effect of acetaminophen, ibuprofen, and misoprostol on prostaglandin E2 synthesis and the degree and rate of orthodontic tooth movement. **Angle Orthod.** v.66, p. 339–350, 1996.
50. KIM, Y. D.; KIM, S. S.; KIM, T. G.; KIM, G. C.; PARK, S. B.; SON, W. S. Effect of low level laser treatment during tooth movement-immunohistochemical study of RANKL, RANK, OPG: an experimental study in rats. **Laser Phys Lett.** v. 4, n. 8, p. 616-623, 2007.
51. KOHNO, S.; KAKU, M.; KAWATA, T.; FUJITA, T.; TSUTSUI, K.; OHTANI, J.; TENJO, K.; TOHMA, Y.; MOTOKAWA, M.; SHIGEKAWA, M.; KAMADA, H.; TANNE, K. Neutralizing Effects of an Anti-Vascular Endothelial Growth Factor Antibody on Tooth Movement **Angle Orthod.** v. 75, p. 797–804, 2005.

52. KRISHNAN V, DAVIDOVITCH Z. Cellular, molecular and tissue level reactions to orthodontic force. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** v. 129, p. 469 e1–e32, 2006. (online only)
53. KRISHNAN, V. Orthodontic pain: from causes to management — a review. **Eur J Orthod.** v. 29, p. 170–179, 2007.
54. KVAM, E; GJERDET, N. R.; BONDEVIK, O. Traumatic Ulcers and pain during orthodontic treatment. **Community Dent Oral Epidemiol.** v.17, p.154-7, 1989.
55. KVINNSLAND, S.; HEYERAAS, K.; OFJORD, E. S. Effect of experimental tooth movement on periodontal and pulpal blood flow. **Eur J Orthod.** v. 11, p. 200- 205, 1989.
56. LEMAIRE, V.; TOBIN, F. L.; GRELLER, L. D.; CHO, C. R.; SUVA, L. J. Modeling the interactions between osteoblast and osteoclast activities in bone remodeling. **J Theor Biol.** v. 229, p. 293–309, 2004.
57. LIM, H. M.; LEW, K. K. K.; TAY, D. K. L. A clinical investigation of the efficacy of low level laser therapy in reducing orthodontic postadjustment pain. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** v.108, n.6, p.614-22, 1995.
58. LIMPANICHKUL, W.; GODFREY, K.; SRISUK, N.; RATTANAYATIKUL, C. Effects of low-level laser therapy on the rate of orthodontic tooth movement. **Orthod Craniofacial Res.** v. 9, n. 1, p. 38-43, 2006.
59. LINDHE, J. **Tratado de Periodontia Clínica e Implantodontia Oral.** 3ª ed. Guanabara Koogan; p. 6-7, 1999.

60. LIOU, E. J. W.; PAI, B. C. J.; LIN, J. C. Y. Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces? **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. v. 126, p. 42-47, 2004.
61. LOEVSCHELL, H.; ARENHOLT-BINDSLEV, D. Effect of low level diode laser irradiation of human oral mucous fibroblast in vitro. **Lasers Surg Med**, v.14, p.347-354, 1994.
62. MADAN, M. S.; LIU, Z.J.; GU, G. M.; KING, G. J. Effects of human relaxin on orthodontic tooth movement and periodontal ligaments in rats. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. v. 131, p. 8 e1-8 e10, 2007.
63. MARINO, A. A.; BECKER, R. O.; SODERHOLM, C. Origin of piezoelectric effect in bone. **Calcif Tiss Res**. v. 8, p.177-180, 1971.
64. MEIKLE, M. C. The tissue, cellular, and molecular regulation of orthodontic tooth movement: 100 years after Carl Sandstedt. **Eur J Orthod**. v. 28, p. 221-240, 2006.
65. MELLO, J. B.; MELLO, G. P. S. **Laser em Odontologia - Capítulo: Laser de Baixa Potência**, p 73-85 - Livraria Santos Editora - 1ª ed, 2001.
66. MELSEN, B. Tissue Reaction to Orthodontic Tooth Movement – A New Paradigm. **Eur J Orthod**. v. 23, p. 671-680, 2001.
67. MELSEN, B.; CATTANEO, M.; DALSTRA, M.; KRAFT, D. C. The Importance of Force Levels in Relation to Tooth Movement. **Semin Orthod**. v.13, p. 220-233, 2007.

68. MELSEN, B.; COSTA, A. Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. **Clin Orthod Res.** v. 3, p. 23–28, 2000.
69. MIYAWAKI, S.; KOYAMA, I.; INOUE, M.; MISHIMA, K.; SUGAHARA, T.; TAKANO-YAMAMOTO, T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. **J Orthod Dentofacial Orthop.** v. 124, p.373-378, 2003.
70. MOSTAFA, Y. A.; WEAKS-DYBVIG, M.; OSDOBY, P. Orchestration of tooth movement. **Am J Orthod.** v. 83, n. 3, p. 245-250, 1983.
71. MURRELL, E. F.; YEN, E. H.; JOHNSON, R. B. Vascular changes in the periodontal ligament after removal of orthodontic forces. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** v. 110, p.280-286, 1996.
72. NGAN, P.; KESS, B.; WILSON, S. Perception of discomfort by patients undergoing orthodontic treatment . **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** v. 96, p. 47 – 53, 1989.
73. NOJIMA, L. I. Mudanças tissulares decorrentes do movimento ortodôntico. **Dissertação (Mestrado em Ortodontia) - UFRJ.** Rio de Janeiro, 1996.
74. OZAWA, Y.; SHIMZU, N.; KARIYA, G.; ABIKO, Y. Low energy laser irradiation stimulates bone nodule formation at early stages of cell culture in rat calvarial cells. **Bone.** v. 22, p. 347–354, 1998.
75. PARK, H-S.; KWON, T-G.; KWON, O-W. Sliding Mechanics With Microscrew Implant Anchorage. **Angle Orthod.** v. 74, p. 703–710, 2004.

76. PINHEIRO, A. L. B. Biomodulatory Effects of LLLT on Bone Regeneration. **Join the World Association of Laser Therapy**. v. 13, 2001.
77. POLAT, O.; KARAMAN, A. I. Pain control during fixed orthodontic appliance therapy. **Angle Orthod**, v. 75, n. 2, 2005.
78. TP ORTHODONTICS PRODUCT CATALOG. Power Hooks. Disponível em: http://www.tportho.com/pdf/TPO_Product_Catalog.pdf. pg.100, 2008.
79. PRIETO, M. G. L.; DAINESI, E. A.; KAWAUCHI, M. Y. O uso do ultra-som na movimentação dentária induzida. **R Dental Press Ortod Ortop Facial**. v. 10, n. 5, p. 83-98, 2005.
80. PROFFIT, W. R. **Ortodontia Contemporânea**. 4ª ed. Elsevier, 2008.
81. RAMOS, L. V. T.; FURQUIM, L. Z.; CONSOLARO, A. A influência de medicamentos na movimentação ortodôntica. Uma análise crítica da literatura. **R Dental Press Ortodon Ortop Facial**. v. 10, n. 1, p. 122-130, 2005.
82. REITAN, K. Biomechanical principles and reactions. Em: **GRABBER, T. M.; SWAIN, B. F. Current Orthodontic Concept and Techniques**. Philadelphia: Saunders, 1975.
83. RICKETTS, R. M. *et al.* **Técnica bioprogressiva de Ricketts**. ed. Buenos Aires: Médica Panamericana, 1990.

84. ROBERTS-HARRY, D.; SANDY, J. Orthodontics. Part 11: Orthodontic tooth movement. **Br Dental J.** v. 196, p. 391–394, 2004.
85. ROBERTSON, C.W.; LAMBERT, W.D. Absorption coefficients of water in the infrared. **J Opt Soc Am.** v.61, p. 1316–20, 1971.
86. RODRIGUES, M. T. J. Efeito Terapêutico a Irradiação com Laser de GaAlAs ($\lambda=830\text{nm}$) em Lesões Provocadas pelo Aparelho Ortodôntico Fixo na Cavidade Bucal. **Dissertação (Mestrado Profissionalizante de Laser em Odontologia)**. São Paulo, 2001
87. ROWLISON, S. W.; KIEFER, J. R.; PRESAKIEWICZ, J. J.; PAWLITZ, J. L.; KOZAK, K. R.; KALQUTKAR, A. S.; SRALLINGS, W. C.; KURUMBAIL, R. G.; MARNETT, L. J. A Novel Mechanism of Cyclooxygenase-2 Inhibition Involving Interactions with Ser-530 and Tyr-385. **J Biol Chem.** v. 278, n. 46, p. 45763–45769, 2003.
88. RUNGCHARASSAENG, K.; KAN, J. Y. K.; CARUSO, J. M. Implant as Absolute Anchorage. **J Calif Dent.**, v. 33, n. 11, p. 881-888, 2005.
89. SAITO S, SHIMIZU N. Stimulatory effects of low-power laser irradiation on bone regeneration in midpalatal suture during expansion in the rat. **Am J Orthod Dentofacial Orthop** 1997;111:525–32.
90. SANDSTEDT, C. Einige Beiträge zur Theorie der Zahnregulierung. **Nordisk Tandläkare Tidskrift.** v. 5, p. 236 – 256, 1904.

91. SANDSTEDT, C. Einige Beiträge zur Theorie der Zahnregulierung. **Nordisk Tandläkare Tidskrift**. v. 6, p. 1-25, 141-168, 1905.
92. SANDY, J. R.; MEIKLE, M. C. Recent advances in understanding mechanically induced bone remodeling and their relevance to orthodontic therapy and practice. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. v. 103, p. 212–222, 1993.
93. SANTOS, A. C. N; TORTAMANO, A.; DOMINGUEZ, G. C.; VIGORITO, J. W. An in vitro Comparison of the Force Decay Generated by Different Commercially Available Elastomeric Chains and NiTi Closed Coil Springs. **Braz Oral Res**. v. 21, n. 1, p. 51-57, 2007.
94. SCHEURER, P. A.; FIRESTONE, A. R.; BURGIN, W. B. Perception of pain as a result of orthodontic treatment with fixed appliances. **Eur J Orthod**. v.18, p.349-57, 1996.
95. SCHNELLE, M. A.; BECK F. M.; JAYNES R. M; HUJA S. S. A Radiographic Evaluation of the Availability of Bone for Placement of Miniscrews. **Angle Orthod**. v. 74, p. 832–837, 2004.
96. SEIFI, M.; SHAFEEI, H. A.; DANESHDOOST, S.; MIR, M. Effects of two types of low-level laser wave lengths (850 and 630 nm) on the orthodontic tooth movements in rabbits. **Lasers Med Sci**. v. 22, n. 4, p. 261-264, 2007.
97. SHIMIZU, N.; YAMAGUCHI, M.; GOSEKI, T.; SHIBATAL, Y.; TAKIGUCHIL, H.; IWASAWA, T.; ABIKOL, Y. Inhibition of Prostaglandin E2 an Interleukin 1-Production by Low-power Laser Irradiation in Stretched Human Periodontal Ligament Cells. **J Dent Res**. v. 74, n. 7, p. 1382-1388, 1995.

98. SIA, S. S.; KOGA, Y.; YOSHIDA, N. Determining the Center of Resistance of Maxillary Anterior Teeth Subjected to Retraction Forces in Sliding Mechanics - An in Vivo Study. **Angle Orthod.** v. 77, n. 6, 2007.
99. SIMONET, W. S.; LACEY, D. L.; DUNSTAN, C. R.; KELLEY, M.; CHANG, M. S.; LÜTHY, R.; NGUYEN, H. Q.; WOODEN, S.; BENNETT, L.; BOONE, T.; SHIMAMOTO, G.; DEROSE, M.; ELLIOTT, R.; COLOMBERO, A.; TAN, H. L.; TRAIL, G.; SULLIVAN, J.; DAVY, E.; BUCAY, N.; RENSHAW-GEGG, L.; HUGHES, T. M.; HILL, D.; PATTISON, W.; CAMPBELL, P.; SANDER, S.; VAN, G.; TARPLEY, J.; DERBY, P.; LEE, R.; BOYLE, W. J. Osteoprotegerin: a novel secreted protein involved in the regulation of bone density. **Cell.** v. 89, p.309-319, 1997.
100. SMITH, K. The photobiological basis of low level laser radiation therapy. **Laser Ther.** v. 3, p. 19-24, 1991.
101. SOMA, S.; MATSUMOTO, S; HIGUCHI, Y; TAKANO-YAMAMOTO, T; YAMASHITA, K.; KURISU, K.; IWAMOTO, M. Local and Chronic Application of PTH Accelerates Tooth Movement in Rats. **J Dent Res.** v. 79, n. 9, p. 1717-1724, 2000.
102. SOUTHARD, T. E.; BUCKLEY, M. J.; SPIVEY, J. D.; KRIZAN, K. E.; CASKO, J. S. Intrusion anchorage potential of teeth versus implants. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** v. 107, n. 2, p. 115-120, 1995.
103. STEIN A., BENAYAHU D., MALTZ L. and ORON U. Low-Level Laser Irradiation Promotes Proliferation and Differentiation of Human Osteoblasts in Vitro. **Photomed Laser Surg.** v. 23, n. 2, p. 161–166, 2005.

104. TRACEY, S. The Nuts And Bolts of Miniscrews. **Orthod Prod.** p. 22-24, 2006.
105. TUNER, J; HODE, L. **The Laser Therapy Handbook.** Ed. Prima Books, 2007.
106. TURHANI, D.; SCHERIAU, M.; KAPRAL, D.; BENESCH, T.; JONKE, E.; BANTLEOND, H. P. Pain relief by single low-level laser irradiation in orthodontic patients undergoing fixed appliance therapy. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** v. 130, p. 371-377, 2006.
107. TWEEDLE, J. A.; BUNDY, R. E. The effect of local heat on tooth movement. **Angle Orthod.** v. 35, n. 3, p. 219-225, 1965.
108. VELLINI, F. **Ortodontia, Diagnóstico e Planejamento.** 6^a ed. Artes Médicas, 2004.
109. VLADIMIROV, Y. U. A.; OSIPOV, A. N.; KLEBANOV, G. I. Photobiological Principles of Therapeutic Applications of Laser Radiation. **Biochemistry (Moscow).** v. 69, n. 1, p. 81-90, 2004.
110. VON FRAUNHOFER, J. A.; BONDS, P.W.; JOHNSON, B.E. Force Generation by Orthodontic Coil Springs. **Angle Orthod.** v. 62, n. 2, p. 1145-148, 1993.
111. WILDEN, L.; KARTHEIN, R. Import of Radiation Phenomena of Electrons and Therapeutic Low-Level Laser in Regard to the Mitochondrial Energy Transfer. **J Clin Laser Med Surg.** v. 16, n. 3, p. 159-165, 1998.

112. WISE, G.E.; KING, G.J. The Mechanisms of Tooth Eruption and Orthodontic Tooth Movement. **J Dent Res.** v. 87, n. 5, p.414-434, 2008.
113. YAMAGUCHI, M; FUJITA, S.; YOSHIDA, T.; OIKAWA, K.; UTSUNOMIYA, T.; YAMAMOTO, H.; B, KASAI, K. Low-energy laser irradiation stimulates the tooth movement velocity via expression of M-CSF and c-fms. **Orthod Waves.** v. 66, p.139-148, 2007.
114. YAMAMOTO, T. T.; KAWAKAMI, M.; KOBAYASHI, Y.; YAMASHIRO, T.; SAKUDA M. The effect of local application of 1,25-dihydroxycholecalciferol on osteoclast numbers in orthodontically treated rats. **J Dent Res.** v. 71, p. 53–59, 1992.
115. YAMAMOTO, T. T.; KAWAKAMI, M.; YAMASHIRO, T. Effect of age on the rate of tooth movement in combination with local use of 1,25(OH)₂D₃ and mechanical force in the rat. **J Dent Res.** v. 71, p. 1487–1492, 1992.
116. YAMASAKI, K.; MIRURA, F.; SUDA, T. Prostaglandin as a mediator of bone resorption induced by experimental tooth movement in rats. **J Dent Res.** v. 59, p. 1635–1642, 1980.
117. YAMASAKI, K.; SHIBATA, Y.; IMAI, S.; TANI, Y.; SHIBASAKI, Y.; FUKUHARA, T. Clinical application of prostaglandin E₁ (PGE₁) upon orthodontic tooth movement. **Am J Orthod.** v. 85, p. 508-518, 1984.
118. YAMASAKI, K.; SHIBATA, Y.; FUKUTHARA, T. The Effect of Prostaglandins on Experimental Tooth Movement in Monkeys (*Macaca fuscata*). **J Dent Res.** v. 61, n. 12, p. 1444-1446, 1982.

119. YAMASAKI, K. The Role of Cyclic AMP, Calcium, and Prostaglandins in the Induction of Osteoclastic Bone Resorption Associated with Experimental Tooth Movement. **J Dent Res.** v. 62, n. 8, p.877-881, 1983.
120. YOUSSEF, M.; ASHKAR, S.; HAMADE, E.; GUTKNECHT, N.; LAMPERT, F.; MIR, M. The effect of low-level laser therapy during orthodontic movement: a preliminary study. **Lasers Med Sci.** v. 23, n. 1, p. 27-33, 2008.
121. ZECELL, D. M.; SIMÕES, M. Em: **GUTKNECHT, N.; EDUARDO, C. P. A Odontologia e o Laser.** Cap. 5, pg. 217-236. Ed Santos. 2004.
122. ZECELL, D. M. Interação da Luz Laser. **Apostila do Curso de Mestrado Profissionalizante em Lasers em Odontologia.** Ipen/Fosp, p. 24-30, 2005.

ANEXO A

Parecer de Aprovação Comitê de Ética em Pesquisa



Universidade de São Paulo
Faculdade de Odontologia
Comitê de Ética em Pesquisa

2ª. via

PARECER DE APROVAÇÃO Protocolo 117/2008

Com base em parecer de relator, o Comitê de Ética em Pesquisa **APROVOU** em 18 de setembro de 2008 o protocolo de pesquisa "**Efeito da terapia laser de baixa intensidade no aumento da velocidade da movimentação ortodôntica**", de responsabilidade do(a) pesquisador(a) Rodrigo Ramos Vieira, sob orientação do(a) Prof(a). Dr(a). Niklaus Wetter.

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados a este Comitê relatórios anuais referentes ao andamento da pesquisa e ao término cópia do trabalho em "cd". Qualquer emenda do projeto original deve ser apresentada a este CEP para apreciação, de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

São Paulo, 11 de dezembro de 2008.


Prof. Dr. João Gualberto de Cerqueira Luz
Coordenador do CEP-FÓUSP

ANEXO B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Objetivo do estudo - Você está participando de uma pesquisa para se avaliar o aumento da velocidade da movimentação dentária utilizando o laser terapêutico, assim como proporcionar redução de dor durante seu tratamento ortodôntico.

Procedimentos – Os caninos superiores serão movimentados para o fechamento dos espaços por meio de uma mola presa aos micro-implantes. A ativação será quinzenal, completando 60 dias no total de pesquisa. Será aplicado o laser terapêutico nos caninos, seguindo o protocolo adotado para a pesquisa.

A primeira sessão de aplicação do laser terapêutico será realizada logo após a ativação da mola. Nas consultas seguintes o paciente deverá comparecer rigorosamente à clínica em mais 2 consultas de 3 em 3 dias. Na próxima ativação, 15 dias após a 1ª ativação, repetem-se as consultas. Cada paciente preencherá o formulário de escala de dor para dizer durante os dias entre as consultas e para logo após ativação das molas.

Benefícios - Os benefícios diretos deste trabalho serão: o aumento da velocidade da movimentação dentária, podendo abreviar o término do tratamento, e diminuição da dor durante o tratamento ortodôntico.

Pesquisas recentes comprovaram o aumento na velocidade de movimentação dentária utilizando laser terapêutico no tratamento ortodôntico, assim como nos efeitos de redução de dor.

Riscos - Não existirão riscos ou desconfortos além do esperado de um tratamento ortodôntico convencional. O procedimento alternativo poderá ser vantajoso ao sujeito da pesquisa, se optar por realizá-la.

Eu, _____,
portador (a) do RG: _____, concordo em participar do projeto de pesquisa do aluno Rodrigo Ramos Vieira, inscrito no curso de pós-graduação no nível de Mestrado na área de Laser em Odontologia do IPEN/FOUSP, sendo orientado pelo Prof. Dr. Niklaus Wetter. Assumo que fui informado (a) pelos autores sobre os objetivos e métodos da pesquisa, bem como dos benefícios que este estudo pode trazer ao paciente e para o meio científico. Estou ciente de que os riscos esperados são os mesmos de um tratamento convencional ortodôntico. Estou ciente que não existirão nenhum ônus pela técnica empregada, ou quebra do aparelho. Em caso de dor, ou de quebra do aparelho, ou qualquer emergência, será providenciada assistência integral sempre que necessário. Também estou ciente da privacidade dos dados pessoais e de que também posso me retirar do projeto a qualquer momento sem nenhum prejuízo para o término do tratamento. Os autores confirmam a disposição para prestar esclarecimentos e atendimento emergencial a qualquer momento durante o andamento da pesquisa, podendo ser encontrados no telefones: 7888-2457. Se houver dúvidas sobre a ética da pesquisa entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia (Av. Lineu Prestes 2227, 05508-000 São Paulo).

Estando de acordo com o protocolo a ser seguido, e de ter minhas dúvidas suficientemente esclarecidas pelos pesquisadores, concordo em participar de forma voluntária neste estudo e autorizo o uso das informações coletadas e da documentação fotográfica para fins científicos e didáticos.

São Paulo, ____ de _____ de _____.

Assinatura do paciente
(ou representante legal)

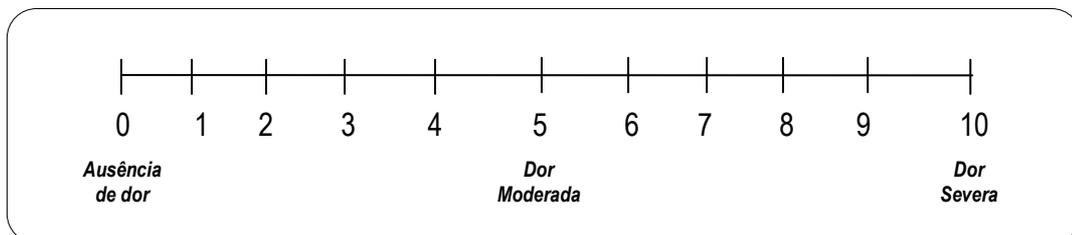
Assinatura do Pesquisador

ANEXO C**Escala Visual Analógica - VAS**

Nome do Paciente: _____

Data: ____/____/____

- Dia de: Aplicação do Laser: Antes
 Depois
 Ativação das Molas: Antes
 Depois

_____
Assinatura do Paciente

ANEXO D

Planejamento para Instalação de Implantes Ortodônticos

Nome do Paciente: _____

Idade: _____

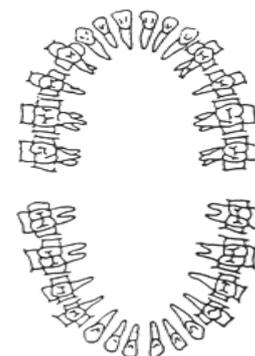
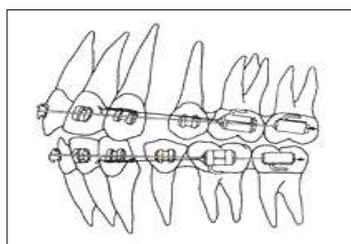
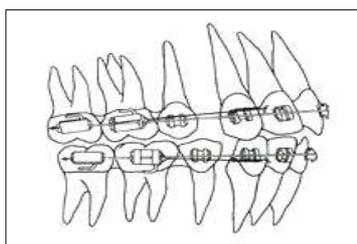
Gênero: M F Consentimento pós-esclarecido: Sim Não Autorizada publicação: Sim
 Não

1. Data da Operação: ____/____/____ Paciente colaborador Sim Não

2. Estabelecimento que a cirurgia de implante foi feita:

3. Em que fase do tratamento deve ser instalado o implante ortodôntico: **retração individual dos caninos - bilateral**

4. Local e esquema de aplicação de força - Marcar nos esquemas abaixo:



5. Sistema: **INP**

6. Objetivo do implante no tratamento: Ancoragem Distalização Mesialização Intrusão
 Outro: _____

7. Cód. do Parafuso: _____ Diâmetro da broca utilizada: **1,6 mm** Comprimento da broca:
8mm Transmucoso: **2mm**

8. Quantidade de implante intra-ósseo: **Dois, sendo 1 lado direito, 1 lado esquerdo**

9. Espessura da mucosa: _____

10. Área de Inserção: Gengiva Inserida Mucosa Alveolar

11. Força inicial programada: **150 gramas** Elástico corrente Mola NiTi

Carga Imediata Dias após cirurgia: _____

12. Dor pós operatória () Não () Sim: _____ (Nota de 0 a 10)

13. Medicação Pós: Analgésico Clorexidine solução Outro _____

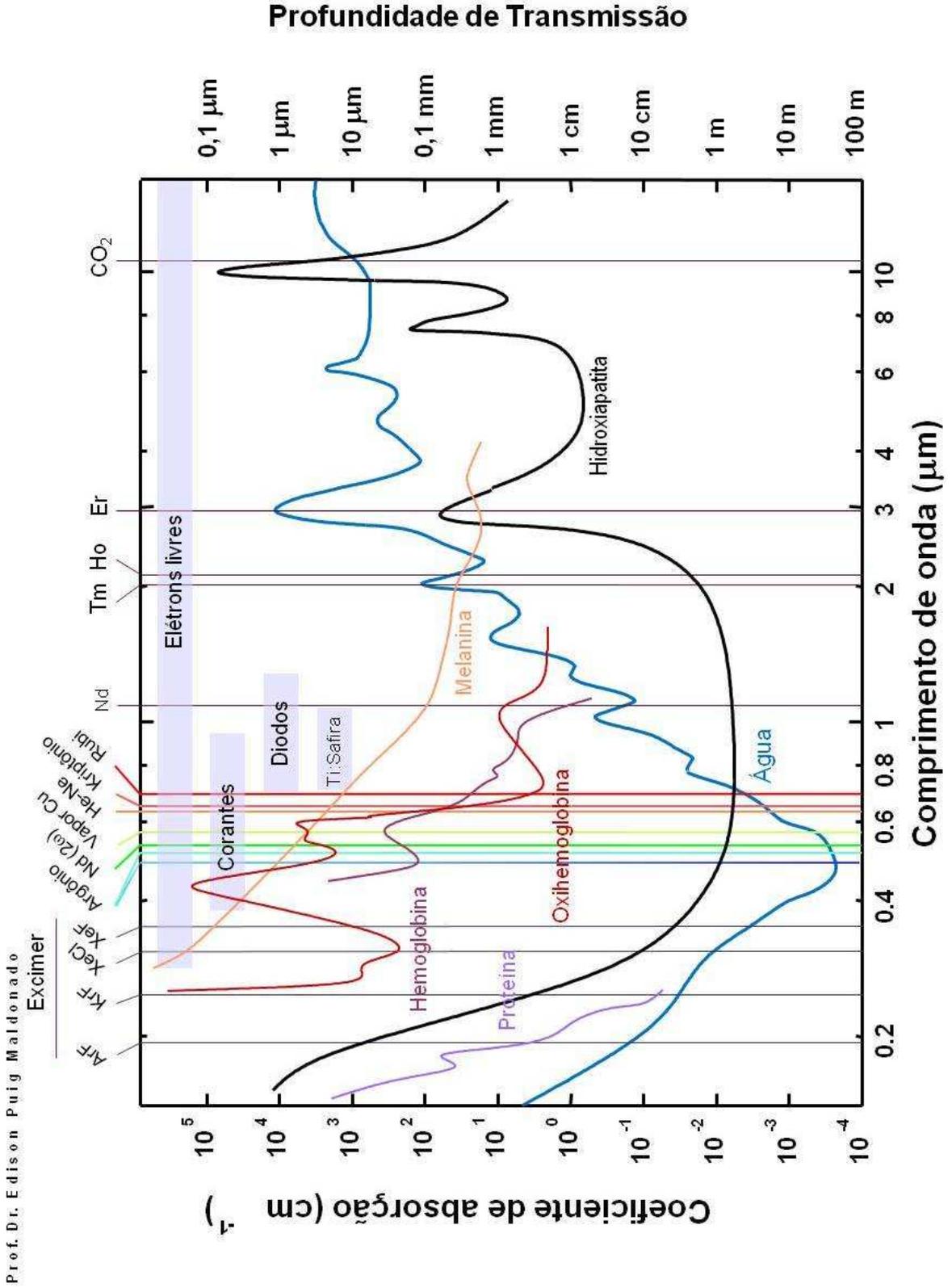
ANEXO E

Prontuário de registro das medidas durante as consultas de cada paciente

1º Dia Registro das Medidas (mm)			Registro das Medidas (mm)				Média do Registro das Medidas		Média do Registro das Medidas (a cada consulta)	
Nº	Lado Direito	Lado Esquerdo	Nº	Data	Lado Direito	Lado Esquerdo	Lado Direito	Lado Esquerdo	Lado Direito	Lado Esquerdo
1			2							
2			3							
3			4							
4			5							
5			6							
6			7							
7			8							
8			9							
9			10							
10			11							
			12							
			13							
Média			Média Geral de Deslocamento do 1º dia - 13º dia =							

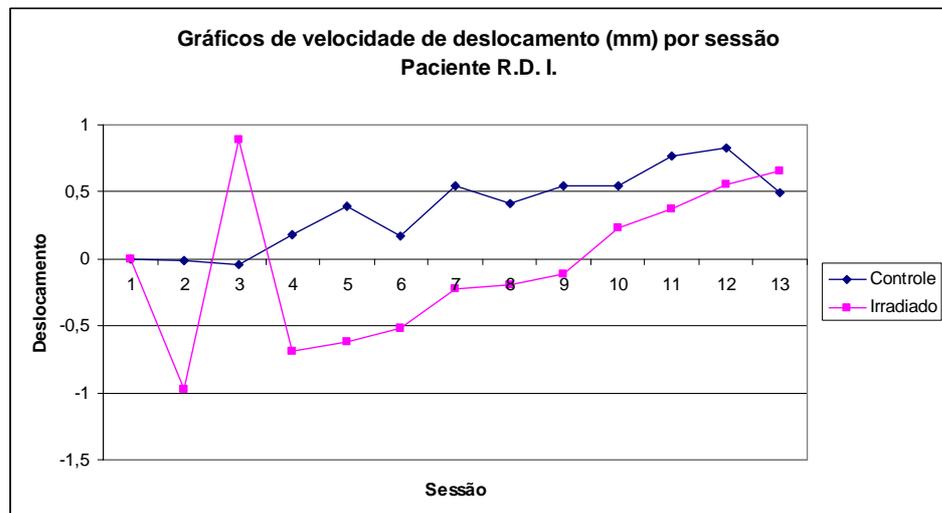
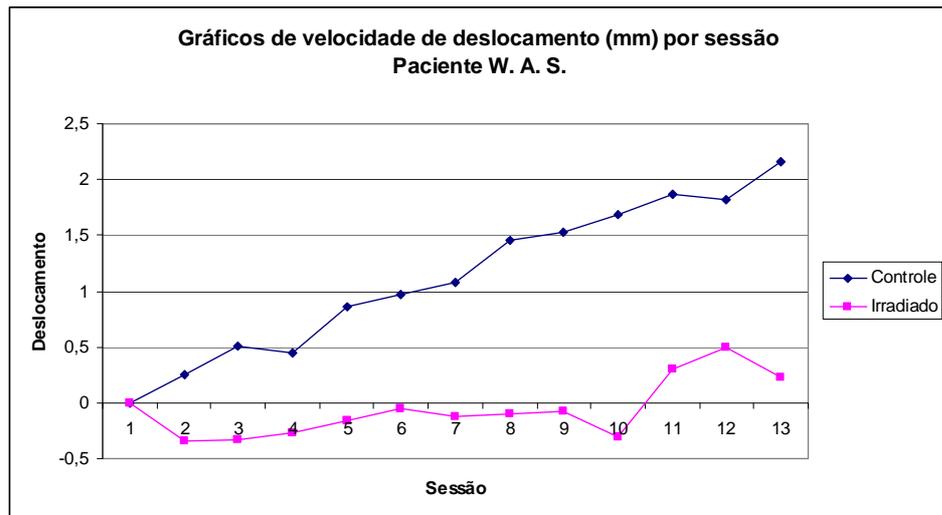
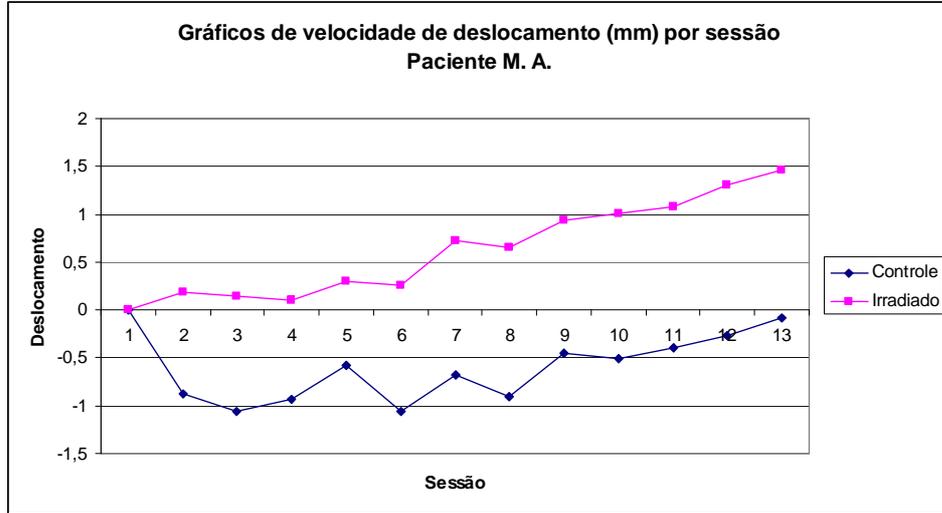
ANEXO F

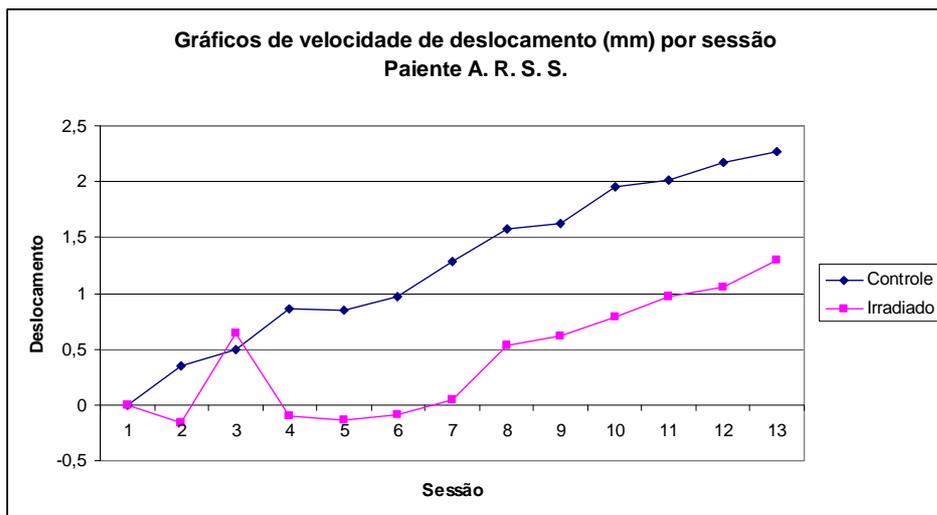
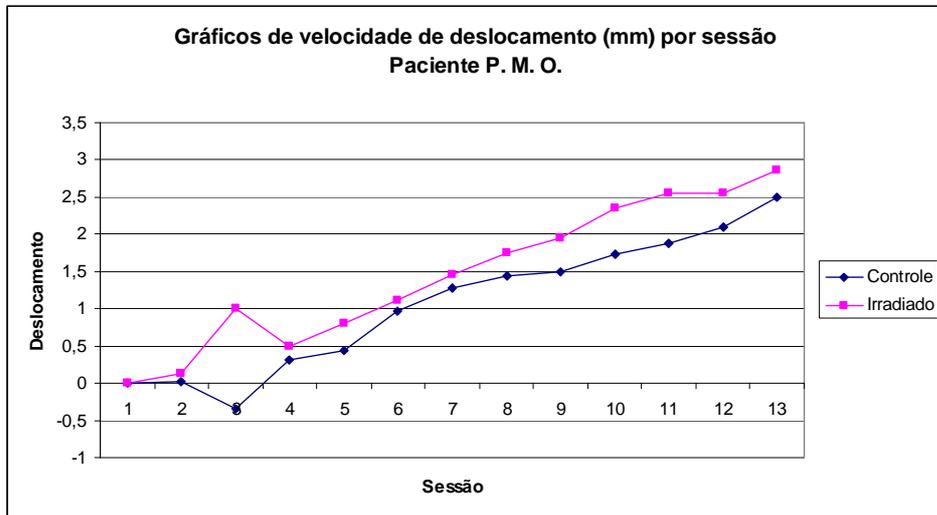
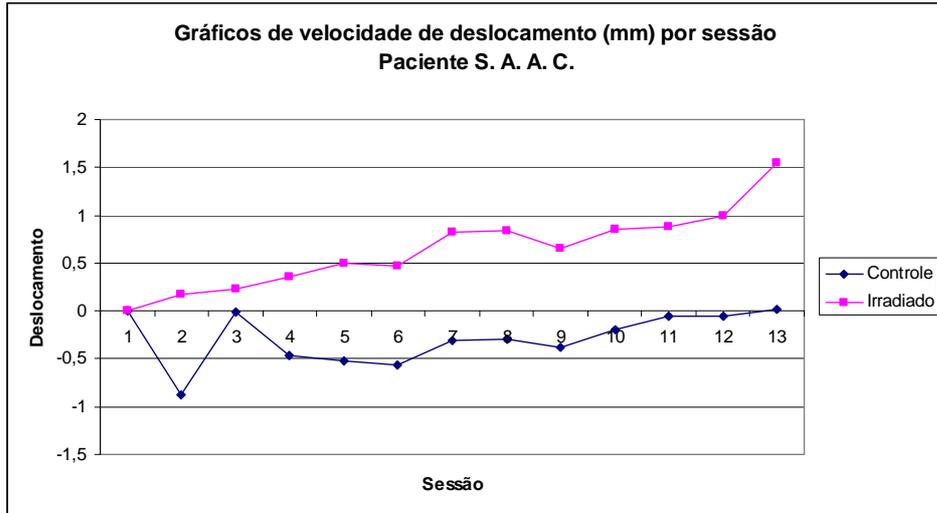
Gráfico dos Coeficientes de Absorção dos Cromóforos

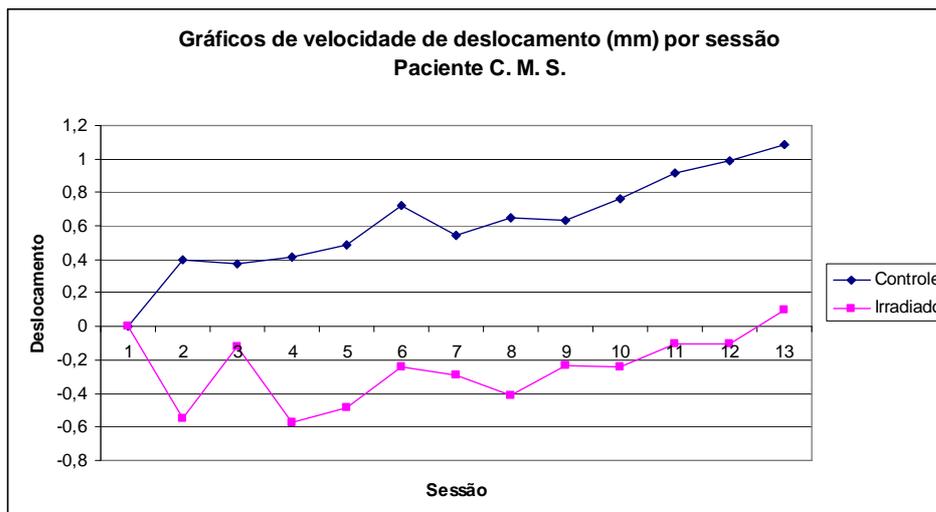


ANEXO F

Gráfico de Velocidade de Deslocamento dos Caninos por Sessão







ANEXO G

Tabelas de Velocidade de Deslocamento dos Caninos por Sessão

Tabela de velocidade de deslocamento (mm) por sessão
Paciente M. A.

Nº de consultas	Controle	Irradiado
1	0	0
2	-0,881667	0,1803333
3	-1,059667	0,137
4	-0,935	0,107
5	-0,581667	0,297
6	-1,065	0,2636667
7	-0,671667	0,7203333
8	-0,905	0,657
9	-0,445	0,9303333
10	-0,501667	1,0036667
11	-0,388333	1,0803333
12	-0,271667	1,3036667
13	-0,088333	1,457

Tabela de velocidade de deslocamento (mm) por sessão
Paciente W. A. S.

Nº de consultas	Controle	Irradiado
1	0	0
2	0,25066667	-0,3433333
3	0,50733333	-0,336
4	0,44733333	-0,2666667
5	0,864	-0,16
6	0,974	-0,0566667
7	1,084	-0,1233333
8	1,45733333	-0,1
9	1,524	-0,08
10	1,68733333	-0,3066667
11	1,874	0,29666667
12	1,814	0,49
13	2,154	0,22333333

**Tabela de velocidade de deslocamento (mm) por sessão
Paciente R. D. I.**

Nº de consultas	Controle	Irradiado
1	0	0
2	-0,01033333	-0,97333333
3	-0,04033333	0,88966667
4	0,17966667	-0,69333333
5	0,393	-0,62
6	0,173	-0,51666667
7	0,54633333	-0,22
8	0,40966667	-0,19
9	0,543	-0,11333333
10	0,54633333	0,23
11	0,763	0,37666667
12	0,823	0,55333333
13	0,49633333	0,65666667

**Tabela de velocidade de deslocamento (mm) por sessão
Paciente S. A. A. C.**

Nº de consultas	Controle	Irradiado
1	0	0
2	-0,88133333	0,16666667
3	-0,01333333	0,23333333
4	-0,46466667	0,35666667
5	-0,52466667	0,5
6	-0,57133333	0,47666667
7	-0,31133333	0,82333333
8	-0,30133333	0,84333333
9	-0,38466667	0,65
10	-0,20133333	0,85
11	-0,06133333	0,87666667
12	-0,05133333	0,99333333
13	0,022	1,54666667

**Tabela de velocidade de deslocamento (mm) por sessão
Paciente P. M. O.**

Nº de consultas	Controle	Irradiado
1	0	0
2	0,01266667	0,127
3	-0,34733333	0,996
4	0,30933333	0,50033333
5	0,44266667	0,797
6	0,96266667	1,117
7	1,28266667	1,457
8	1,446	1,757
9	1,49266667	1,95366667
10	1,72933333	2,35366667
11	1,87933333	2,547
12	2,096	2,547
13	2,50266667	2,857

**Tabela de velocidade de deslocamento (mm) por sessão
Paciente A. R. S. S.**

Nº de consultas	Controle	Irradiado
1	0	0
2	0,34433333	-0,16466667
3	0,49766667	0,64766667
4	0,85433333	-0,10466667
5	0,851	-0,13466667
6	0,971	-0,088
7	1,28433333	0,04533333
8	1,571	0,532
9	1,631	0,622
10	1,951	0,792
11	2,01433333	0,972
12	2,17433333	1,05866667
13	2,26766667	1,292

**Gráficos de velocidade de
deslocamento (mm) por sessão
Paciente C. M. S.**

Nº de consultas	Controle	Irradiado
1	0	0
2	0,39666667	-0,5506667
3	0,37333333	-0,12
4	0,41333333	-0,5706667
5	0,49	-0,484
6	0,72	-0,2373333
7	0,54666667	-0,2906667
8	0,65	-0,4106667
9	0,63	-0,2306667
10	0,76333333	-0,2373333
11	0,92	-0,104
12	0,99	-0,1006667
13	1,08666667	0,09933333