UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

Suelen Cristina da Costa Pereira

**Influência do laser de baixa intensidade na movimentação
ortodôntica - avaliação clínica e radiográfica**

BAURU

2014

Suelen Cristina da Costa Pereira

**Influência do laser de baixa intensidade na movimentação
ortodôntica - avaliação clínica e radiográfica**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências Odontológicas Aplicadas, área de concentração Ortodontia.

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Pinzan

Versão Corrigida

BAURU

2014

Pereira, Suelen Cristina da Costa

P414i Influência do laser de baixa intensidade na movimentação
ortodôntica – avaliação clínica e radiográfica / Suelen Cristina da
Costa Pereira. -- Bauru, 2014.

145p. : il. ; 30 cm

Tese (Doutorado) -- Faculdade de Odontologia de Bauru.
Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Pinzan

Nota: A versão original desta tese encontra-se disponível no Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB/USP.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data:

Projeto de pesquisa aprovado pelo Comitê
de Ética em Pesquisa da Faculdade de
Odontologia de Bauru, Universidade de São
Paulo, (Processo nº009/2012) em 28 de
março de 2012.

Suelen Cristina da Costa Pereira

28 de junho de 1983
João Pessoa - PB

Nascimento

Filiação

Francisco de Sales Pereira
Analia Maria de Souza da Costa Pereira

2002 – 2006

Curso de graduação em Odontologia pela
Universidade Federal da Paraíba.

2007 – 2010

Curso de especialização em Ortodontia e
Ortopedia Facial pela Faculdade de
Odontologia de Bauru, Universidade de São
Paulo.

2009 – 2010

Curso de Pós-graduação em Ortodontia, em
nível de Mestrado, na Faculdade de
Odontologia de Bauru, Universidade de São
Paulo.

2011 – 2014

Curso de Pós-graduação em Ortodontia, em
nível de Doutorado, na Faculdade de
Odontologia de Bauru, Universidade de São
Paulo.

Dedico este trabalho...

À minha querida mãe Analia (in memorian), a
maior incentivadora de todas as minhas conquistas **e**
ao meu anjinho Olívia, o presente que generosamente
Deus me proporcionou

Mainha,

Tenho certeza que sua missão maior na terra foi ser mãe e você conseguiu ser a melhor. Todos os projetos que um dia pensei em realizar na vida, você apoiou e a cada conquista pessoal e profissional minha, você vibrou e orgulhosa bradou aos quatro cantos o meu sucesso. Até mesmo nos momentos que eu duvidei de mim mesma, você nunca duvidou.

Sei que você não foi embora para sempre de verdade. Por que você continua comigo, no meu coração e na minha mente. Por que ser mãe é isso, né? É aquela que, mesmo partindo, fica. E, ficando, reconforta a gente.

Sei também o quanto foi difícil sua batalha contra a doença, mas você nunca esmoreceu, e sempre confiou no que Deus reservou para você. Por que só Deus conhece nossos caminhos e sabe quanto tempo deve durar a missão de cada um.

Por isso quando a saudade do abraço apertado, das palavras amorosas, e da sua simples presença física me faz chorar, recordo-me de que sou extremamente afortunada e feliz por ter tido a oportunidade de conviver com você 28 anos da minha vida, recebendo esse amor tão lindo e sincero durante todo esse tempo.

Tenho uma gratidão e um amor imenso por você. Obrigada por ter me criado e por me incentivar em todas as minhas batalhas.

Se eu conseguir ser para Olívia metade da mãe que você foi e ainda é para mim, estarei no caminho certo para ser uma mãe maravilhosa.

Amo você.

Agradeço a Deus...

Por estar sempre presente na minha vida, dando-me força, calma e discernimento nos momentos mais difíceis

Agradeço especialmente...

À minha filha – Olívia

Só realmente entendi o amor incondicional das mães pelos seus filhos quando também me tornei uma. Esse amor tão forte me preencheu assim que vi a carinha de Olívia pela primeira vez e vai durar por toda a vida. **Meu amor**, você é sem dúvida o maior presente que Deus me proporcionou.

Ao meu pai – Francisco de Sales

Meu pai é o meu herói, tenho uma admiração imensa pela sua história de vida, pelo homem que ele é. Sempre se esforçou ao máximo para nos proporcionar o melhor. A minha vontade de vencer os obstáculos e de não desistir frente às adversidades vem com certeza dele. **Pai**, você é o meu espelho, suas palavras sempre foram as que eu mais escutei. Amo você.

Às minhas irmãs – Clara e Ana Sara

Às minhas queridas irmãs, por serem sempre companheiras e amigas. **Clarinha**, durante toda a nossa trajetória de vida caminhamos unidas, você é minha maior confidente, minha melhor amiga. Somos simplesmente a extensão uma da outra. **Aninha**, você é o xodó da família, tem a capacidade de alegrar a todos com sua presença, é a pessoa mais linda por dentro e por fora que eu já conheci. Sempre me conforta sem julgamentos e tem uma leveza na alma que eu admiro demais. Amo vocês

Às minhas queridas sobrinhas – Luiza e Maria

Por serem duas crianças lindas, alegres e carinhosas.

Titia tem um amor imenso por vocês.

À Suzana,

Por ser tão especial, uma pessoa que veio a somar à nossa família. Uma mulher atenciosa, educada e muito companheira. Obrigada por cuidar tão bem do meu pai e fazê-lo um homem mais feliz.

Aos meus avós maternos **Inês *(in memoriam)* e Paulo *(in memoriam)***

Vozinha, minha infância junto a você foi doce, lembranças boas que não se apagam jamais, sempre dedicada e carinhosa, tenho um amor imenso por você. **Vozinho**, com 15 dias de nascida você faleceu, agradeço por ter esperado para me conhecer, minha mãe sempre falava o quanto você me amou desde o primeiro instante.

Aos meus avós paternos **Clara *(in memoriam)* e Severino *(in memoriam)***

Vozinha, não a conheci, mas sei o quanto você foi importante na formação de caráter do meu pai, dando-lhe o amor necessário.
Vozinho, saudade de você e da minha infância em sua companhia.
Saudade das férias em Itaporanga e dos seus lindos olhos verdes.

Aos meus padrinhos **Maria José e Pedro**

Por ajudarem meus pais no meu crescimento e formação. **Pedrinho**,
você é um tio mais do que especial para mim, um segundo pai,
atencioso e prestativo. Sempre presente em todos os acontecimentos da
minha vida.

À minha tia **Auricélia**

Por ser tão carinhosa comigo. Sempre foi minha tia mais descolada,
lembro bem do seu carrinho velho levando eu e Clarinha para o
cinema no centro de João Pessoa para assistirmos os Trapalhões e Xuxa.

Agradeço especialmente...

No meu orientador Prof. Dr. Arnaldo Pinzan

Por competentemente orientar esta minha tese e também pelo tempo que generosamente me dedicou transmitindo-me os melhores e mais úteis ensinamentos, com paciência, lucidez e confiança.

Professor, provavelmente uma aluna como eu jamais mereceria ser sua orientada, ou permanecer sua orientada, se não fosse por sua generosidade e capacidade de compreensão para com as limitações humanas.

Por isso, considero-o um amigo querido que, em todos os momentos nesses dois anos de mestrado e três de doutorado, visou pelo meu bem estar, estimulando-me a raciocinar e desenvolver meu senso crítico.

Agradeço imensamente por tudo que o senhor sempre fez por mim, principalmente pelo apoio emocional em momentos tão difíceis da minha vida. Saiba que não esqueci de nenhum deles e lhe tenho um carinho ENORME por isso.

Muito Obrigada!

Aos meus amigos de **João Pessoa**

Em especial à Marieta, Domitila, Júlia, Isabelle e Sheyla pelos longos anos de amizade e pela cumplicidade, verdadeiras irmãs de coração.

À **Dona Neta**

Pelos seus cuidados comigo e agora também com Olivia, sempre atenciosa aos meus pedidos, com um carinho de mãe nos olhos. Adoro sua comida, suas conversas e especialmente seu amor.

À **Prof^a Rejane Targino Beltrão**

Por ser uma das responsáveis pela minha escolha pela Ortodontia, contagiando-me com sua paixão pela profissão. Uma das maiores incentivadoras da minha estrada profissional em Bauru. Tornou-se grande amiga e parceira profissional.

Agradeço ...

Aos professores do departamento de Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru:

Ao Prof. Dr. Guilherme Janson

Pelo grande incentivo à busca do conhecimento, motivando-nos a fazer sempre o melhor. Trata a ciência com rigor e seriedade e tem uma trajetória profissional admirável. Obrigada por ter conduzido nossa convivência no curso de doutorado com tanta competência, coerência, paciência e sabedoria.

À Prof^a Dra Daniela Gamba Garib

Pela delicadeza e respeito com que sempre nos tratou. Assaz atenciosa e competente em tudo que realiza, demonstra disponibilidade e vontade de ensinar inigualáveis. Com muita emoção, agradeço-lhe a amizade e a oportunidade de aprendizado.

Ao Prof. Dr. Marcos Roberto de Freitas

Por ser sempre tão disposto em nos elucidar de maneira clara e prática questões clínicas diárias, transmitindo todo seu conhecimento e experiência profissional. Sua marca registrada é o sorriso no rosto, sem dúvida sua felicidade é contagiante.

Ao Prof. Dr. José Fernando Castanha Henriques

Por ser cordial, educado, atencioso e paciente. Consegue esclarecer as dúvidas e transmitir todo o seu vasto conhecimento em Ortodontia de forma simples e didática. Pessoa serena que sempre traz palavras de incentivo e de carinho. Quem tem o privilégio de estar em sua companhia recebe alento e paz de espírito.

Prof. Dr. Renato Rodrigues de Almeida

Por contribuir imensamente para o meu conhecimento e formação. Discorre sobre assuntos interessantes da vida, não só os ligados a Ortodontia, sendo sempre uma boa companhia para discussões e orientações sobre os diversos tópicos.

Agradeço especialmente...

Aos meus amigos de Doutorado, Carolzinha, Daniel, Fran, Ju, Manu, Marcão, Pati, Beto Bombonati e Beto Grec.

Bons amigos

Abençoados os que possuem amigos, os que os têm sem pedir.
Porque amigo não se pede, não se compra, nem se vende. Amigo a gente sente! Benditos os que sofrem por amigos, os que falam com o olhar.
Porque amigo não se cala, não questiona, nem se rende. Amigo a gente entende! Benditos os que guardam amigos, os que entregam o ombro pra chorar. Porque amigo sofre e chora. Amigo não tem hora pra consolar! Benditos sejam os amigos que acreditam na tua verdade ou te apontam a realidade. Porque amigo é a direção. Amigo é a base quando falta o chão!

Benditos sejam todos os amigos de raízes, verdadeiros.
Porque amigos são herdeiros da real sagacidade. Ter amigos é a melhor cumplicidade! Há pessoas que choram por saber que as rosas têm espinho, Há outras que sorriem por saber que os espinhos têm rosas!

Machado de Assis.

Agradeço especialmente...

À Juliana Storniolo

Ju, fomos parceiras no mestrado e também no doutorado e criamos laços fortes de amizade. Gostaria de agradecer imensamente por toda a sua ajuda durante a condução desta pesquisa. Você, além de ser uma profissional competente, organizada e correta, é uma pessoa de um coração imenso. Não tenho palavras para expressar a minha gratidão por cada atitude sua e por todo o suporte que você me deu durante essa jornada.

Muito obrigada.

À Marinês, por toda a solicitude em me auxiliar durante o desenvolvimento dessa pesquisa. Você é realmente uma pesquisadora admirável e também uma pessoa generosa e especial. Obrigada por compartilhar sua experiência comigo, orientando-me durante muitas das escolhas que fiz nessa pesquisa.

Aos pacientes da pesquisa, pela oportunidade de servi-los e com eles aprender; também pela confiança depositada.

Agradeço ...

Aos amigos da nova turma de Doutorado e Mestrado, pela oportunidade de convivência e pela troca de experiências.

Aos funcionários do Departamento de Ortodontia:

Cléo: Pela amizade, sempre muito prestativa e carinhosa.

Vera: Pela assistência e solicitude com que sempre me atendeu, sendo muito profissional e competente.

Wagner: Por ser sempre tão atencioso e educado.

Sérgio: Pela dedicação na confecção dos aparelhos, pela descontração que leva ao ambiente de trabalho e pela amizade construída.

Ao Técnico de Informática Daniel Bonné:

Sempre me salvando no último minuto, seja com a tese, com as medições nas radiografias ou até mesmo quando derramo café no computador. Obrigada por toda ajuda e por sempre me tratar com tanta delicadeza.

Ao Prof. Dr. José Roberto Lauris:

Pela presteza e dedicação em responderas minhas dúvidas. Obrigada pela paciência!

À Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo, na pessoa da diretora Prof. Dra. Maria Aparecida de Andrade Moreira Machado e do vice-diretor Prof. Dr. Carlos Ferreira dos Santos.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para a realização desta pesquisa.

Resumo

RESUMO

Este estudo é um ensaio clínico randomizado duplo-cego que avaliou a influência do laser de baixa intensidade (LBI) na movimentação ortodôntica de caninos superiores e inferiores, comparando-os aos caninos contralaterais não irradiados (controle). Foram selecionados 11 pacientes, portadores de má oclusão de Classe I com indicação de extração dos primeiros pré-molares superiores e inferiores. O laser infravermelho de baixa intensidade foi aplicado após a ativação da retração inicial dos caninos, realizada através de mola NiTi com uma força de 150g. A aplicação do laser foi realizada em 10 pontos (5 por vestibular e 5 por lingual) nos caninos superiores e inferiores, utilizando o seguinte protocolo, em dose única mensal: canino inferior por vestibular e lingual e canino superior por vestibular – Comprimento de onda de 780nm; Potência de 40mW; densidade de energia de 10J/cm²; 10 segundos por ponto; energia por ponto de 0,4J, uma energia total de aplicação de 4J para o canino inferior e 2J por vestibular dos caninos superiores e para o canino superior por palatino o protocolo foi - Potência de 70mW; densidade de energia de 35J/cm²; 20 segundos por ponto; 1,4J de energia por ponto, energia total de 7J por palatino e total de 9J para o canino superior. A retração durou 3 meses, num total de 3 aplicações de laser. Para mensuração da quantidade de movimentação dos caninos retraídos, medições clínicas mensais foram realizadas com paquímetro digital, logo após as extrações dentárias e antes de cada aplicação do laser. Para comparação da velocidade da movimentação ortodôntica entre os lados irradiado e não irradiado nos três períodos avaliados, foi empregada a Análise de Variância a um critério de medidas repetidas, seguida do Teste de Tukey. Para verificação da integridade tecidual, foram efetuadas radiografias periapicais iniciais e finais dos caninos retraídos, nas quais foram avaliados uma possível reabsorção na crista alveolar, por meio da distância da crista óssea alveolar até a junção cimento-esmalte e os níveis de reabsorção radicular, por meio do índice de Levander e Malmgreen. Para isto, foi empregado o teste não paramétrico de Wilcoxon. Em todos os testes adotou-se nível de significância de 5%. Os resultados demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa na velocidade de retração dos caninos irradiados comparados aos não irradiados, em nenhum dos períodos avaliados. Em relação à influência do LBI nos níveis de reabsorções radiculares e ósseas, não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos estudados. Concluiu-se assim que o LBI, no protocolo utilizado, não foi eficiente na aceleração da movimentação dentária e não promoveu danos aos tecidos de suporte do dente.

Palavras-chave: Terapia a Laser de Baixa Intensidade. Movimentação Dentária. Radiografia Dentária.

Abstract

ABSTRACT

Influence of low-level laser irradiation on orthodontic movement – clinical and radiographic evaluation

This study is a double-blind randomized clinical trial that evaluated the influence of low-intensity laser on orthodontic movement of upper and lower canine teeth, compared to the non-irradiated contralateral canines (control). Eleven patients with Class I malocclusion with indication of extraction of the first upper and lower premolars were selected. The infrared low-level laser was applied after the activation of initial retraction of the canine teeth, performed with NiTi coil springs with force of 150g. The laser application was performed in 10 points (5 buccal and 5 lingual) in the upper and lower canines, using the following protocol, in an only monthly dose: Lower canine buccal and lingual and upper canine buccal – 780 nm wavelength; 40mW power; an energy density of 10 J/cm²; 10 seconds per point; energy per point 0,4J, a total energy of 4J applying to the lower canine and 2J the buccal of the upper canines and upper canine palatally - 70mW of power; an energy density of 35J/cm²; 20 seconds per point; 1,4J energy per point, the total energy 7J and total 9J to the upper canine. The retraction lasted three months, a total of three laser applications. To measure the amount of movement of canines retracted, monthly clinical measurements were made with a digital caliper (Mitutoyo - Japan), after tooth extractions and before each laser application. To compare the speed of orthodontic tooth movement between the irradiated and non-irradiated sides at the three movement stages, repeated measures one-way analysis of variance was used, followed by the Tukey test. For evaluation of tissue integrity, initial and final periapical radiographs of retracted canines were obtained, to evaluate a possible alveolar crest resorption by assessment of the distance from the alveolar bone crest to the cemento-enamel junction, as well as the level of root resorption by the Levander and Malmgreen index, which was evaluated only on retracted canines. The non-parametric Wilcoxon test was applied for that purpose. In all tests we adopted a significance level of 5%. The results showed no statistically significant difference between the amount of retraction of the irradiated canines compared to the non-irradiated ones, in all evaluated periods. Regarding the influence of LLL in the levels of root and bone resorption, no significant differences between groups were found. It was therefore concluded that LLL in the protocol used was not effective in the acceleration of tooth movement and did not cause damage to the supporting tissues of the tooth.

Keywords: Laser Therapy, Low-Level. Tooth Movement. Radiography, Dental.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Fotos extrabuciais frontal, sorrindo e lateral de um paciente selecionado para a amostra.....74
- Figura 2** - Fotos intrabuciais lateral direita, frontal, lateral esquerda, oclusal superior e oclusal inferior de um paciente selecionado para a amostra.....74
- Figura 3** - Aplicação do laser de forma pontual por vestibular e palatino, direcionando o feixe de luz perpendicularmente e em contato com a mucosa, numa superfície limpa e seca.....78
- Figura 4** - Pontos de aplicação do LBI. Os mesmos pontos foram aplicados por lingual, num total de 10 pontos.78
- Figura 5** - Utilização de óculos de proteção e o envolvimento da ponteira com filme PVC e assepsia com álcool 70° para evitar contaminação cruzada79
- Figura 6** - Pontos de referência para medição da retração: ponta de cúspide do canino (PcC) e ponta de cúspide *mesiovestibular* do primeiro molar (PcM).80
- Figura 7** - Medição com o paquímetro digital da ponta de cúspide do canino até a ponta de cúspide mesiovestibular do primeiro molar.81
-
-

Figura 8 - Representação esquemática das estruturas das áreas avaliadas: E) esmalte; D) dentina; P) polpa; LP) ligamento periodontal; CA) crista óssea alveolar; JCE) junção cimento-esmalte; JCE-CA) distância mensurada correspondente à altura da crista óssea alveolar.....	83
Figura 9 - Mensuração da altura das cristas ósseas alveolares (JCE-CA) mesial e distal realizada no programa Dolphin 3D.	84
Figura 10 - Representação esquemática da mensuração da altura das cristas ósseas alveolares (JCE-CA) mesial e distal realizada no programa Dolphin 3D.....	85
Figura 11 - Sistema de escores proposto por Levander, Malmgreen (1988). (0-ausência de reabsorção; 1- reabsorção mínima, contorno apical irregular; 2- reabsorção moderada, menor que 2 mm; 3- reabsorção acentuada, até 1/3 do comprimento radicular; 4- reabsorção extrema, maior que 1/3 da raiz).	87
Figura 12 - Aumento da imagem pelo recurso da lupa do programa Dolphin, permitindo uma melhor visualização do contorno apical.....	88

LISTA DE TABELAS E QUADRO

- TABELAS

Tabela 1	- Dose de radiação efetiva dos exames odontológicos.	65
Tabela 2	- Escores JCE-CA	86
Tabela 3	- Níveis de reabsorção radicular segundo Levander, Malmgreen (1988).....	87
Tabela 4	- Erro do método na análise da reabsorção radicular e da crista óssea alveolar - porcentagem de concordância – Teste do Kappa (FLEISS, 1973).	91
Tabela 5	- Índices propostos para análise do teste de concordância Kappa (LANDIS, KOCH, 1977).....	91
Tabela 6	- Distância PC-PM dos lados irradiado e não irradiado. nos tempos inicial(T1) e decorridos 30 (T2), 60(T3) e 90(T4) dias do início da retração dos caninos, em mm.	92
Tabela 7	- Quantidade de movimentação dos caninos em mm medidos clinicamente nos períodos de tempo avaliados, para os grupos irradiado e não irradiado - ANOVA a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em três níveis: T1-T2, T2-T3 e T3-T4) para o arco superior – Teste Tukey.....	93
Tabela 8	- Quantidade de movimentação dos caninos em mm medidos clinicamente nos períodos de tempo avaliados, para os grupos irradiado e não irradiado - ANOVA a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em três níveis: T1-T2, T2-T3 e T3-T4) para o arco inferior– Teste Tukey.....	94

Tabela 9 - Comparação do grau de reabsorção radicular e da crista óssea alveolar dos caninos superiores nas fases inicial e final (T0-T4) entre os grupos irradiado e não irradiado - teste de Wilcoxon.....	94
---	----

Tabela 10 - Comparação do grau de reabsorção radicular e da crista óssea alveolar dos caninos inferiores nas fases inicial e final (T0-T4) entre os grupos irradiado e não irradiado - teste de Wilcoxon.....	95
--	----

- QUADRO

Quadro 1 - Período experimental.....	76
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LBI	Laser de Baixa Intensidade
g	grama
Niti	Níquel-Titânio
W	Watts
mW	miliWatts
J	Joules
cm ²	centímetro quadrado
Laser	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
3D	3 Dimensões
LP	Ligamento Periodontal
LBP	Laser de Baixa Potência
He-Ne	Hélio-Neônio
AsGa	Arseneto de gálio
AsGaAl	Arseneto de gálio e alumínio
nm	nanômetro
oxi	óxido
P	Potência
s	Segundo
E	Energia
DE	Densidade de Energia
A	Área
Et	Energia total
DP	Densidade de Potência
λ	Comprimento de onda
T	Tempo
h	Hora
CBM	China Biology Medicine Disc
CNKI	China National Knowledge Infrastructure
mm	milímetro

CA	Crista óssea Alveolar
JCE	Junção Cimento-Esmalte
LED	Light Emitting Diode
NASA	National Aeronautics and Space Administration
Dpi	dots per inch
JPEG	Joint Photographic Experts Group
ALN	Arco Lingual de Nance
BTP	Barra Transpalatina
Sv	Sievert
μ Sv	microSievert
Gy	Gray
ICPR	Comissão Internacional de Proteção às Radiações
I	Irradiado
NI	Não Irradiado
PC	Ponta da cúspide do Canino
PM	Ponta da cúspide do Molar
kVp	Quilovoltagem
mA	Miliamperagem
E	Esmalte
D	Dentina
P	Polpa
ATP	Adenosina Trifosfato
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
RNA	Ácido Ribonucléico
AMPc	Adenosina Monofosfato cíclico
TC	Tomografia Computadorizada
TCFC	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico
FOV	Field-of-view
Kg	Quilograma

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	29
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	33
2.1	Força ortodôntica e biologia do movimento dentário induzido.....	35
2.2	Laser de baixa intensidade.....	40
2.2.1	Efeitos do laser de baixa intensidade na movimentação ortodôntica em humanos	45
2.2.2	Efeitos do laser de baixa intensidade na integridade tecidual, estudos em animais e humanos	52
2.3	Radiografia	59
2.3.1	Radiografia periapical como recurso diagnóstico da reabsorção óssea e radicular	59
2.3.2	Radiografia digital indireta	61
2.3.3	Efeitos biológicos e riscos associados aos raios X.....	63
3	PROPOSIÇÃO	67
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	71
4.1	Material.....	73
4.1.1	Amostra	73
4.2	Métodos.....	75
4.2.1	Tratamento Ortodôntico.....	75
4.2.2	Aplicação do “laser”	76
4.2.3	Avaliação clínica da velocidade de retração.....	80
4.2.4	Obtenção das radiografias periapicais.....	81
4.2.5	Avaliação radiográfica	82
4.2.5.1	Avaliação da crista óssea alveolar.....	83
4.2.5.2	Avaliação da reabsorção radicular	86
4.3	Análise dos dados	88

5	RESULTADOS	89
5.1	Erro do método para as radiografias	91
5.2	Teste de normalidade	92
5.3	Médias e desvio padrão dos valores da mensuração PcC- PcM em todos os tempos avaliados	92
5.4	Comparação da movimentação ortodôntica entre os lados irradiado e não irradiado	93
5.5	Avaliação radiográfica da integridade tecidual	94
6	DISCUSSÃO	97
6.1	Seleção da amostra	99
6.2	Tratamento ortodôntico adotado e metodologia aplicada	101
6.3	Erro do método	107
6.4	Movimentação Ortodôntica X aplicação do Laser de Baixa Intensidade (LBI)	108
6.5	Efeitos do LBI na movimentação ortodôntica	110
6.6	Efeitos do LBI na integridade tecidual	114
6.7	Considerações clínicas e sugestões para trabalhos futuros	117
7	CONCLUSÕES	119
	REFERÊNCIAS	123
	ANEXOS	139

1. Introdução e Justificativa

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Novas tecnologias, materiais e conhecimento vêm sendo implementados para promover um tratamento ortodôntico cada vez mais rápido e fisiológico aos pacientes, tornando-se mais vantajoso e eficiente. Um dos recursos consiste na aplicação do laser, em que pesquisas (BRUGNERA; ZANIN, 2001; BRUGNERA; LADALARDO; CRUZ, 2003; GENOVESE, 2007; SOUSA et al., 2011; LAGES, 2011; SOUSA, 2013) visam aumentar a eficácia da movimentação dentária e diminuir o desconforto dos pacientes (LAGES, 2011).

O termo “laser”, procedente da língua inglesa, é o acrônimo de **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation (Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação). É uma forma de energia que se transforma em energia luminosa, visível ou não, dependendo da matéria que produz a radiação. De acordo com a potência de emissão, o laser pode ser classificado em laser de alta, média e baixa intensidade, sendo este último o de maior interesse na Ortodontia. O Laser de Baixa Intensidade ou LBI (também denominado laser de baixa potência, laser mole, laser frio, laser terapêutico ou “soft laser”) não apresenta potencial destrutivo e promove a biomodulação tecidual (inibição ou estimulação) (LIM; LEW; TAY, 1995; TURHANI et al., 2006; SOUSA et al., 2011; ANGELIERI et al., 2011; LAGES, 2011; SOUSA, 2013), além de possuírem ação de analgesia e anti-inflamatória (RYDEN; BJELKHAGEN; SODER, 1975; THEODORO et al., 2001; MATEOS, 2005; SOUSA et al., 2011; LAGES, 2011; SOUSA, 2013).

Na Ortodontia, o LBI tem se mostrado eficiente no processo de fotobioestimulação, proporcionando, de uma forma mais acelerada, a remodelação óssea necessária para a movimentação dentária induzida ortodonticamente, com diminuição do tempo de tratamento e de custos por parte do paciente (CRUZ et al., 2004; YOUSSEF, et al., 2008; CAMACHO; CUJAR, 2010; ORLANDO, 2010; SOUSA et al., 2011; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; GENC et al., 2012; DOMINGUEZ; GÓMEZ; PALMA, 2013). A maioria desses estudos, revelam a aplicação do laser mais de uma vez por mês para promover essa aceleração (CRUZ et al., 2004; YOUSSEF, et al., 2008; CAMACHO; CUJAR, 2010; SOUSA et al., 2011; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; GENC et al., 2012; DOMINGUEZ; GÓMEZ; PALMA,

2013), apresentando-se incompatíveis com a prática clínica diária, devido a necessidade de várias consultas mensais.

De acordo com CONSOLARO (2007) dentre as alterações teciduais que podem ocorrer devido à mecânica ortodôntica as mais frequentes são as reabsorções da crista óssea alveolar e do ápice radicular. Sendo o meio de diagnóstico mais comum e eficaz utilizado para detecção desses danos, a radiografia periapical.

Com o avanço tecnológico as imagens radiográficas tornaram-se também digitais (diretas e indiretas) e criaram expectativas com relação aos exames de diagnósticos mais sensíveis e específicos em diversas áreas da Odontologia, sobretudo, na Ortodontia. Isto aconteceu, pois os sistemas digitais possibilitaram ao operador manipular as imagens, as quais podem ser ampliadas, transformadas em forma negativa, sofrer alteração de contraste e brilho, colorização da imagem e pseudo 3D (relevo), de forma a facilitar o diagnóstico. Além disso, medidas lineares e angulares também podem ser obtidas por meio de ferramentas dos softwares dos sistemas digitais, tão bem, quanto quantificar os tons de cinza existente em uma determinada área radiográfica (WENZEL; GRONDAHL, 1995; FORSYTH et al., 1996; MOL, 2000; ABRAHÃO et al., 2009).

Há apenas dois estudos na literatura (ORLANDO, 2010; LAGES, 2011) que analisaram a influência do LBI na velocidade da movimentação ortodôntica utilizando o protocolo de dose única mensal, com resultados divergentes no que se refere à fotorresposta. Poucos ensaios clínicos em humanos avaliaram a influência do LBI no grau de reabsorção da crista óssea alveolar (CRUZ et al., 2004; YOUSSEF et al., 2008; SOUSA et al., 2011; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; SOUSA, 2013) e no ápice radicular (CRUZ et al., 2004; YOUSSEF et al., 2008; SOUSA et al., 2011; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; SOUSA, 2013; NIMERI et al., 2014) após a movimentação ortodôntica. Buscou-se no presente estudo analisar, por meio da avaliação clínica, a influência do LBI na velocidade da movimentação ortodôntica nos caninos no momento de sua retração inicial, com protocolos específicos para mandíbula e maxila e em aplicação mensal única. Também avalia os efeitos da laserterapia na integridade tecidual, por meio de radiografias, após a mecânica de retração inicial de caninos.

2 Revisão de Literatura

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura foi dividida em três partes distintas para um melhor entendimento do leitor, como consta a seguir:

2.1 Força ortodôntica e biologia do movimento dentário induzido

2.2 Laser de baixa intensidade

- 2.2.1 Efeitos do laser de baixa intensidade na movimentação ortodôntica em humanos
- 2.2.2 Efeitos do laser de baixa intensidade na integridade tecidual, estudos em animais e humanos

2.3 Radiografia

- 2.3.1 Radiografia periapical como recurso diagnóstico da reabsorção óssea e radicular
- 2.3.2 Radiografia digital indireta
- 2.3.3 Efeitos biológicos e riscos associados aos raios X

2.1 Força ortodôntica e biologia do movimento dentário induzido

O tratamento ortodôntico é baseado no princípio do movimento dentário, se uma pressão prolongada for aplicada o dente sofrerá deslocamento (SOUSA, 2008; SOUSA, 2013).

Teorias buscam explicar a origem da movimentação dentária após a aplicação de força sobre o dente (KRISHNAN; DAVIDOVITCH, 2006; MEIKLE, 2006). As mais importantes são a teoria da pressão-tensão (SCHWARZ, 1932), a teoria da bioeletricidade (BASSETT; BECKER, 1962) e a combinação de ambas (MOSTAFA; WEAKS- DYBVIG; OSDOBY, 1983; PROFFIT, 2001).

A teoria da pressão-tensão descreve que a aplicação de uma força ortodôntica sobre um dente promove alterações que remodelam os tecidos dentários e periodontais. O movimento ortodôntico promove regiões de pressão e tensão no ligamento periodontal que podem ocorrer lentamente ou rapidamente, dependendo das características físicas da força aplicada e da quantidade de resposta biológica

do ligamento periodontal (KRISHNAN; DAVIDOVITCH, 2006; CONSOLARO, 2012). A raiz comprime o ligamento periodontal por um intervalo de tempo e o osso alveolar é reabsorvido, no lado de pressão, e deposita-se novo osso no lado onde o ligamento está sendo tracionado pela raiz, lado de tensão (REITAN; RYGH, 1996; PROFFIT, 2001). Estes fenômenos se dão pelo desencadeamento de uma cascata de mediadores químicos responsáveis pela inflamação dos tecidos periapicais após a aplicação de forças ortodônticas sobre o elemento dental (PROFFIT, 2001).

A teoria da bioeletricidade ou modelo bioelétrico relaciona o movimento dentário com mudanças no metabolismo ósseo controladas pelos sinais elétricos. Os cristais de hidroxiapatita e o colágeno, por pressão ou tensão podem gerar modificações eletromagnéticas ao seu redor. Essas modificações promovem estímulos ao estresse nas células da região periodontal e óssea, acumulando-se mediadores da remodelação óssea na interface periodontal. Em áreas eletronegativas ocorre a formação de osso com elevada atividade osteoblástica e em áreas eletropositivas há reabsorções ósseas evidenciando-se elevada atividade osteoclástica (RYGH; MOYERS, 1991; CONSOLARO, 2012).

Mostafa, Weeks-Dybvig e Osdoby (1983) *apud* Vasconcelos (2013) propuseram um modelo hipotético, com duas explicações para a interação entre as teorias (tensão-pressão e bioelétrica) na movimentação dentária. Na primeira, a força ortodôntica cria um vetor de pressão-tensão, fazendo com que o osso se deflexione, gerando uma polarização tecidual bioelétrica, e subsequente remodelação óssea. Com a evidência da síntese de prostaglandinas (PGLs) e com a estimulação de sinais elétricos, este fenômeno, juntamente com a polarização elétrica da membrana, age na superfície celular via nucleotídeo cíclico, gerando alterações nos níveis intracelulares dos segundos mensageiros. Este efeito, por sua vez, leva a modificações na proliferação, diferenciação e ativação celular. Descrevem, ainda, a direção e controle do movimento dentário com a ajuda de cargas diferentes formadas nos lados côncavo e convexo do osso deflexionado. A matriz com carga polarizada – em áreas eletricamente neutras ou positivas – promove atividade osteoclástica, enquanto que a eletronegatividade sustentada pela atividade osteoblástica pode trocar a polarização da membrana celular, levando a alterações nos níveis de adenosina monofosfato cíclico (AMPc). Na segunda, supõe-se que após a força ser aplicada, ocorre um aumento da permeabilidade vascular e infiltração celular, desencadeando um processo inflamatório envolvendo os tecidos

periodontais. Linfócitos, monócitos e macrófagos invadem estes tecidos, aumentando a liberação de prostaglandinas e a secreção de enzimas hidrolíticas. A elevação local das prostaglandinas e o subsequente aumento nas concentrações de AMPc aumentam a atividade osteoclástica. As enzimas hidrolíticas secretadas, como as collagenases, dissolvem a matriz extracelular mecanicamente pressionada.

Em relação à força que deve ser aplicada sobre o dente, estudos experimentais trabalham sobre a hipótese de existir uma força ótima a qual induz um padrão de movimentação dentária máximo quando o aparelho ortodôntico é instalado (SCHWARZ, 1932). Esta força difere entre as espécies, e é afetada pela idade, sexo, alterações hormonais, e fatores dietéticos; além disto, um padrão de força ótimo pode variar conforme a área da superfície radicular fazendo com que a pressão na interface dente/osso seja de uma importância clínica primordial (STOREY, 1973).

Storey e Smith (1952) ao estudar o movimento ortodôntico distal dos caninos, sugeriram que há uma variação ideal de força entre 150 a 200g na interface do osso alveolar com o ligamento periodontal a qual produz uma quantidade máxima de movimento dentário. Uma pressão abaixo dessa taxa não promoveu movimento do dente, e com uma força acima da ideal, a taxa de movimento dentário decresceu e chegou à zero em uma semana.

De acordo com Reitan, em seus clássicos estudos de 1964 e 1974, definiu a força ótima como uma força apenas suficiente para aumentar a atividade celular nos tecidos circundantes ao elemento dentário e permitir movimento, reduzindo o risco de reabsorção radicular.

Para Mao, Wang e Kopher (2003) a mecanoterapia ortodôntica tem como objetivo primordial o movimento do dente por meio de alterações adaptativas e remodelações nos tecidos periodontais e para se conseguir isso, uma força de 20 a 150g por dente deve ser aplicada.

O conceito atual de força ideal consiste num estímulo mecânico extrínseco, que evoca uma resposta celular que objetiva restaurar o equilíbrio da área por meio da remodelação periodontal. Logo, a carga mecânica que leva ao máximo movimento dentário com risco mínimo aos tecidos dentários, ao ligamento periodontal e ao osso alveolar, é considerada ideal. Esse conceito significa que há uma força de certa magnitude e características temporais, capaz de produzir um máximo movimento dentário, sem prejuízo aos tecidos, e com máximo conforto para

o paciente. De acordo com esse conceito, a força ideal pode ser diferente para cada dente e para cada paciente. Clinicamente, a relação entre a magnitude de força ortodôntica e o nível de movimento dentário obtido durante o tratamento ativo, deve ser considerada como um método prático na identificação da força ideal para cada indivíduo (REN; MALTHA; KUIJPERS-JAGTMAN, 2003).

Na movimentação dentária, os cementoblastos podem morrer quando a força aplicada sobre os dentes comprimiu de tal forma os vasos do ligamento periodontal, que estas células entraram em necrose ou migraram. Desta forma, a superfície radicular, desprotegida pela ausência dos cementoblastos, pode ser ocupada por “cementoblastos-like”, advindos do osso vizinho, e estes organizarem as unidades osteorremodeladoras, dando início à reabsorção radicular associada ao movimento ortodôntico (SANTA MARIA JÚNIOR, 2009).

A aplicação de uma força ortodôntica promove um processo inflamatório na região, pois trata-se de um mecanismo natural frente ao estímulo biológico local. A movimentação dentária, realizada através de forças leves e controladas, vai gerar reabsorção óssea local gerando movimentação dentária. Já a utilização de forças intensas e não controladas caracterizam-se como uma agressão ao organismo gerando reabsorções dentárias e ósseas à distância do local onde foram aplicadas (CONSOLARO, 2005).

Em geral, após a aplicação de uma força o movimento dental ocorre em três fases: na primeira, em um rápido movimento o dente invade o espaço do ligamento periodontal; na segunda, o movimento ocorre relativamente lento, ou não ocorre devido hialinização do ligamento periodontal em áreas de compressão; e na fase final os dentes começam a se mover rapidamente através da lâmina dura alveolar, e ocorre reabsorção óssea frontal (BURSTONE, 1962; STOREY, 1973).

O movimento inicial está diretamente relacionado com a espessura do ligamento periodontal (STOREY, 1973). Durante a segunda fase, também conhecida por fase ativa ou intermediária, ocorre um aumento na quantidade de citosinas, fatores de crescimento e produtos do ácido araquidônico na região de pressão. Em decorrência da liberação de mediadores químicos, associados à lesão tecidual induzida, pode haver aumento da permeabilidade vascular e, formação de exsudato e infiltrado inflamatório. Dependendo da intensidade e da distribuição da força, ocorre a formação de áreas de hialinização, proporcional ao grau de hipóxia causado pela compressão do ligamento periodontal. Na fase final, o movimento

resulta da dissipação da força aplicada e, nesta etapa, o estresse celular e a inflamação, não têm mais estímulos, ocorrendo a redução dos mediadores celulares inflamatórios locais (CONSOLARO, 2012).

De acordo com Krishnan; Davidovitch (2006) e Consolaro (2012) um processo de inflamação aguda marca a fase inicial do movimento dentário ortodôntico, caracterizado por vasodilatação periodontal e migração de leucócitos dos capilares sanguíneos. Como qualquer outro agente, uma força aplicada no ligamento periodontal promove diretamente a compressão ou estresse mecânico das células e pode produzir proteínas livres no meio intersticial por destruição eventual de algumas células. O colapso dos vasos sanguíneos pela pressão exercida promove hipóxia ou anóxia, e também pode gerar proteínas livres, decorrentes da destruição ou da desorganização de fibras colágenas e da matriz extracelular. Essas proteínas liberadas fazem com que os mastócitos do ligamento periodontal degranulem, liberando histamina e promovendo ainda a síntese de neuropeptídeos pelas terminações nervosas livres. Esses dois fenômenos desencadeiam a contração das células endoteliais e em consequência, acontece a vasodilatação e o aumento da permeabilidade vascular, estabelecendo-se a exsudação plasmática. Aproximadamente 90 minutos após a aplicação de uma força no ligamento periodontal estabelece-se o início do infiltrado inflamatório.

Essas células migratórias, principalmente os macrófagos, são encontrados em maior quantidade no espaço intersticial entre 24 a 72 horas. Enquanto fagocitam as proteínas desnaturadas e tecido necrótico são grandes produtores de substâncias para o meio extracelular, como as citosinas, fatores de crescimento e produtos do ácido araquidônico, como por exemplo, prostaglandinas, além de outros mediadores importantes. Esses mediadores exercem quimiotaxia para as células mesenquimais, células endoteliais, fibroblastos e osteoblastos, efetivando também estímulos à proliferação e síntese por parte dessas células, remodelando os tecidos periodontais e facilitando o movimento dentário (INTERLANDI, 1999; CONSOLARO, 2005).

O processo inflamatório agudo que define a fase inicial do movimento dentário ortodôntico é predominantemente exsudativo, no qual o plasma e leucócitos deixam os capilares em áreas do ligamento periodontal (LP). Um ou dois dias depois, a fase aguda da inflamação é substituída por um processo crônico que é principalmente proliferativo, envolvendo fibroblastos, células endoteliais, osteoblastos (KRISHNAN; DAVIDOVITCH, 2006), e células osteoprogenitoras (INTERLANDI, 1999). A

inflamação crônica prevalece até a próxima consulta clínica, quando o ortodontista ativa o aparelho, assim iniciando outro período de inflamação aguda, superpondo-a à inflamação crônica que está acontecendo.

Estas fases são importantes para a interpretação das pesquisas experimentais, pois a quantificação adequada da movimentação deverá analisar a natureza das alterações teciduais que estão ocorrendo, considerando a anatomia do dente e dos tecidos correlacionados e, a força aplicada (CONSOLARO, 2012). Portanto, se a medida da distância total que um dente movimentou no final do experimento, for expressa como um padrão semanal, levará a uma falsa interpretação da natureza do processo tissular envolvido (STOREY, 1973).

A influência de alguns fatores na movimentação dentária induzida, vem sendo estudada com a intenção de auxiliar clinicamente na interpretação de resultados e, na tentativa de estimular o movimento dentário. Entre estes fatores, apresentam-se como estimulantes da movimentação dentária: as prostaglandinas (YAMASAKI; MIURA; SUDA, 1980; YAMASAKI; SHIBATA; FUKUHARA, 1982), a vitamina D (COLLINS; SINCLAIR, 1988; TAKANO-YAMAMOTO; KAWAKAMI; YAMASHIRO, 1992), a prostaciclina e o tromboxano A₂ (GURTON et al., 2004), a osteocalcina (KOBAYASHI et al., 1998; HASHIMOTO et al., 2001), o fator nuclear ligante kappa B (KANZAKI et al., 2006), óxido nítrico (AKIN; GURTON; OLMEZ, 2004), estímulos elétricos externos (DAVIDOVITCH et al., 1980a, 1980b), hormônios como a tiroxina (SHIRAZI; DEHPOUR; JAFARI, 1999), intervenções cirúrgicas, incluindo distração dentária e corticotomias alveolares (MOSTAFA et al., 2009) e a laserterapia (KAWASAKI; SHIMIZU, 2000; CRUZ et al., 2004; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; SOUSA et al., 2011; GENC et al., 2012; SOUSA, 2013).

2.2 Laser de baixa intensidade

O termo laser constitui-se em um acrônimo que identifica a seguinte expressão inglesa “Light Amplification of Stimulated Emission of Radiation” e que traduzida para o Português quer dizer, Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação. O laser é uma radiação, que se encontra no espectro de luz que varia do infravermelho ao ultravioleta, passando pelo espectro visível (BRUGNERA JUNIOR; VILLA; GENOVESE, 1991; GENOVESE, 2000).

O laser se distingue de outras formas de luz devido, principalmente, a três características: monocromaticidade, coerência e unidirecionalidade. A monocromaticidade significa que a luz laser é pura, ou seja, composta de fótons, todos da mesma cor e com o mesmo comprimento de onda. Essa característica é importante devido à absorção seletiva do tecido humano. Coerência, quer dizer que as ondas viajam ordenadamente em relação ao tempo e suas amplitudes são iguais. A coerência mantém-se ao longo do tempo e espaço. Unidirecionalidade ou colimação refere-se ao paralelismo existente entre o feixe e o eixo do tubo que produz este tipo de energia; a luz laser possui divergência angular muito pequena e toda a energia do laser concentra-se precisamente em um ponto focal (BRUGNERA JUNIOR; VILLA; GENOVESE, 1991; GENOVESE, 2000; VASCONCELOS, 2013).

Os aparelhos de laser utilizados na Ortodontia, para aceleração/inibição da movimentação dentária ou supressão da dor pós-ativação, podem ser classificados de acordo com sua potência, em baixa potência, de acordo com seu meio ativo, em gasoso e de acordo com seu aspecto eletromagnético, na faixa do vermelho e infravermelho próximo (MELLO; MELLO, 2001; SOUSA, 2013; VASCONCELOS, 2013).

O laser de baixa intensidade (LBI), também denominado de laser mole, laser frio, laser terapêutico ou *soft laser*, emite radiações de baixas potências, e possuem uma ação analgésica, antiinflamatória, e de biomodulação tecidual (estimulação ou inibição). As inúmeras aplicações dos lasers de baixa potência são baseadas sobretudo em efeitos fotoquímicos e/ou fotofísicos, que resultam do fato de as estruturas constituintes das células absorverem de forma seletiva os diversos comprimentos de onda de luz. Os componentes celulares cujo pico de absorção coincide com o comprimento de onda da radiação absorvem a maior parte da mesma, alterando-se ou destruindo-se. Dessa forma, ao invés de destruir células como o laser de alta potência, o de baixa desencadeia dentro delas uma série de reações químicas, acelerando alguns processos metabólicos e desacelerando outros. Entre os lasers de baixa potência encontram-se os lasers de He-Ne (Hélio-Neônio) e diodo (Arseneto de gálio – AsGa e Arseneto de gálio e alumínio – AsGaAl) (RYDEN; BJELKHAGEN; SODER, 1975; THEODORO, 2001; MATEOS, 2005; SOUSA, 2008; VASCONCELOS, 2013).

De acordo com o espectro eletromagnético, os comprimentos de onda dos LBI mais empregados para realizar a fototerapia estão na faixa do vermelho,

chamada também de luz visível (de 630 a 700 nanômetros (nm)) e infravermelho próximo (de 700nm a 904nm), que determinará a sua capacidade de penetração nos tecidos (BRUGNERA JUNIOR; VILLA; GENOVESE, 1991; GENOVESE, 2000; MELLO; MELLO, 2001).

O laser vermelho, por penetrar menos nos tecidos biológicos, é indicado para lesões superficiais, enquanto que o infravermelho, mais penetrante, é o de eleição para atingir os tecidos profundos, como o ósseo e o nervoso (BRUGNERA JUNIOR; VILLA; GENOVESE, 1991; GENOVESE, 2000; MELLO; MELLO, 2001). O comprimento de onda de 780nm do laser de diodo (GaAsAl) está na janela óptica do infravermelho e tem demonstrado possuir a maior penetração em tecidos humanos, quando comparado com outros sistemas de lasers (LIM; LEW; TAY, 1995; SAITO; SHIMIZU, 1997; KAWASAKI; SHIMUZI, 2000).

O mecanismo de bioestimulação do laser, relaciona-se com a capacidade da célula em absorver a luz através dos fotorreceptores e, converter esta energia em reação fotoquímica. Portanto, o efeito físico inicial do laser é a absorção da luz por moléculas específicas nos tecidos. Para a molécula fotorreceptora de luz participar da fotomodulação, ela precisa fazer parte de uma estrutura chave que regula uma via metabólica (KARU, 1999). Os citocromos, enzimas da cadeia respiratória presentes nas mitocôndrias são identificadas como os primeiros “cromóforos da bioestimulação” (HARRIS, 1991). O citocromo c oxidase é a enzima que catalisa a etapa final da cadeia respiratória da mitocôndria, que é, a transferência dos elétrons do citocromo c para o oxigênio molecular (KARU et al., 2008). Estes fotorreceptores, são estimulados por comprimentos de onda específicos e pesquisas mostram que a mitocôndria estimulada, resulta em energia livre derivada de uma química de oxirredução, aumentando a síntese de ATP e o consumo de oxigênio (HARRIS, 1991; KARU, 1999). Quando o estado redox da célula é trocado para um estado mais oxidado os efeitos da irradiação são positivos aumentando a viabilidade e o metabolismo celular, se a tendência é para um estado de redução, os efeitos são depressores (KARU, 1999).

A luz é somente um gatilho para algumas alterações no metabolismo celular. A fotoestimulação induz mudanças no citocromo c oxidase e/ou nos componentes flavínicos da cadeia respiratória, na mitocôndria. Este evento, pode por sua vez, causar outra alteração de oxido-redução e, modulações nas reações bioquímicas, através de um sinal de transdução e amplificação do estímulo. Estes sinais levam a

um macro efeito fotobiológico, como mudanças nos parâmetros de homeostasia celular (marcados pela síntese de DNA) os quais são usados pelas células eucarióticas para regular a sua proliferação. Este mecanismo de gatilho explica porque são necessárias doses baixas de estimulação (KARU, 1989; KARU, 1999).

A absorção da luz tem a capacidade de promover um aumento do metabolismo celular de um estado deprimido para um nível normal. Um mecanismo limitante provavelmente previne que os níveis metabólicos sejam aumentados muito além do normal. Baseando-se nisto, conclui-se que o tratamento bioestimulador, tem um efeito seletivo sobre as células deficientes e, os tecidos com funcionamento normal não são afetados na mesma intensidade (HARRIS, 1991).

A magnitude do efeito da irradiação é determinada pelo potencial de oxirredução da célula no momento da irradiação, ou seja, do estado fisiológico da célula (KARU, 1989), independente do espectro eletromagnético utilizado (KARU; ANDREICHUK; RYABYKH, 1993; KARU et al., 2008), mas dependente da absorção de um comprimento de onda específico (KARU, 1999).

O efeito biomodulador, demonstra ser dose-dependente e as células são capazes de serem estimuladas com diferentes densidades de energia, formando o mesmo gráfico em forma de sino, com um pico e curva descendente, em um intervalo amplo de densidades de energia. As células podem ser estimuladas ou não, várias vezes, à medida que a dose vai sendo aumentada, gerando um ciclo (KARU; PYATIBRAT; RYABYKH, 1997). Curiosamente, tem sido bem documentado que mais de uma função celular (ex. replicação, motilidade e funções secretoras) pode ser influenciada de maneira diferente pela irradiação com o mesmo comprimento de onda, podendo ser alterada ou permanecer igual (KARU, 1999).

Para que seja possível entender, medir, escolher e controlar a irradiação dos tecidos a serem tratados, é necessário que se conheça o conceito de algumas grandezas físicas.

- Potência: informa a capacidade de um equipamento de fornecer energia, provocando maior ou menor reação fotobiológica (EDUARDO et al., 2004).
-

$$\text{Potência (W)} = \text{Energia (J)} / \text{Tempo (s)}$$

- Densidade de energia, fluência ou dose (J/cm^2): é a quantidade de energia aplicada no tecido com relação à área sobre a qual esta energia é aplicada, em outras palavras, é a distribuição da energia por unidade de área. A unidade, portanto, é J/cm^2 (Joule por centímetro quadrado) (LIZARELLI, 2007).
- Densidade de energia (J/cm^2) = $P(\text{W}) \times T(\text{s}) / A (\text{cm}^2)$, sendo P a potência, T o tempo de irradiação e A a área da ponta ativa “spot size” do aparelho a ser considerada quando o laser é entregue de forma pontual. No caso da caneta convencional da MMOptics, a área é $0,04\text{cm}^2$ (LIZARELLI, 2007).
- Energia: quantidade de luz depositada no tecido tratado, sendo expressa em joules (J) (LIZARELLI, 2007).

$$\text{Energia (J)} = \text{Potência (W)} \times \text{tempo (s)}$$

Para se calcular a energia por ponto, quando temos a densidade de energia (DE) e a área do spot size (A) do aparelho utilizado, basta multiplicar-se a densidade de energia pela área, como demonstrada na equação abaixo:

$$E (\text{J}) = DE (\text{J}/\text{cm}^2) \times A (\text{cm}^2)$$

Para se calcular a energia total (Et), basta multiplicar-se a energia por ponto pelo número de pontos utilizado. $E_{\text{total}} = E (\text{J}) \times \text{número de pontos utilizado}$.

- Densidade de Potência, Irradiância ou Intensidade (W/cm^2) (LIZARELLI, 2007) : é a razão com que a potência é dissipada numa certa área do tecido e pode ser calculada da seguinte forma: $DP(\text{W}/\text{cm}^2) = P(\text{W}) / A$, onde P é a potência e A, a área do spot size do aparelho utilizado, no caso da aplicação ser de forma pontual.
-

Lizarelli (2007) salienta que é importante entender que um laser de potência alta, por exemplo, um laser cirúrgico de 20W, aplicado numa área de 10cm^2 , teria uma irradiância de 2 W/cm^2 . O mesmo laser, numa área de 1 cm^2 , teria uma irradiância de 20W/cm^2 , o que ocasionaria dano térmico ao tecido se houvesse exposição prolongada, porque a mesma potência estaria sendo entregue numa área muito menor, e consequentemente a quantidade de energia por segundo, que seria absorvida pelo tecido, seria 20 vezes maior. Assim, não é a potência que determina dano térmico e sim, a irradiância.

Os primeiros protocolos que surgiram na literatura consideravam principalmente a fluência ou densidade de energia, expressa em J/cm^2 , para comparação e indicação das doses entregues no tecido alvo, pois acreditava-se que independentemente da dimensão e configuração do feixe de luz laser, esta se espalhava no tecido abrangendo uma área de um centímetro quadrado (ALMEIDA-LOPES, 2004). Essa metodologia de cálculo tem sido abandonada, visto que esse “espalhamento” da luz laser ocorre de maneira distinta em tecido mole e tecido duro, ou em tecido mole pigmentado e em tecido mole sem pigmentação (DMC, 2005).

Recentemente, tem sido utilizada a área de secção transversal do feixe de luz laser ou “spot size” (cm^2) para cálculo da fluência, visando garantir protocolos estáveis (EDUARDO et al., 2004; GENOVESE, 2007; LIZARELLI, 2007). A energia poderá ser indicada tanto pela energia total (J) quanto pela densidade de energia (dose ou fluência). Entretanto, utilizar a energia total como único parâmetro para o protocolo clínico não permite saber qual é a área do tecido-alvo, nem ao menos se a irradiação foi realizada por varredura ou por pontos. Além disso, não será possível saber qual foi a potência empregada, muito menos por quanto tempo. Por isso, necessita-se da menção da densidade de energia (J/cm^2), mas ainda assim, deverá ser acrescida do comprimento de onda e da metodologia utilizada (por ponto ou varredura), além da área (diâmetro do “spot size”) e outros dados, como energia total, energia por ponto, número de pontos, etc (LIZARELLI, 2007).

2.2.1 Efeitos do laser de baixa intensidade na movimentação ortodôntica em humanos

A primeira pesquisa realizada em humanos avaliando o LBI na movimentação ortodôntica publicada na literatura foi a de Cruz et al. (2004). Foram selecionados 11

pacientes, com idades entre 12 e 18 anos e necessidade de extração de pré-molares para posterior retração de caninos. Após a extração dos primeiros pré-molares, instalou-se o aparelho ortodôntico fixo total e realizou-se o nivelamento e alinhamento até o fio retangular. Em seguida os caninos foram retraídos com molas de NiTi e força de 150g. Para avaliação da movimentação dentária foram realizadas medições clínicas mensais (0°, 3°, 7°, 14° e 21° dia) com o paquímetro digital, cujos pontos de referência foram mesial do tubo do primeiro molar e a distal da canaleta do braquete do canino do mesmo lado. O laser de diodo, com comprimento de onda de 780nm foi aplicado de forma pontual e por contato em apenas um dos lados escolhido aleatoriamente com o seguinte protocolo de aplicação: potência de 20mW, densidade de energia de 5J/cm², 10 pontos (5 por vestibular e 5 por lingual) por um período de 10 segundos cada aplicação, resultando numa energia por ponto de 0,2J. Os autores observaram maior velocidade de movimentação nos caninos irradiados, estatisticamente significativa, em relação aos dentes não irradiados, numa proporção de 34% a mais no período de tempo avaliado (2 meses). As aplicações aconteceram no primeiro dia após ativação do aparelho e nos dias subsequentes: 3°, 7° e 14° de cada mês, totalizando 8J de energia ao mês (4 aplicações mensais). Os autores concluíram que o LBI é um bom recurso quando se deseja uma diminuição do tempo de tratamento, bem como uma redução de custos.

Posteriormente, Limpanichkul et al. (2006) realizaram estudo semelhante, porém aumentando a energia depositada nos tecidos. Para isto utilizaram uma amostra de 12 pacientes, com média de idade de 20,11 anos, que necessitavam da extração dos primeiros pré-molares superiores com consequente retração dos caninos do mesmo arco. A retração dos caninos foi realizada com molas de NiTi utilizando uma força de 150g. Após as extrações, os dentes foram nivelados e alinhados até o fio 0,018 de aço e, a partir dessa fase, iniciou-se a retração dos caninos e as aplicações de laser, sendo um lado irradiado e o contralateral, controle. O estudo foi duplo-cego e os paciente avaliados por 3 meses. A aplicação do laser seguiu os seguintes parâmetros: laser de diodo (GaAlAs) com comprimento de onda de 860nm, aplicado em 8 pontos ao redor de um dos caninos escolhidos randomicamente, potência de 100mW, área do espectro de 0,09 cm², densidade de potência (DP) 1,11 W/cm², tempo de 23 segundos por ponto, densidade de energia 25 J/cm², com uma dose de energia de 2,3J por ponto, durante três dias seguidos e energia total por mês de 55,2J. O mesmo procedimento foi repetido por mais 3

meses. Para avaliação da movimentação dentária, utilizou-se os modelos de gesso superiores, tendo como referência, as rugas palatinas, utilizadas para avaliação. Os resultados do estudo demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa em relação à velocidade de movimentação ortodôntica entre o lado irradiado e o não irradiado. Os autores concluíram que o LBI, com esse protocolo de aplicação, não influencia positivamente a aceleração do movimento ortodôntico.

Youssef et al. (2008) também avaliaram a influência do laser de baixa intensidade (GaAlAs) na movimentação de caninos superiores e inferiores durante a fase de retração inicial, tendo o contralateral como controle. Foram instaladas molas bilaterais pré-fabricadas com fio Elgiloy, liberando força de 150g, em 15 pacientes, com idades entre 13 e 24 anos. O laser foi irradiado em um dos caninos, nos dias 0, 3, 7 e 14 após a ativação das molas, de acordo com o seguinte protocolo: comprimento de onda de 809nm; potência de 100mW; 8J de energia total ao redor da raiz do canino, irradiando os pontos cervical, médio e apical da raiz. Como foram irradiadas as faces vestibular e lingual dos caninos, obteve-se um total de 6 pontos. O ponto cervical e apical foi irradiado por 10 segundos (1J de energia por ponto tanto na face vestibular, quanto na lingual), enquanto que o ponto médio foi irradiado por 20 segundos (2J de energia por ponto, tanto na face vestibular, quanto na lingual). O total de energia ao mês, após 4 aplicações foi de 32J. A distância percorrida pelos caninos foi mensurada com um paquímetro digital em modelos de gesso que foram confeccionados a cada reativação das molas num intervalo de 21 dias. Os pontos de referência utilizados foram: ponta da cúspide mesial do primeiro molar e ponta da cúspide do canino do mesmo lado. Os resultados demonstraram haver um aumento da velocidade de movimentação ortodôntica do lado irradiado comparado com o lado não irradiado.

Sousa et al. (2011), em um estudo semelhante ao de Cruz et al. (2004) selecionaram 10 pacientes com média de idade de 13,1 anos e avaliaram os efeitos do laser na velocidade de movimentação ortodôntica, porém utilizando arcos dentários superiores e inferiores na fase inicial de retração de caninos com arcos segmentados, os mesmos pontos de aplicação, comprimento de onda (λ), densidade de energia (780nm/5J/cm²) e energia por ponto (0,2J por ponto e energia total por dente de 2,0J), porém diminuindo-se para 3 aplicações mensais, dando um total de energia acumulado ao mês de 6J, observaram uma maior velocidade de movimentação estatisticamente significativa no grupo de dentes irradiados (51%

mais rápido) comparados ao seu contralateral, no período de avaliação de 3 meses, sugeriram um efeito benéfico do laser quando se pretende reduzir o tempo de tratamento.

Com o intuito de utilizar um protocolo de aplicação única mensal do laser evitando o retorno do paciente ao consultório para nova aplicação no mesmo mês, Orlando (2010) avaliou os efeitos do LBI na velocidade da movimentação ortodôntica durante a retração inicial de caninos fazendo a aplicação do laser somente no momento da ativação da retração. Foram selecionados 21 pacientes com média de idade de 14,69 anos que necessitavam da extração de primeiros pré-molares, sendo 15 com má oclusão de Classe I e 6 com Classe II de Angle. A retração inicial foi realizada com arco segmentado de NiTi .014, por mola de NiTi e força de 150g. O laser foi aplicado nos caninos superiores e inferiores após a ativação da retração, sendo novamente realizada após período de 30 dias. Em cada arco dentário havia um canino que sofria aplicação do laser e o outro era o controle. O protocolo de aplicação do laser compreendeu um comprimento de onda de 780nm, potência de 40mW, densidade de energia de $10\text{J}/\text{cm}^2$, durante 10 segundos por ponto (5 pontos por vestibular e 5 por lingual) e energia total de 0,4J/ponto, energia total de 4J/dente mensal. A análise dos dados foi realizada através de tomografia computadorizada obtida no início e no final da retração dos caninos. Os resultados demonstraram que a dose utilizada promoveu aceleração da movimentação dentária somente para os caninos inferiores, não sendo adequada para os caninos superiores, assim, o autor sugeriu a necessidade de determinar a dosimetria adequada para a movimentação ortodôntica de forma distinta para o arco dentário superior e inferior.

Lages (2011) utilizou a mesma amostra de Orlando (2010), porém avaliou a eficácia do LBI através de modelos digitais dos caninos movimentados. Os modelos de gesso foram obtidos durante todos os meses da pesquisa, a cada retorno dos pacientes para a reativação das molas utilizadas para retração dos caninos. Os pacientes foram moldados nas fases inicial (T0), um mês (T1), dois meses (T2), três meses (T3) e quatro meses (T4) após o início da retração dos caninos e posteriormente esses modelos de gesso foram digitalizados. Os resultados demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre a velocidade de retração dos caninos irradiados comparados aos seus controles, divergindo dos resultados de Orlando (2010) que observou aceleração dos caninos inferiores irradiados em relação ao contralateral não irradiado. O autor justifica essa

divergência de resultados devido a utilização da tomografia computadorizada por Orlando (2010) que permitiu traçar planos a partir de estruturas anatômicas, podendo mensurar apenas a movimentação no sentido sagital dos caninos.

Doshi-Mehta e Bhad-Patil (2012) também analisaram os efeitos do LBI na retração inicial de caninos, de forma semelhante aos trabalhos anteriores em relação à mecânica ortodôntica, com uma amostra de 20 pacientes, com idades entre 12 e 23 anos. Após a ativação das molas de retração, o laser de diodo, com comprimento de onda de 800nm foi aplicado com o seguinte protocolo: potência de 0,25mW, densidade de energia 5J/cm², com 5 aplicações por vestibular e 5 por lingual, (duas no terço cervical mesial e distal, uma no terço médio, e duas no terço apical mesial e distal) totalizando 10 aplicações de 10 segundos e energia total de 8J por aplicação. No primeiro mês a aplicação do laser foi feita nos dias 0, 3, 4 e 14 após a ativação da mola de retração (Et=32J mensal) e nos meses seguintes foi feita no 15º dia até a completa retração do canino. Os autores concluíram que o aumento médio da taxa de movimentação dos caninos em três meses foi de 54% na maxila e 58% na mandíbula.

Genc et al. (2013) verificaram os efeitos do laser de baixa potência sobre a velocidade da movimentação ortodôntica durante a retração dos incisivos laterais superiores após extração dos primeiros pré-molares e retração dos caninos. Vinte pacientes, com média de idade de 17,8 anos, foram avaliados, sendo sempre o incisivo lateral superior direito o dente a receber o laser e o esquerdo o placebo. Os parâmetros do laser de diodo ($\lambda=808\text{nm}$) utilizados foram: DE=0,71J/cm², potência de 20mW, 5 aplicações por vestibular e 5 por palatino, totalizando 10 pontos (dois cervical, um médio e dois na região apical) e tempo de 10 segundos por ponto, sendo 0,2J por ponto, com 2J por aplicação e energia total por mês 12J. As aplicações do laser de diodo foram realizadas nos dias 0, 3, 7, 14, 21 e 28 após a ativação da mola de NiTi presa no dente e a um mini implante. Os resultados demonstraram que a aplicação da terapia com laser de baixa intensidade acelerou significativamente a movimentação ortodôntica.

Em 2013, Dominguez, Gomez e Palma selecionaram 10 pacientes, com média de idade de 13,75 anos que apresentavam indicação para extração dos segundos pré-molares superiores e aplicaram o laser de baixa intensidade durante a retração dos primeiros pré-molares. A aplicação foi realizada no 1º pré-molar em apenas um dos lados do arco dentário superior durante a retração, enquanto o pré-

molar contralateral foi placebo. Os parâmetros utilizados com o laser de diodo (670nm) foram: potência de 200mW, densidade de potência de $6,37\text{W}/\text{cm}^2$ na face vestibular distal e lingual nos dias 0, 1, 2, 3, 4 e 7 por 3 minutos em cada face totalizando 9 minutos com uma energia de 108J por aplicação e total por mês de 648 J. Os resultados mostraram que a retração acumulada do pré-molar superior aos 30 dias foi maior no grupo laser, e esta diferença foi estatisticamente significativa entre os grupos.

O único trabalho existente na literatura, que realizou a aplicação do LBI em todos os dentes durante a movimentação ortodôntica foi o de Camacho e Cujar (2010). Eles selecionaram 60 pacientes, média de idade de 25,3 anos, com má oclusão semelhante e os dividiram em dois grupos: o grupo laser e o grupo controle. O laser infravermelho ($\lambda = 830\text{nm}$) era aplicado após cada ativação (troca de arcos), mensalmente com o seguinte protocolo: $\text{DE}=80\text{J}/\text{cm}^2$, $\text{P}=100\text{mW}$, $\text{t}=22\text{s}$, E por ponto de 2,2 J, 2 pontos por dente (vestibular e lingual) e energia por dente de 4,4J, até o final do tratamento. Os autores concluíram que houve uma redução em média de 30% no tempo total de tratamento no grupo laser comparado com o grupo controle.

Sousa (2013) investigou os efeitos do laser em baixa intensidade na movimentação ortodôntica com a intenção de promover a ancoragem. Foram selecionados 21 pacientes, com média de idade de 14,42 anos. A amostra constou de um total de 74 molares e pré-molares superiores e inferiores que serviram de ancoragem na fase de retração inicial de caninos realizada com molas de NiTi, com força de 150g. Utilizou-se o seguinte protocolo de aplicação: $780\text{nm}/70\text{mW}/105\text{J}/\text{cm}^2/4,2\text{J}$ por ponto/ $\text{Et}= 42\text{J}$ para os molares e 42J para os pré-molares nos dias 0, 7 e 14 pós-ativação, sendo que o contralateral foi considerado placebo. A retração durou em média 3 meses, num total de 9 aplicações de laser. Utilizou-se modelos de gesso e tomografias computadorizadas do feixe cônico (TCFC) para a verificação da perda de ancoragem dos molares. Os modelos adquiridos a cada mês foram medidos com paquímetro digital e as tomografias foram adquiridas nos tempos iniciais (T0) e finais (T4). Em modelos, para comparação entre os tempos, os resultados indicaram que houve uma diminuição estatisticamente significativa na velocidade da movimentação dos molares irradiados comparados ao seu contralateral somente no primeiro mês, porém houve uma diferença estatisticamente significativa comparando-se o tempo T0 e T4 tanto em modelos como em tomografias. Concluiu-se que a laserterapia, com uma dosimetria

mais alta, pode retardar a movimentação dos dentes e ser empregada como recurso de ancoragem na fase de retração inicial de caninos.

Long et al. (2013) com o intuito de avaliar a eficácia do LBI na aceleração da movimentação ortodôntica, realizaram uma meta-análise analisando os trabalhos publicados sobre o tema nas seguintes bases eletrônicas de dados: PubMed, Web of Knowledge, Embase, CENTRAL, ProQuest Dissertations & Theses e SIGLE, desde janeiro de 1990 até junho de 2013. Os autores observaram uma fraca evidência na atuação do LBI na aceleração do movimento ortodôntico no comprimento de onda de 780nm, densidade de energia de 5J/cm² e/ou potência de 20mW nos 2º e 3º meses de mecânica ortodôntica. No entanto, a eficácia do LBI em outros comprimentos de onda (por exemplo, 650 e 800 nm), densidades de energia (por exemplo, 25 J/cm²) e potências (por exemplo, 0,25 e 100 mW) não puderam ser determinados devido à falta de dados dos estudos ou potencial viés desta meta-análise. Além disso, também não se pode avaliar a eficácia do laser no 1º mês de mecânica devido a possíveis erros de medição. Devido à baixa qualidade das evidências e potencial viés de publicação, estas conclusões devem ser interpretadas com cautela.

Torri e Weber (2013) com o intuito de indicar quais os parâmetros de uso do LBI mais eficazes e orientar futuras pesquisas, realizaram uma revisão de literatura dos diversos protocolos existentes na literatura. Os bancos de dados MEDLINE e Cochrane Library foram avaliados, nos períodos de 1975 até 2012. Estudos clínicos e experimentos com animais escritos em Inglês e enfocando os efeitos do LBI sobre a taxa da movimentação ortodôntica foram pesquisados. Um total de 109 artigos foram identificados, dos quais 14 foram selecionados para análise detalhada. Em relação aos resultados dos estudos em humanos, demonstrou-se que o laser de diodo foi o laser utilizado em todos os estudos com diferentes frequências e doses. A dose mais comum e eficaz foi de 2 J por sessão nos primeiros dias de cada mês, com intervalos de 72-96h e a força ortodôntica de 150g pareceu ser a mais eficaz para movimentar os caninos. Os autores concluíram que a maioria dos estudos relatam efeitos positivos do uso do LBI no aumento da velocidade de movimentação ortodôntica, quando comparado ao grupo controle. O Laser de diodo (GaAlAs), especialmente, usado de forma contínua e em contato direto com as áreas irradiadas, foi o protocolo mais frequente. De acordo com os autores mais estudos

são necessários para determinar os melhores protocolos com relação à dose e frequência.

Ge et al. (2014) realizaram uma revisão sistemática e meta-análise de ensaios clínicos randomizados nos bancos de dados CENTRAL, Medline, PubMed, Embase, China Biology Medicine Disc (CBM), China National Knowledge Infrastructure (CNKI) e Google Scholar. Dos 173 artigos analisados, 9 foram selecionados para análise detalhada, cinco dos quais foram avaliados como de risco de viés moderado, enquanto que os outros, como de alto risco de viés. Os resultados demonstraram que o LBI poderia acelerar a movimentação ortodôntica em 7 dias e 2 meses. Além disso, uma densidade de energia relativamente mais baixa (5 e 8 J/cm²) foi aparentemente mais eficaz do que as mais elevadas (20 e 25 J/cm²).

Sousa et al (2014) realizaram uma revisão sistemática para verificar a influência do laser de baixa potência na aceleração da movimentação ortodôntica e quais os intervalos de dose mais eficazes para promover essa aceleração. Os critérios de seleção foram: estudos prospectivos clínicos controlados e ensaios clínicos randomizados; uso do LBI apenas nos comprimentos de onda vermelhos visível e infravermelho, com emissão de onda constante; ter todos os parâmetros principais de doses descrito, ou pelo menos condições para cálculo da energia, em Joules; e ser publicado em Português, Inglês ou Espanhol. Sete estudos preencheram os critérios de elegibilidade e foram selecionados para análise detalhada. Os resultados demonstraram que a dose mais comum e eficaz foi aquela entre de 0,2-2,2 J por ponto/ 2-8 J por dente em uma frequência de aplicação de 1-5 dias por mês para acelerar a movimentação ortodôntica. Os autores concluíram que o LBI parece ter uma eficácia demonstrada para acelerar a movimentação dentária, porém mais estudos são necessários para determinar os melhores protocolos com relação à energia e frequência.

2.2.2 Efeitos do laser de baixa intensidade na integridade tecidual, estudos em animais e humanos

Os trabalhos a seguir cujas características da amostra e protocolo de laser já foram descritos no tópico anterior não apresentarão essa parte metodológica explicada novamente.

Considerando que a movimentação dentária necessita do processo inflamatório local para ocorrer e, esta inflamação pode causar alterações na integridade dos tecidos dentários e periodontais (ANDREASEN, 1985, 1988) pela ação das células envolvidas na remoção de tecido necrótico e tecido ósseo (BRUDVIK; RYGH, 1994), supõe-se que o mesmo mecanismo que causa aceleração da movimentação dentária induzida, geraria uma reabsorção óssea e radicular mais intensa e o contrário também seria verdadeiro. Algumas pesquisas confirmam esta premissa (SATO et al., 1991; COSSETIN et al., 2011; SIRISOONTORN et al., 2012) enquanto outras mostram que o mecanismo que regula a movimentação dentária pode ser diferente do mecanismo da reabsorção radicular (CRUZ et al., 2004; MARTINS-ORTIZ, 2004; YOUSSEF et al., 2008; HABIB, 2010; SOUSA et al., 2011; EKIZER et al., 2013; VASCONCELOS, 2013; SEIFI et al., 2014; NIMERI et al., 2014) e que a laserterapia, usada na aceleração da movimentação ortodôntica, promove um adequado processo de remodelação óssea, com atividades osteoclástica e osteoblástica equilibradas, mantendo a integridade dos tecidos (KAWASAKI, SHIMIZU, 2000; HABIB, 2010; FONSECA et al., 2012).

O processo de reabsorção radicular se diferencia da reabsorção óssea por haver uma proteção da raiz contra a reabsorção (HAMMARSTROM; LINDSKOG, 1985; (LINDSKOG; BLOMLOF; HAMMARSTROM, 1987; CONSOLARO, 2012). A raiz dentária apresenta uma camada de cementoblastos em toda a sua extensão e estas células não apresentam receptores para os mediadores estimuladores da reabsorção (LINDSKOG; BLOMLOF; HAMMARSTROM, 1987). Portanto para que a raiz seja reabsorvida ela deve perder a proteção dos cementoblastos, devido a uma ação mecânica, por morte ou migração destas células devido à hipóxia, e ficar exposta à ação dos macrófagos e clastos (CONSOLARO, 2012).

A ação estimuladora do laser sobre os osteoclastos (KAWASAKI; SHIMIZU, 2000; ALTAN et al., 2012) parece ser contraditória em relação ao processo de reabsorção radicular, pois poderia intensificá-lo, se as células ao removerem a área hialina, com maior velocidade, também retirassem o tecido radicular; mas também teoricamente, poderia reduzi-lo, se a área hialina, associada à manutenção do processo reabsortivo após a remoção da força (BRUDVIK; RYGH, 1995b), fosse eliminada mais rapidamente, favorecendo a movimentação. Também seu efeito sobre os fibroblastos (VINCK et al., 2003), a matriz colágena (HABIB et al., 2010) e a capilarização (ALTAN et al., 2012) no periodonto, supostamente pode ser reparador

e acelerar a reinserção de fibras na raiz, reduzindo a área exposta sujeita á ação dos clastos e macrófagos (BRUDVIK; RYGH, 1995a).

Kawasaki e Shimizu (2000) avaliaram os efeitos do laser de baixa intensidade na remodelação óssea e velocidade do movimento ortodôntico em ratos. A amostra foi constituída de 48 ratos machos da linhagem *Wistar*, sendo 24 ratos utilizados para análise histomorfométrica e 24 para exame histológico. Nesse estudo, utilizou-se uma força ortodôntica de 10 g para movimentação do primeiro molar superior esquerdo com uma mola super-elástica para tração, instalada entre o molar e os incisivos. O laser utilizado foi o de diodo (GaAlAs), com comprimento de onda de 830nm, 100mW, área de irradiação de 0,6mm, tempo de aplicação de 3 minutos em cada ponto, sendo 3 pontos, por vestibular, lingual e mesial (total de 9 minutos, 35.3W/cm²), uma vez por dia, por treze dias consecutivos, com energia total de 54 J. A quantidade de movimento dentário foi medida através da distância entre as cúspides mesiovestibulares do segundo e primeiro molar em modelos de gesso confeccionados antes (dia 0) e após o movimento dentário (dias 1, 2, 4, 12). No grupo irradiado, a quantidade de movimentação foi significativamente maior (1,3 vezes) em relação ao grupo não irradiado. A quantidade de formação óssea e a taxa de proliferação celular no lado de tensão e o número de osteoclastos no lado de pressão foram aumentados significativamente em todo o grupo experimental, quando comparado ao grupo controle. De acordo com os autores estes resultados sugerem que a irradiação com laser de baixa potência pode acelerar o movimento dentário acompanhado com uma adequada remodelação óssea alveolar.

Cruz et al. (2004), Youssef et al. (2008), Doshi-Meta e Bhad-Patil (2012) em ensaio clínicos, avaliaram os efeitos do LBI (GaAlAs) na velocidade da retração inicial de caninos e verificaram que o canino irradiado apresentou uma movimentação mais acelerada em relação ao seu contralateral não irradiado. Após a mecânica ortodôntica os caninos de ambos os grupos (experimental e controle) foram radiografados para verificar qualquer ocorrência de danos ao periodonto e tecidos dentais, o que não foi encontrado. Dessa maneira, os estudos sugeriram que o LBI acelera a movimentação ortodôntica sem causar prejuízo aos tecidos de suporte.

Habib, em 2010, verificou as alterações histológicas decorrentes do uso da fotobiomodulação a laser, durante o movimento dentário induzido do primeiro molar superior esquerdo com 40g/F, em ratos. Foram utilizados 30 animais, distribuídos,

equitativamente, em três grupos (n=10), correspondendo ao tempo da morte dos animais, isto é, 7, 13 e 19 dias (G7, G13 e G19). Metade dos animais de cada grupo foi submetida à seguinte fototerapia laser: $\lambda 790\text{nm}$, potência de 40mW, densidade de energia de 20J/cm^2 , sendo $4,5\text{ J/cm}^2$ nos pontos mesial e distal da região palatina e 11 J/cm^2 por vestibular, com aplicação a cada 48h e diâmetro do feixe de 2mm, durante a movimentação ortodôntica, a outra metade, não irradiada, serviu como controle. Após a morte dos animais, as amostras foram seccionadas, processadas e coradas para avaliação semiquantitativa por meio da microscopia óptica. Os resultados mostraram que a fotobiomodulação a laser influenciou positivamente aspectos importantes para a movimentação dentária como o aumento da densidade vascular, diminuição da inflamação, diminuição do período de hialinização, aumento da presença de osteoclastos, aumento na quantidade de colágeno nas áreas de pressão e de tensão e diminuição da reabsorção radicular.

Sousa et al. (2011) investigaram os efeitos do laser de baixa intensidade na velocidade da movimentação ortodôntica e na integridade do ápice radicular e crista alveolar de caninos após retração inicial. Foram efetuadas radiografias periapicais iniciais e finais dos caninos retraídos, nas quais foram avaliados uma possível reabsorção na crista alveolar, por meio da distância da crista óssea alveolar (CA) até a junção cimento-esmalte (JCE) e os níveis de reabsorção radicular, por meio do índice de Levander e Malmgreen. Os resultados indicaram que houve um aumento estatisticamente significativo na velocidade da movimentação dos caninos irradiados comparados ao seu contralateral, em todos os tempos avaliados. Em relação a avaliação da integridade tecidual não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Com isso, concluiu-se que o laser de diodo pode acelerar a movimentação ortodôntica, podendo contribuir para a diminuição do tempo de tratamento e sem comprometer os tecidos dentários e periodontais.

Fonseca et al. (2012) analisaram os efeitos do LED (Light Emitting Diodo) na reabsorção radicular inflamatória durante o movimento ortodôntico em ratos. Vinte e cinco ratos *Wistar* foram divididos em quatro grupos: controle (Co, n=5), controle + terapia LED (CoLED, n=6), animais submetidos à força ortodôntica (RR, n=7) e submetidos à força ortodôntica + terapia LED (RRLED, n=7). Uma força de 50 g foi aplicada nos molares superiores dos grupos RR e RRLED. Nos dias 2, 3 e 4 após o tratamento ortodôntico, os grupos CoLED e RRLED receberam irradiação com o seguinte protocolo: comprimento de onda de 940 nm, potência de 9,5 mW,

densidade de potência de $9,5\text{mW/cm}^2$, densidade de energia de 4 J/cm^2 , área de 1cm^2 e tempo de 7 minutos por aplicação. Os animais foram mortos no 7º dia para análise histológica. Um aumento do número de lacunas de reabsorção radicular foi encontrado apenas no grupo RR. O grupo RR apresentou também mais osteoclastos e infiltração de células inflamatórias do que o grupo controle. O grupo RRLED apresentou menos osteoclastos e células inflamatórias no ligamento periodontal do que o grupo de RR. Os grupos CoLED e RRLED apresentaram mais fibroblastos do que os grupos não-irradiados. RRLED apresentou mais vasos sanguíneos no ligamento periodontal que o grupo RR. Em conclusão sugeriram que a terapia com LED melhorou o reparo do tecido periodontal e diminuição da inflamação e da reabsorção nos grupos CoLED e RRLED. De acordo com os autores a escolha dessa frequência de aplicação do LED (dias 2, 3 e 4) se deu devido aos eventos celulares chave desses dias em que as células de macrófagos-like e osteoclastos iniciam a remoção de superfície radicular após a aplicação da força ortodôntica de 50g.

Cossetin et al. (2013) avaliaram o efeito do laser de baixa intensidade sobre a remodelação óssea durante a movimentação dentária induzida em ratos. Nesse estudo foi utilizado o laser de diodo ($\lambda=808\text{ nm}$, $P=100\text{ mW}$, $E_t=54\text{ J}$ em uma área de $0,0028\text{ cm}^2$), com aplicação contínua e pontual. Quarenta e dois ratos *Wistar* tiveram o primeiro molar superior esquerdo movido, usando um nível de força de 25 g. Esses animais foram divididos em dois grupos: o experimental, ou grupo irradiado, com 30 ratos, e o grupo controle, com 12 ratos. O grupo experimental foi dividido em cinco subgrupos contendo seis animais cada, de acordo com a frequência de irradiação com laser e a duração do tratamento. Em dois subgrupos experimentais, o movimento foi induzido durante 7 dias, e nos restantes três subgrupos, o movimento foi induzido ao longo de 14 dias. Nos dois subgrupos de 7 dias, um recebeu irradiação apenas no dia 1, e o outro foi irradiado nos dias 1, 3 e 5. Nos três subgrupos de 14 dias, um recebeu irradiação apenas no dia 1; os outros nos dias 1, 3 e 5; e dias 1, 3, 5, 7, 9, 11 e 13. O grupo controle também foi dividido em dois subgrupos de seis animais cada. Nestes subgrupos o movimento também foi induzido por dois períodos diferentes de tempo (7 dias e 14 dias), mas estes ratos não foram irradiados. Como resultados eles apresentaram que o subgrupo de 7 dias, com três aplicações de laser, mostrou significativamente maior atividade osteoclástica e reabsorção óssea. Concluíram que a aplicação do LBI aumentou

significativamente a atividade osteoclástica, mas não a osteoblástica durante as fases iniciais do movimento dentário ocasionando uma falha na remodelação alveolar. Além disso, a atividade osteoclástica se mostrou ser dose-dependente.

Ekizer et al. (2013) avaliaram os efeitos da terapia com LED na movimentação ortodôntica e reabsorção radicular em animais. Vinte ratos da linhagem *Wistar* foram separados em dois grupos, irradiado e não irradiado e aplicou-se uma força de 50 cN (centíNewton) entre o molar superior esquerdo e o incisivo, com uma mola de tração helicoidal. No grupo experimental o laser foi aplicado com um comprimento de onda de 680nm, densidade de potência de 20 mW/cm², durante um período de 10 dias consecutivos, diretamente sobre a área de movimento dos molares. A distância entre os dentes foi medida com um paquímetro digital em modelos de gesso obtidos nos dias 0 (T0), 10 (T1), e 21 (T2), a quantidade de movimento foi avaliada através da medição da distância entre o ponto mais mesial dos primeiros molares e o ponto mais distal do incisivo ipsilateral, ao nível gengival. As áreas de superfície das lacunas de reabsorção radicular foram medidas histomorfometricamente usando microfotografias digitais. A magnitude do movimento no grupo irradiado foi estatisticamente maior (1,55 mm) em comparação ao controle (1,06 mm). Já em relação a análise histomorfométrica da reabsorção radicular, observou-se que a reabsorção radicular relativa média afetou os molares superiores do lado irradiado em 0,098% e 0,494% no grupo controle, demonstrando uma inibição estatisticamente significativa da reabsorção radicular com o uso da laserterapia. Concluíram assim que o uso do laser tem o potencial de acelerar o movimento ortodôntico do dente e promover efeitos inibidores na atividade de reabsorção radicular inflamatória induzida ortodonticamente.

Sousa (2013) investigou os efeitos do laser de baixa intensidade na movimentação ortodôntica com a intenção de promover a ancoragem, bem como a verificação da preservação da integridade tecidual. A amostra constou de um total de 74 molares e pré-molares superiores e inferiores que serviram de ancoragem na fase de retração inicial de caninos. Tomografias iniciais (T0) e finais (T4) foram realizadas para avaliação de uma possível reabsorção na crista óssea alveolar (CA), por meio da distância desta (CA) até a junção cimento-esmalte (JCE), comparando-se T0 e T4 e a quantidade de reabsorção radicular, por meio da diferença de comprimento radicular inicial e final. Os resultados indicaram que houve uma diminuição estatisticamente significativa na velocidade da movimentação dos

molares irradiados comparados ao seu contralateral e uma menor perda de tecido ósseo na crista óssea distal e vestibular do primeiro molar superior de forma estatisticamente significativa. Concluiu-se que a laserterapia, com a dosimetria mais alta ($E_t = 42J$), pode diminuir a movimentação dos dentes empregados como ancoragem na fase de retração inicial de caninos e diminuir a taxa de reabsorção óssea da crista alveolar.

Vasconcelos, em 2013, investigou o efeito do laser de baixa potência, com duas densidades de energia diferentes (baixa e alta), sobre a reabsorção radicular induzida pela movimentação dentária, em 54 ratos *Wistar*. O autor realizou uma análise histomorfométrica da raiz disto-vestibular dos primeiros molares superiores de ratos após a indução da sua movimentação mecânica, sendo irradiados ou não com laser de baixa potência. Para a fototerapia foi utilizado um laser diodo, calibrado com comprimento de onda de 808 nm, potência de saída de 100mW, energia total de 2,1J (baixa) ou 96J (alta) e spot size de 0,0028cm². A aplicação foi contínua, pontual e com contato. Para a movimentação, utilizou-se uma mola fechada super-elástica, com força constante, pré-calibrada em 25g. Os espécimes foram irradiados a cada 48 horas conforme o grupo a que pertenciam. O sacrifício se procedeu no sétimo ou décimo dia após o início da movimentação. Os resultados revelaram que, com as dosimetrias estudadas, o LBI, não teve efeito estatisticamente significativo sobre as reabsorções radiculares. Concluindo-se que não há diferença na área reabsorvida, espessura ou extensão da reabsorção radicular entre os grupos controle e experimental.

Seifi et al. (2014) avaliaram os efeitos da laserterapia de baixa potência na movimentação ortodôntica e reabsorção radicular. Neste ensaio realizado em 16 coelhos, os primeiros pré-molares foram movimentados mesialmente, através de molas de NiTi. No grupo experimental, o laser de diodo (GaAlAs), com comprimento de onda de 808nm, tempo de exposição de 90 segundos, densidade de energia de 6J/cm², teve um ciclo de irradiação de 10 dias e 14 dias de descanso. O grupo controle não foi irradiado. Todos os animais foram sacrificados após 48 dias e, a distância percorrida foi medida da face distal do primeiro pré-molar até a face mesial do segundo pré-molar. Não houve diferença estatisticamente significativa na taxa de movimentação ortodôntica entre os grupos. As amostras também foram submetidas a avaliações histológicas. A integridade da raiz e sua reabsorção foi observada sob microscópio de calibração. O tamanho das lacunas de reabsorção foi calculada em

mm. A reabsorção média da raiz foi de 1,61 mm e 0,18 mm nos grupos controle e experimental, respectivamente, sendo significativamente menor no grupo irradiado. Os resultados do estudo mostraram que a laserterapia com esse protocolo de aplicação e dosagem não promoveu aceleração da movimentação dentária porém reduziu significativamente o grau de reabsorção radicular.

Nimeri et al. (2014) avaliaram o efeito da fotobiomodulação na reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico em 20 pacientes, com idades entre 11 e 32 anos. As mudanças na morfologia radicular foram avaliadas em um grupo de pacientes ortodônticos, utilizando tomografia computadorizada de feixe cônico. O dispositivo utilizado foi o OrthoPulse (LED), que produz baixos níveis de luz com um comprimento de onda de 850 nm e densidade de potência de 60 mW/cm^2 de onda contínua. O grau de reabsorção foi detectado, através das tomografias, medindo mudanças no comprimento do dente. Essas medições foram realizadas antes do tratamento ortodôntico e depois de terminar o alinhamento. Os resultados mostraram que a fotobiomodulação não causa reabsorção radicular maior do que o intervalo normal, que é comumente detectada em tratamentos ortodônticos.

2.3 Radiografia

2.3.1 Radiografia periapical como recurso diagnóstico da reabsorção óssea e radicular

Desde o descobrimento dos raios X, em 1895, pelo físico alemão Wilhem Conrad Röntgen, a radiologia tornou-se uma especialidade muito importante para a área da saúde, sendo utilizada para diagnóstico, planejamento de tratamentos e registro dos casos clínicos (FREITAS, ROSA; SOUZA 2004).

Logo após a descoberta dos raios X e da sua comunicação ao mundo científico, o Dr. Otto Walkoff tomou a primeira radiografia dentária de que se tem notícia. Ela foi feita com um tempo de exposição de 25 minutos, e o profissional adaptou um filme fotográfico envolto em um lençol de borracha, para tomar a radiografia de sua própria boca (WHAITES, 2009).

Desde esta época até os dias atuais surgiram novas tecnologias com o objetivo de otimizar não só a qualidade das imagens obtidas, mas também a dos próprios sistemas de raios X de forma a minimizar a radiação ionizante recebida.

No que diz respeito as tomadas radiográficas, de acordo com Freitas, Rosa e Souza (2004) a denominação intrabucal é empregada para aquelas tomadas nas quais o filme é colocado no interior da cavidade bucal no momento da obtenção das radiografias, podendo estas serem periapicais, interproximais ou oclusais. Das três técnicas radiográficas intrabucais, a mais indicada para visualização de anomalias dentárias, reabsorções radiculares internas e externas, lesões patológicas periapicais, inclusões dentárias e patologias ósseas circunvizinhas ao órgão dentário é a periapical.

Com relação às técnicas radiográficas intraorais periapicais da bisettriz e do paralelismo, os autores Larheim e Eggen (1979) demonstraram que as imagens obtidas pela técnica do paralelismo, apresentaram melhores resultados na mensuração do comprimento de dentes do que as imagens adquiridas pela técnica da bisettriz. O diagnóstico quantitativo da reabsorção radicular externa apical provocada pelo tratamento ortodôntico pode ser realizado a partir da comparação entre as medidas do comprimento total do dente, antes de se iniciar o tratamento ortodôntico e após a movimentação ortodôntica do mesmo. Portanto, como se trata de realização de medidas sobre as imagens radiográficas, a técnica periapical do paralelismo deve ser indicada para obtenção das radiografias destinadas ao diagnóstico dessas lesões.

De acordo com Borg et al. (1998) e Consolaro (2007) as radiografias periapicais permitem avaliar com precisão a forma e a proporção das raízes, dos ápices e da crista óssea alveolar. A avaliação da morfologia radicular e da crista óssea são pontos essenciais no conceito de planejamento defensivo para as reabsorções dentárias durante o tratamento ortodôntico. Nas radiografias panorâmicas, a avaliação precisa e segura destes aspectos morfológicos, infelizmente, não é possível.

Contudo, Freitas, Rosa e Souza (2004) lembram que a prática de qualquer técnica radiográfica, para que a radiografia seja utilizada como recurso diagnóstico confiável e eficaz, com um mínimo de distorções, exige uma série de cuidados durante sua execução. Assim sendo, há a necessidade do profissional conhecer o funcionamento dos aparelhos de raios X, os posicionamentos da cabeça do paciente para cada técnica, os ângulos de incidência do feixe de raios X para cada região a ser radiografada, as dimensões e especificações dos filmes utilizados, bem como realizar adequado processamento dessas radiografias.

Segundo Consolaro (2007) mesmo em radiografias periapicais, o diagnóstico das reabsorções radiculares iniciais e/ou localizadas nas faces vestibular e lingual pode, eventualmente, ser dificultado. Entretanto o conhecimento e a experiência prévia associados às variações nas angulações diferentes na obtenção das radiografias periapicais, geralmente, elucidam as dúvidas. Raramente as radiografias periapicais não permitem um diagnóstico seguro e preciso das reabsorções dentárias e ósseas, mas pode-se ter casos em que a identificação do tipo de reabsorção, seu grau de evolução, seus limites e sua causa não sejam definitivamente possíveis de ser determinados. Nestes casos se pode, atualmente, lançar mão da tomografia computadorizada: a análise da reabsorção, a determinação de sua extensão e localização serão muito facilitadas, aumentando sua precisão. Mas, a rigor, serão poucos os casos de reabsorção dentária em que a tomografia computadorizada será determinante e indispensável.

A tomografia computadorizada oferece maior precisão e precocidade no diagnóstico das reabsorções dentárias em função dos vários sentidos nos planos de cortes e da reconstrução em 3D. Porém não substitui as radiografias periapicais no diagnóstico das reabsorções, mas complementa-as, ao mesmo tempo que amplia as possibilidades de diagnósticos mais precisos, quanto ao seu grau de comprometimento e localização, e também oferece, ainda, a oportunidade de identificação mais precoce do processo. Entretanto, ressalta-se que seu uso indiscriminado e superficial pode gerar avaliações equivocadas e diagnósticos que levam a planos de tratamento indesejáveis para o paciente. Quanto mais explorarmos as radiografias periapicais, maior será a valorização das tomografias computadorizadas (LECOMBER et al., 2001; CONSOLARO, 2007; GARIB et al., 2007).

2.3.2 Radiografia digital indireta

Indiscutivelmente, a descoberta dos raios X foi uma das maiores contribuições à Humanidade, ainda mais quando se considera a sua aplicação nos campos da Medicina e Odontologia. Mas, após alguns anos de sua utilização, começaram a surgir alguns efeitos deletérios causados pelo seu uso indevido.

Assim, paralelamente à aplicação dos meios de proteção ao seu uso, surgiu um novo e vasto campo de pesquisa, o de desenvolver novos equipamentos ou

acessórios que contribuíssem para a diminuição da dose dos raios X a que estariam submetidos os indivíduos. Como resultado disso, surgiram os filmes radiográficos de diferentes velocidades e/ou sensibilidade, diminuindo drasticamente a dose de exposição e novos sistemas de diagnóstico por imagem que não se utilizam das radiações X, como a Ressonância Magnética e o Ultra-som. Dentro dessa linha de pesquisa, surgiu também os sistemas de radiografias digitais como resultado de intensas pesquisas desenvolvidas pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) que processavam as imagens captadas na lua para chegarem até nós (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004).

Digitalizar uma imagem, tornando-a uma matriz, significa transformá-la em dados numéricos e colocá-los na memória de um computador. Isto é feito por um processo chamado amostragem. A amostragem consiste em dividir a imagem original em pequenos quadrados e retângulos (amostras) e associar a cada um deles um número que representa a cor daquele pedaço da imagem. Isso faz com que se represente a imagem como um conjunto de números que pode ser armazenado na memória de um computador. A cada quadrado, que pode ser considerado um ponto da imagem devido ao seu tamanho reduzido, dá-se o nome de *pixel*. Uma imagem digital de boa qualidade é formada de centenas de milhares de *pixels*, cada um deles contendo um número com a informação da cor daquele ponto na imagem. Desse modo, o número de tons de cinza disponíveis determina a densidade da imagem e, em geral, o padrão para a radiografia intrabucal é a digitalização da imagem em 256 tons de cinza, onde o valor 0 (zero) representa o preto e o valor 255, representa o branco. Os demais tons de cinza estão entre os dois valores (VAN DER STELT, 2000). Para as radiografias periapicais a resolução mais indicada para diagnóstico é a partir de 300 Dpi (BISSOLI et al., 2007).

As imagens digitais podem ser obtidas por meio de dois métodos, o indireto e o direto. Pelo método indireto, a imagem pode ser capturada de uma radiografia convencional por meio de escaneres de alta resolução ou câmeras de vídeo, sendo denominadas de radiografias digitalizadas. No método direto utilizam-se sensores colocados diretamente dentro da boca ou a utilização de uma placa fotoestimável do mesmo tamanho do filme radiográfico intrabucal. O sensor intrabucal, o *hardware* e o *software* associados substituem o filme e o processamento radiográfico (SARMENTO et al., 2000; ALVARES; FREITAS; HAITER et al., 2001; KURITA et al., 2001; VALE; BRAMANTE, 2002; FONTÃO, 2004).

Com a evolução da Informática, uma grande quantidade de programas de imagem tem sido desenvolvidos com o objetivo de oferecer meios de manipulação e processamento de imagens digitais, permitindo que suas informações sejam melhor detectadas e observadas. Por meio desses programas, há possibilidade de se trabalhar com várias modalidades de imagens radiográficas (intra e extrabucais) adquiridas direta ou indiretamente. Além da possibilidade de processamento de imagens digitais, os programas permitem a integração e facilitam a comunicação (FONTÃO, 2004).

Diversos são os recursos oferecidos pelos programas: as imagens podem ser manipuladas por meio de ferramentas especiais, tais como ajuste de brilho, contraste, aplicação de pseudo-coloração, imagem em relevo, imagem negativa, ampliação de uma área de interesse, histograma, medição de distâncias lineares e angulares (MC DONNELL, 1995; LAURIS, 1997; FONTÃO, 2004).

Enquanto alguns estudos da literatura demonstram a superioridade no diagnóstico de lesões ósseas e dentárias com os recursos digitais em relação aos convencionais (CLASEN; AUN, 2001; HAITER et al., 2001; WESTPHALEN, MORAES, WESTPHALEN, 2004a, 2004b; ALBUQUERQUE, 2006) outras pesquisas afirmam que as imagens digitais embora possam auxiliar as medições elas não são mais precisas que as realizadas diretamente sobre as radiografias (BORG et al., 1998; LEVANDER; MALMGREN, 1998; KAMBULOGRU et al., 2008).

2.3.3. Efeitos biológicos e riscos associados aos raios X

A possibilidade do uso da radiação X provocar efeitos deletérios nos organismos vivos, verificou-se quase que imediatamente após ter sido anunciada a sua descoberta por Röntgen, em dezembro de 1895. Emil H. Grubbé, fabricante de tubos a vácuo, em 1896, dirigiu-se a um clínico do *Habnemann Medical College* de Chicago, apresentando uma dermatite localizada na mão, a qual foi considerada como sendo causada pela excessiva exposição aos raios X (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004).

Os efeitos biológicos dependem da transferência de energia dos raios X aos tecidos humanos. Esta incidência de energia provoca algum efeito, em maior ou menor grau, sobre o organismo, segundo a quantidade de energia contida nos raios.

Sendo assim tais efeitos serão tão mais danosos quanto maior for a frequência de exposição (PANELLA, 2006).

Os efeitos biológicos da radiação podem ser divididos em 2 grupos: determinísticos e estocásticos (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004).

Efeitos determinísticos são aqueles que se manifestam nos organismos atingidos após a exposição do mesmo a uma determinada dose, a qual supera o limiar de regeneração celular. São os efeitos agudos da radiação, tais como: eritema cutâneo induzido por radiação; desenvolvimento de processos fibróticos; catarata induzida por radiação. Tais efeitos possuem um tempo de latência que varia de horas até dias (PASLER, VISSER, 2005; WHAITES, 2009).

Fala-se de efeitos estocásticos quando a probabilidade de surgimento de efeitos biológicos – não o grau de severidade – está em função da dose administrada. Como exemplo pode-se citar os tumores malignos induzidos por radiação e as alterações hereditárias. Os efeitos estocásticos podem apresentar um tempo de latência de vários anos. Os potenciais efeitos estocásticos da radiação ionizante são graves, e para os mesmos não existe uma dose limiar de desencadeamento, a probabilidade de desenvolvimento aumenta com o aumento da dose (PASLER; VISSER, 2005; WHAITES, 2009).

Para uma descrição quantitativa das radiações ionizantes deve se definir grandezas físicas que possam ser medidas e relacionadas com danos biológicos. As unidades básicas do Sistema internacional de Medidas (SI) fornecem a base para a definição dessas grandezas. São elas:

- Dose Absorvida ou Dose de Energia: define-se como a quantidade de energia transmitida a um determinado elemento de massa irradiado, dividida pela massa do local irradiado. Sua unidade no SI é o Gray ($1\text{Gy} = 1\text{J/kg}$) (PANELLA, 2006).
- Dose de Efeito ou Dose Equivalente: é o produto entre a Dose Absorvida no tecido e um fator de conversão (Q), designado como fator de eficiência biológica relativa. Sua unidade no SI é o Sievert ($1\text{Sv} = 1\text{J/kg}$) (PASLER; VISSER, 2005).

O efeito biológico de uma exposição à radiação ionizante e sua avaliação depende de uma série de fatores, como: tamanho da dose e sua distribuição no tempo, ação biológica referente à natureza da radiação, tamanho do campo exposto, sensibilidade dos diferentes tecidos orgânicos, idade da pessoa irradiada. Deste

modo, torna-se difícil uma clara comparação entre diferentes exposições. Para finalidades de comparação, foi estabelecido, pela Comissão Internacional de Proteção às Radiações (ICPR) o conceito de Dose Efetiva (PASLER; VISSER, 2005).

A Dose Efetiva é expressa em Sievert (Sv), e seu valor numérico indica o quão grande uma dose aplicada homogeneamente em todo o corpo deveria ser para desencadear a mesma expectativa de danos inespecíficos que estariam relacionadas com uma dose concreta de radiação (PASLER; VISSER, 2005).

Segundo a revisão de literatura realizada pela European Atomic Energy Community (Euratom), contida no Projeto SEDETExCT (2011), os principais exames odontológicos apresentam as seguintes dosagens de radiação (tabela 1).

Tabela 1 - Dose de radiação efetiva dos exames odontológicos.

Exames odontológicos	Dose de radiação efetiva (μSv)
Panorâmica	2.7 - 24.3
Telerradiografia lateral	6
Radiografia interproximal	1-4
Radiografias periapicais (boca completa)	21
Tomografia Computadorizada do Feixe Cônico (TCFC) Dentoalveolar (pequeno FOV)	11 – 674
Tomografia Computadorizada do Feixe Cônico (TCFC) Craniofacial (grande FOV)	30 – 1073
Tomografia Computadorizada convencional (TC)	280 – 1410

De acordo com as recomendações atuais de proteção à radiação, nenhum exame radiológico deve ser adotado a menos que a sua realização produza reais benefícios (justificação) ao paciente, além disso todas as exposições devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente praticáveis. Por isso exames de imagem que produzam radiação mais elevada devem ter específica e pertinente indicação, sendo solicitados geralmente em casos de diagnóstico diferencial (PASLER, VISSER; 2005; VITRAL, 2011).

3 Proposição

3 PROPOSIÇÃO

1. Analisar a velocidade de movimentação ortodôntica de caninos superiores e inferiores submetidos à irradiação com o laser de baixa intensidade (LBI) durante sua retração inicial, comparando-os aos caninos contralaterais não irradiados (controle).
2. Analisar o nível da crista óssea alveolar em relação à linha cemento-esmalte e o grau de reabsorção radicular dos caninos, ao início e final da sua retração, para a verificação da integridade tecidual após o emprego do laser e movimentação ortodôntica.

4 Material e Métodos

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Amostra

A amostra da presente pesquisa consistiu de 11 indivíduos, sendo sete do gênero masculino e quatro do gênero feminino. A idade variou entre 12 e 17 anos, com média de 14,04 anos. Os pacientes foram selecionados e tratados na Clínica de Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB, Universidade de São Paulo – USP. Todos foram devidamente informados sobre a realização da pesquisa e seu responsável assinou um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO 1). Esse trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa dessa Instituição e aprovado no dia 28 de março de 2012 (nº de protocolo 009/2012) (ANEXOS 2 e 3). Os critérios de seleção para inclusão neste estudo consistiram em:

- Indicação de extração dentária dos primeiros pré-molares superiores e inferiores, devido apinhamento ou biprotrusão em indivíduos com má oclusão de Classe I, segundo Angle;
- Presença de todos os dentes permanentes irrompidos, exceto os terceiros molares;
- Ausência de tratamento ortodôntico prévio;
- Ausência de problemas sistêmicos;
- Ausência de agenesias dentárias;
- Ausência de dente supranumerário;
- Ausência de dentes impactados;
- Idade entre 12 e 17 anos.

A documentação ortodôntica inicial necessária para o tratamento ortodôntico constou de radiografias panorâmica e telerradiografia em norma lateral, além das fotografias extrabuciais (frontal, sorrindo e perfil) e intrabuciais (frontal, lateral esquerda, lateral direita, oclusal superior e oclusal inferior) e modelos de gesso.

Antes do início do tratamento ortodôntico também foram realizadas radiografias periapicais dos caninos superiores e inferiores para serem usadas na avaliação da integridade tecidual.

As figuras 1 e 2 constam as fotografias extrabuciais e intrabuciais de um paciente selecionado neste estudo.

Figura 1 - Fotos extrabuciais frontal, sorrindo e lateral de um paciente selecionado para a amostra.

Figura 2 - Fotos intrabuciais lateral direita, frontal, lateral esquerda, oclusal superior e oclusal inferior de um paciente selecionado para a amostra.

4.2 Métodos

4.2.1 Tratamento Ortodôntico

Após consulta inicial para anamnese, foram separados os primeiros molares superiores e inferiores e após uma semana os pacientes foram moldados para realização de Barra transpalatina (BTP) e Arco Lingual de Nance (ALN). Nessa consulta os pacientes foram encaminhados para a clínica de cirurgia da Faculdade de Odontologia de Bauru – Universidade de São Paulo para realizar as extrações dos primeiros pré-molares superiores e inferiores.

As extrações dos primeiros pré-molares foram realizadas bilateralmente com intervalo de uma semana entre um lado e outro, iniciando-se sempre pelo lado direito. Após as extrações, foi realizada instalação de BTP no arco superior e ALN no arco inferior já com os tubos dos molares soldados (tubo triplo para os molares superiores e tubo duplo para os molares inferiores - Morelli Ltda, Sorocaba, Brasil), além da colagem de braquetes metálicos, de prescrição Roth, canaleta 0.022"x 0.028" (Morelli Ltda, Sorocaba, Brasil), nos caninos e segundos pré-molares, para inserção de um arco segmentado feito com fio 0.018" aço passivo com uma dobra em U na região das extrações com a finalidade de mantenedor de espaço das extrações.

Após 30 dias da última extração o paciente retornava para iniciar a retração inicial dos caninos, aplicação do LBI e também era realizada a primeira medição clínica da distância entre as pontas de cúspides do canino e primeiro molar, com o auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyo – Suzano/SP). As mensurações se repetiram após 30, 60 e 90 dias do início da retração inicial dos caninos.

Para a retração inicial foram instalados arcos segmentados bilateralmente, 0.014" NiTi, apenas com uma dobra distal para servir de "stop", conjuntamente a uma mola fechada de níquel-titânio (12 mm de comprimento) (Morelli Ltda, Sorocaba, Brasil), liberando uma força de 150g para a retração inicial dos caninos, mensurada por um tensiômetro (ORMCO). Estas molas foram presas nas bandas da barra transpalatina e do arco lingual de Nance e aos braquetes dos caninos bilateralmente, no arco superior e inferior respectivamente e foram reativadas decorridos 30 dias com a mesma força de 150g. Em alguns pacientes foi necessário utilizar molas de secção fechada de níquel-titânio no comprimento de 7 ou 9mm

após a ativação de 60 dias para manter uma força de 150g devido o espaço reduzido entre o tubo da BTP ou ALN e o canino, devido à retração do mesmo. Também foi instalado um amarrilho 0.010" conjugado do primeiro molar ao segundo pré-molar em todos os lados e um amarrilho nos caninos para evitar que ele girasse.

Quadro 1 – Período experimental

Referências	Procedimentos
Início (T0)	Documentação inicial, realização da radiografia periapical inicial, Moldagem BTP e ALN, extração dos pré-molares, instalação da BTP e ALN, montagem do aparelho (caninos e segundos pré-molares) e arco segmentado para manter os espaços das extrações.
Após 30 dias da última extração (T1)	Medição clínica com o paquímetro digital, arco segmentado 0.014" NiTi, retração inicial dos caninos com mola de secção fechada de NiTi com 150g de força e aplicação do laser de baixa intensidade.
Após 30 dias do início da retração (T2).	Medição clínica com o paquímetro digital, reativação das molas (150g) e aplicação do LBI
Após 60 dias do início da retração (T3).	Medição clínica com o paquímetro digital, reativação das molas (150g) e aplicação do LBI
Após 90 dias do início da retração (T4).	Medição clínica com o paquímetro digital e realização da radiografia periapical final dos caninos

4.2.2 Aplicação do laser

O laser utilizado foi o Twin laser (MMOptics, São Carlos, São Paulo) emitindo luz a um comprimento de onda de 780nm (figura 3). Este laser é de diodo Arseneto de Gálio e Alumínio (ArGaAl) em baixa intensidade, com emissão de ondas contínuas, com área de saída do feixe de laser (spot size) de 0,04 cm². O protocolo de aplicação difere para a mandíbula e maxila, conforme dosimetria abaixo descrita.

- Mandíbula: Potência de 40mW; densidade de energia de 10J/cm²; 10 segundos por ponto; energia por ponto de 0,4J. Como foram 10 pontos (5

por vestibular e 5 por lingual), isto deu uma energia total de aplicação de 4J ao redor das raízes dos caninos inferiores.

- Maxila por vestibular: Potência de 40mW; densidade de energia de $10\text{J}/\text{cm}^2$; 10 segundos por ponto; energia por ponto de 0,4J. Como foram 5 pontos, isto deu uma energia total de aplicação de 2J por vestibular.
- Maxila por palatino: Potência de 70mW; densidade de energia de $35\text{J}/\text{cm}^2$; 20 segundos por ponto; 1,4J de energia por ponto. Como foram 5 pontos, tivemos uma energia total de 7J por palatino. Energia total de 9J ao redor das raízes dos caninos superiores.

A aplicação do laser foi realizada uma vez por mês logo após a ativação da mola de retração (dose única mensal), porém fracionada em dez pontos, pois todo o tecido ósseo ao redor do dente movimentado deve receber a energia.

O laser foi aplicado randomicamente somente em um dos caninos na maxila e em um dos caninos na mandíbula. O lado irradiado foi considerado grupo irradiado (I) e o não irradiado (NI) grupo controle. Imediatamente após a ativação da mola para retração dos caninos (mensalmente) foi realizada a aplicação do laser de baixa intensidade na região radicular do canino selecionado para o grupo laser da maxila e da mandíbula. Se o canino irradiado na maxila fosse o direito, automaticamente para o mesmo paciente o canino irradiado na mandíbula seria o esquerdo e vice-versa. No canino contralateral da maxila e mandíbula foi realizada uma simulação de aplicação de laser, para que o paciente não soubesse em que lado seria aplicado o laser.

A escolha do canino a ser irradiado (direito ou esquerdo) ocorreu de forma aleatória, por meio de sorteio ("cara ou coroa"). No dia da anamnese, para o primeiro paciente agendado, sorteou-se o canino a ser irradiado, se caso o lado sorteado para maxila fosse o direito, o próximo paciente automaticamente teria o lado esquerdo irradiado e assim sucessivamente, sempre tendo o canino mandibular do lado oposto irradiado. Desta forma, os caninos irradiados se alternaram aleatoriamente, em relação ao lado do arco dentário.

Para cada paciente o lado irradiado foi identificado no prontuário para que a aplicação do laser fosse feita mensalmente somente no lado definido, tendo assim a correta separação do grupo irradiado e não irradiado. Dessa maneira, a aplicação do LBI manteve-se nos mesmos dentes durante todo o intervalo de tempo da pesquisa.

Além disto, os pacientes foram orientados a não fazer uso de quaisquer medicamentos durante o intervalo de tempo da pesquisa.

As irradiações foram feitas pelo mesmo operador (J.M.S) de forma pontual, direcionando o feixe de luz perpendicularmente e em contato com a mucosa, numa superfície limpa e seca (figura 3).

Figura 3 – Aplicação do laser de forma pontual por vestibular e palatino, direcionando o feixe de luz perpendicularmente e em contato com a mucosa, numa superfície limpa e seca.

Os pontos de aplicação do laser foram (figura 4):

- 1- Gingiva marginal mesiovestibular
- 2- Gingiva marginal distovestibular
- 3- Um ponto central na raiz dentária
- 4- A uma distância aproximada de 8 mm do ponto 1 em direção a apical
- 5- A uma distância aproximada de 8 mm do ponto 2 na direção apical

Figura 4 - Pontos de aplicação do LBI. Os mesmos pontos foram aplicados por lingual, num total de 10 pontos.

Dos 11 pacientes da pesquisa, um total de 44 caninos foram avaliados, sendo que 22 receberam aplicação de LBI e 22 não foram irradiados. Durante a aplicação do LBI, todos os cuidados com relação ao paciente e operador foram tomados, por meio de utilização de óculos de proteção e o envolvimento da ponteira com filme PVC e assepsia com álcool 70° para evitar contaminação cruzada (figura 5).

Figura 5 - Utilização de óculos de proteção e o envolvimento da ponteira com filme PVC e assepsia com álcool 70° para evitar contaminação cruzada

Após, decorridos os 90 dias do início da retração inicial dos caninos (fim da retração de canino) foram interrompidas as aplicações de laser e o tratamento ortodôntico seguiu conforme planejamento definido previamente até a finalização do caso que é de aproximadamente 24 meses (+ 6meses).

4.2.3 Avaliação clínica da velocidade de retração

Para mensuração da quantidade de movimentação dos dentes retraídos, foram realizadas, por meio de paquímetro digital (Mitutoyo – Suzano/SP) de precisão de 0,01 mm, medições *"in loco"* sequenciais, uma inicial (T1), após 30 (T2), 60 (T3) e 90 dias (T4) do início da retração dos caninos.

Para isso, foram utilizados como pontos de referência tanto para os arcos superiores como para os inferiores (figura 6):

- 1- Ponta de cúspide do canino (PC) – porção mais incisal do canino;
- 2- Ponta de cúspide *mesiovestibular* do primeiro molar (PM) – porção mais proeminente da cúspide *mesiovestibular* do primeiro molar.

Nos casos em que as cúspides dos caninos ou molares apresentavam desgastes, utilizou-se a porção média deste desgaste como ponto de referência.

Figura 6 - Pontos de referência para medição da retração: ponta de cúspide do canino (PC) e ponta de cúspide *mesiovestibular* do primeiro molar (PM).

As medições foram realizadas pelo mesmo examinador (S.C.C.P) diferente do operador que aplicou o laser (J.M.S) o que permitiu um estudo duplo cego, pois o examinador ao realizar as mensurações clínicas não tinha conhecimento de qual lado era o irradiado, bem como o paciente também não, uma vez que foi feita uma simulação do laser no lado de controle.

A extensão do deslocamento foi considerada como sendo a diminuição da distância entre os caninos e os molares, medindo a distância entre a ponta de cúspide do canino e a ponta de cúspide mesiovestibular do primeiro molar de ambos os lados (figura 7). Para uma maior confiabilidade do estudo clínico, as mensurações foram realizadas três vezes consecutivas, obtendo-se assim uma média que foi utilizada para análise estatística. A distância percorrida pelos caninos, medida em mm, foi determinada pela diferença das distâncias mensuradas entre os tempos, ou seja, T1-T2, T2-T3 e T3-T4.

Figura 7 - Medição com o paquímetro digital da ponta de cúspide do canino até a ponta de cúspide mesiovestibular do primeiro molar.

4.2.4 Obtenção das radiografias periapicais

Para o exame radiográfico foram utilizados 44 filmes radiográficos periapicais (Espeed, tamanho-0,31x 0,41mm, Eastman Kodak Company, Rochester, E.U.A). Estas radiografias foram efetuadas antes do início do tratamento ortodôntico (T0) e após 90 dias da retração inicial dos caninos (T4) para verificação de possíveis alterações nos tecidos de suporte ou na superfície radicular dos caninos movimentados.

Para a padronização das tomadas radiográficas foi utilizado um posicionador intrabucal para canino (Fabinject – São Paulo – Brasil). Esse dispositivo permitiu tanto o paralelismo do filme com os dentes como a incidência perpendicular dos feixes de raios X sobre a película radiográfica. Os ângulos verticais e horizontais foram determinados em relação à haste do posicionador.

As tomadas radiográficas foram realizadas pelo mesmo operador (S.C.C.P) e todos os filmes radiografados foram processados manualmente em câmera escura no Departamento de Odontopediatria, Ortodontia e Saúde Coletiva da FOB/USP. Utilizou-se o método temperatura/tempo, com o auxílio do termômetro de imersão e cronômetro, efetuando-se sempre a troca regular dos produtos de acordo com as recomendações do fabricante (revelador e fixador - Kodak Brasil Comércio e Indústria Ltda., São José dos Campos - BR). Após o processo de revelação, as radiografias foram devidamente secas ao natural e identificadas para posterior mensuração. Todos os pacientes radiografados fizeram uso de avental de chumbo como medida de radioproteção.

O aparelho de raios X utilizado foi Gnatus, modelo XR6010, operando com 70kVp, 7Ma, distância focal de 30 cm e tempo de exposição de 0,5 segundos (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil).

4.2.5 Avaliação radiográfica

Para avaliação das radiografias, optou-se por um método de leitura digital indireto. As radiografias foram, então, digitalizadas por um *scanner* (Microtek- Scan Maker i800), configurado com 300 *dots per inch* (dpi) de resolução, 256 tons de cinza, em escala de proporção de 1:1 (100%). As imagens digitais foram armazenadas em arquivos de formato *joint photographic experts group* (JPEG). O programa empregado na análise e mensurações das imagens foi o Dolphin 3D (versão 11.5 Chatsworth – Califórnia – EUA), capaz de medir áreas e distâncias lineares e angulares. Com a finalidade de melhor visualização das estruturas, a sala permaneceu totalmente escura durante as leituras e, quando necessário, o brilho e o contraste das imagens foram ajustados.

4.2.5.1 Avaliação da crista óssea alveolar

Para avaliação da quantidade de reabsorção da crista óssea alveolar, foi mensurada a distância da crista óssea alveolar (CA) até à junção cimento-esmalte (JCE), paralelamente ao longo eixo do dente, tanto na face mesial quanto na distal dos caninos retraídos. O ponto CA foi definido como o ponto mais coronal da crista óssea, com menor quantidade de tecido ósseo, onde o espaço do ligamento periodontal permanece constante e o ponto JCE foi definido como o ponto localizado na junção cimento-esmalte (figura 8).

Figura 8 – Representação esquemática das estruturas das áreas avaliadas: E) esmalte; D) dentina; P) polpa; LP) ligamento periodontal; CA) crista óssea alveolar; JCE) junção cimento-esmalte; JCE-CA) distância mensurada correspondente à altura da crista óssea alveolar.

Para gerar essa medida (JCE-CA) no programa Dolphin 3D, traçou-se inicialmente uma linha vertical no sentido do longo eixo do dente (ponta de cúspide até ápice radicular), e em seguida duas linhas horizontais perpendiculares a essa linha vertical (longo eixo do dente), uma ao nível da junção cimento-esmalte (JCE) e a outra ao nível da crista óssea alveolar (CA). Essas linhas horizontais foram traçadas de ambos os lados para permitir a medição das alturas das cristas ósseas alveolares mesial e distal (figuras 9 e 10).

Figura 9 – Mensuração da altura das cristas ósseas alveolares (JCE-CA) mesial e distal realizada no programa Dolphin 3D.

Figura 10 – Representação esquemática da mensuração da altura das cristas ósseas alveolares (JCE-CA) mesial e distal realizada no programa Dolphin 3D.

Vale salientar que o operador (S.C.C.P) não tinha ciência no momento da avaliação, qual era o dente irradiado ou não, caracterizando um estudo duplo cego, já que o paciente também não sabia também qual era o lado irradiado.

Para maior facilidade de interpretação e computação dos dados, foram utilizados escores a partir destas mensurações, como consta na tabela 2 abaixo, onde Kallestal; Matsson (1989) e Hausmann et al. (1991) consideraram que uma diferença da distância JCE-CA maior que 2mm seria classificada como agressão periodontal e valores inferiores a 2mm, saúde periodontal.

Tabela 2 – Escores JCE-CA

Valor	Parâmetro	Classificação
1	maior que 0 e menor ou igual a 1mm	Saúde periodontal
2	Maior que 1 e menor ou igual a 2mm	Saúde periodontal
3	maior que 2mm	Agressão periodontal

Os escores relativos ao início e final da retração dos caninos foram computados em uma tabela e comparados os lados irradiado e não irradiado, por meio de análise estatística.

4.2.5.2 Avaliação da reabsorção radicular

Também foram verificadas nestas mesmas radiografias possíveis reabsorções radiculares periapicais nos caninos retraídos. Para esta avaliação, foi utilizada a classificação dos níveis de reabsorção radicular durante o movimento ortodôntico, sugerida por Levander e Malmgreen (1988). Nesta escala, há a utilização de escores, descrita a seguir (tabela 3 e figura 11). As radiografias iniciais e finais foram avaliadas somente por um operador e em sala obscurecida, os valores foram relacionados em uma tabela para análise estatística, comparando-se o lado irradiado ao contralateral.

Para classificação dos escores, utilizou-se o método comparativo com os níveis de reabsorção conforme a figura 11, onde era atribuído os seguintes escores:

- 0 ausência de reabsorção;
- 1 reabsorção mínima, contorno apical irregular;
- 2 reabsorção moderada, menor que 2 mm;
- 3 reabsorção acentuada, até 1/3 do comprimento radicular;
- 4 reabsorção extrema, maior que 1/3 da raiz.

Tabela 3 – Níveis de reabsorção radicular segundo Levander, Malmgreen (1988).

Valor	Parâmetro	Classificação
1	Contorno apical irregular	Reabsorção mínima
2	Reabsorção radicular apical menor que 2mm	Reabsorção moderada
3	Reabsorção radicular apical de 2mm até 1/3 da raiz	Reabsorção severa
4	Reabsorção radicular apical maior que 1/3 da raiz	Reabsorção extrema

Figura 11 – Sistema de escores proposto por Levander, Malmgreen (1988). (0- ausência de reabsorção; 1- reabsorção mínima, contorno apical irregular; 2- reabsorção moderada, menor que 2 mm; 3- reabsorção acentuada, até 1/3 do comprimento radicular; 4- reabsorção extrema, maior que 1/3 da raiz).

Como as radiografias periapicais foram escaneadas com uma resolução de 300 dpi e escala de proporção de 1:1 (100%), as imagens permitiram-se ser ampliadas, com o recurso lupa de aumento, sem perda de qualidade (figura 12). Para facilitar a interpretação das imagens optou-se por manter a sala em ambiente escuro.

Figura 12 – Aumento da imagem pelo recurso da lupa do programa Dolphin, permitindo uma melhor visualização do contorno apical.

4.3 Análise dos dados

Para análise do erro do método foram remedidas, num período de 30 dias após a primeira medição, 36% do total de radiografias observadas, que foram selecionados de forma aleatória.

Para verificação da concordância intra-examinador na classificação da reabsorção radicular e da crista óssea alveolar, utilizou-se o teste de concordância Kappa.

Para avaliar a presença de distribuição normal das variáveis estudadas, efetuou-se o Teste Kolmogorov-Smirnov.

Para comparação da velocidade da movimentação ortodôntica entre os tempos na comparação entre os lados irradiado e não irradiado foi utilizado a Análise de Variância (ANOVA) a um critério de medidas repetidas, seguida pelo Teste de Tukey.

Para comparação do grau de reabsorção radicular e da crista óssea alveolar entre os lados irradiado e não irradiado, utilizou-se o teste não paramétrico de Wilcoxon.

Em todos os testes, adotou-se o nível de significância de 5%. Os testes foram executados no programa Statistica for Windows, volume 7 (StatSoft Inc., USA).

5 Resultados

5 RESULTADOS

Para melhor leitura e compreensão, os resultados foram divididos nos seguintes tópicos:

- 5.1 Erro do método para as radiografias
- 5.2 Teste de normalidade
- 5.3 Médias e desvio padrão dos valores da mensuração PC-PM em todos os tempos avaliados
- 5.4 Comparação da movimentação ortodôntica entre os lados irradiado e não irradiado
- 5.5 Avaliação radiográfica da integridade tecidual

5.1 Erro do método para as radiografias

O resultado do teste estatístico Kappa está disposto na tabela 4 e mostrou uma concordância de “substancial” a “quase perfeita”, de acordo com a classificação proposta por Landis e Koch, em 1977 (tabela 5), demonstrando confiabilidade na mensuração das reabsorções óssea e radicular.

Tabela 4 – Erro do método na análise da reabsorção radicular e da crista óssea alveolar - porcentagem de concordância –Teste do Kappa (FLEISS, 1973).

Variável	% de concordância	Kappa
Índice Levander e Malmgren	98,0	0,85
AC-JCE Mesial	96,0	0,73
AC-JCE Distal	98,0	0,85

Tabela 5 - Índices propostos para análise do teste de concordância Kappa (LANDIS, KOCH, 1977)

Índice Kappa	Grau de concordância
<0.00	Pobre
0.00–0.20	Suave
0.21–0.40	Pouco satisfatório
0.41–0.60	Moderado
0.61–0.80	Substancial
0.81–1.00	Quase perfeito

5.2 Teste de normalidade

Aplicou-se o teste Kolmogorov-Smirnov para verificação da normalidade da distribuição dos dados. Todas as variáveis demonstraram distribuição normal. Em decorrência disto, a comparação do lado irradiado e não irradiado para todas as variáveis foi realizada por meio do teste ANOVA a um critério de medidas repetidas, seguido do Teste de Tukey.

5.3 Médias e desvio padrão dos valores da mensuração PC-PM em todos os tempos avaliados

A média e desvio padrão dos valores obtidos na mensuração PC-PM (da ponta de cúspide do canino a ponta de cúspide mesiovestibular do primeiro molar) para os caninos superiores e inferiores do lado irradiado e não irradiado, em todos os tempos avaliados estão dispostos na tabela 6.

Tabela 6 – Distância PC-PM dos lados irradiado e não irradiado, nos tempos inicial(T1) e decorridos 30 (T2), 60(T3) e 90(T4) dias do início da retração dos caninos, em mm.

Arco dentário	Tempo	Irradiado n=11		Não irradiado N=11	
		Média	dp	Média	dp
Superior	T1	22,37	0,97	22,44	1,36
	T2	20,10	0,89	20,54	1,38
	T3	17,05	1,02	17,79	1,45
	T4	15,70	1,58	16,56	1,26
Inferior	T1	22,10	1,50	21,79	1,19
	T2	20,09	1,71	20,68	2,54
	T3	17,79	2,59	18,06	1,81
	T4	16,09	1,17	16,32	1,77

5.4 Comparação da movimentação ortodôntica entre os lados irradiado e não irradiado

A movimentação dos caninos superiores e inferiores irradiados foi comparada aos não irradiados nos três períodos da mecânica de retração, através da Análise da variância a um critério de medidas repetidas, cujo fator de estudo é a aplicação ou não de laser.

Os resultados desta análise mostraram, em ambos os arcos dentários, não haver diferenças no fator de estudo “laser” (irradiado e não irradiado) e nem na interação entre os fatores tempo X laser. Apenas o fator “tempo” (medidas repetidas) foi estatisticamente significante, em ambos os grupos, no período T2-T3 (2º mês) em relação aos outros períodos avaliados.

As tabelas 7 e 8 descrevem, para os arcos superior e inferior respectivamente, as médias e desvios padrão nos três períodos de movimentação dentária dos caninos avaliados e, por meio do teste de Tukey, descreve onde estão estas diferenças.

Tabela 7 – Quantidade de movimentação dos caninos em mm medidos clinicamente nos períodos de tempo avaliados, para os grupos irradiado e não irradiado - ANOVA a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em três níveis: T1-T2, T2-T3 e T3-T4) para o arco superior – Teste Tukey.

Arco Dentário	Variável	Irradiado		Não irradiado	
		Média	dp	Média	dp
Superior	T1-T2	2,27 ^{Aa}	0,70	1,90 ^{Aa}	0,71
	T2-T3	3,05 ^{Ab}	1,25	2,75 ^{Ab}	1,42
	T3-T4	1,35 ^{Aa}	1,11	1,23 ^{Aa}	1,35

* Letras maiúsculas iguais não possuem diferença estatisticamente significante entre si em relação ao lado irradiado e não irradiado.

** Letras minúsculas iguais não possuem diferença estatisticamente significante entre si em relação ao tempo.

Tabela 8 – Quantidade de movimentação dos caninos em mm medidos clinicamente nos períodos de tempo avaliados, para os grupos irradiado e não irradiado - ANOVA a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em três níveis: T1-T2, T2-T3 e T3-T4) para o arco inferior– Teste Tukey.

Arco Dentário	Variável	Irradiado		Não irradiado	
		Média	dp	Média	dp
Inferior	T1-T2	2,01 ^{Aa}	0,62	1,11 ^{Aa}	0,36
	T2-T3	2,30 ^{Ab}	1,41	2,62 ^{Ab}	1,36
	T3-T4	1,70 ^{Aa}	1,15	1,74 ^{Aa}	1,35

* Letras maiúsculas iguais não possuem diferença estatisticamente significativa entre si em relação ao lado irradiado e não irradiado.

** Letras minúsculas iguais não possuem diferença estatisticamente significativa entre si em relação ao tempo.

5.5 Avaliação radiográfica da integridade tecidual

Os escores foram descritos por meio da média, mediana, 1º quartil e 3º quartil. Para a comparação entre os grupos irradiado e não irradiado, e a comparação entre as fases inicial e final, foi utilizado o teste não paramétrico de Wilcoxon e adotou-se o nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 9 - Comparação do grau de reabsorção radicular e da crista óssea alveolar dos caninos superiores nas fases inicial e final (T0-T4) entre os grupos irradiado e não irradiado - teste de Wilcoxon

Medida	Irradiado				Não irradiado				P
	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Média	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	
Índice de Levander e Malmgreen	0	0	0	0	0	0	0	0	1,000ns
Score CA-JCE Mesial	0,22	0	0	0	0,36	0	0	1	0,423ns
Score CA-JCE Distal	0,31	0	0	1	0,45	0	0	1	0,224ns

ns – diferença estatisticamente não significativa

Tabela 10 - Comparação do grau de reabsorção radicular e da crista óssea alveolar dos caninos inferiores nas fases inicial e final (T0-T4) entre os grupos irradiado e não irradiado - teste de Wilcoxon

Medida	Irradiado				Não irradiado				P
	Média	Mediana	1° Quartil	3° Quartil	Média	Mediana	1° Quartil	3° Quartil	
Índice de Levander e Malmgreen	0	0	0	0	0	0	0	0	1,000ns
Score CA-JCE Mesial	0,31	0	0	1	0,54	1	0	1	0,138ns
Score CA-JCE Distal	0,54	1	0	1	0,50	0	0	1	0,753ns

ns – diferença estatisticamente não significativa

As tabelas 9 e 10 demonstram que não houve diferença estatisticamente significativa para o índice de Levander e Malmgreen, ou seja, no grau de reabsorção radicular entre os caninos irradiados e não irradiados; e nem para o escore JCE-CA, isto é, para o nível de reabsorção da crista óssea alveolar do lado irradiado comparado ao não irradiado.

6 Discussão

6 DISCUSSÃO

Para facilitar a leitura e compreensão, a discussão foi dividida nos seguintes tópicos:

6.1 Seleção da amostra

6.2 Tratamento ortodôntico adotado e metodologia aplicada

6.3 Erro do método

6.4 Movimentação Ortodôntica X Aplicação do Laser de Baixa Intensidade (LBI)

6.5 Efeitos do LBI na movimentação ortodôntica

6.6 Efeitos do LBI na integridade tecidual

6.7 Considerações clínicas e sugestões para trabalhos futuros

6.1 Seleção da amostra

Este estudo teve caráter prospectivo, de forma que os pacientes foram selecionados previamente ao seu tratamento ortodôntico. A amostra constou de 11 pacientes com má oclusão de Classe I com indicação para extração dos primeiros pré-molares superiores e inferiores, seja por apinhamento ou biprotrusão dentária. Dos pacientes selecionados, 10 tinham indicação para extração por apinhamento e apenas um por biprotrusão. Foi uma preocupação selecionar apenas pacientes com indicação para extração dos quatro primeiros pré-molares a fim de avaliar as doses utilizadas para o arco superior e inferior e comparar lado irradiado e não irradiado sempre no mesmo paciente minimizando efeitos da variação biológica individual caso o fizéssemos em pacientes diferentes, ou seja, utilizando apenas o arco superior ou inferior (LAGES, 2011; ORLANDO, 2010; SOUSA, 2008).

A indicação de extração dos primeiros pré-molares foi avaliada clinicamente e pelo estudo da documentação ortodôntica. A quantidade de retração necessária também foi avaliada.

Os pacientes avaliados que realizaram documentação ortodôntica e que por algum motivo, após as análises cefalométricas e de modelo realizadas, não se incluísssem nos critérios de seleção da amostra, foram redirecionados para tratamento nos cursos de especialização e mestrado da Faculdade de Odontologia de Bauru.

A média de idade dos pacientes foi de 14,04 anos (idade mínima de 12 anos e máxima de 17). Encontra-se na literatura, que a foto resposta também depende do nível da atividade metabólica dos tecidos (ALMEIDA-LOPES, 2004; LIZARELLI, 2007; SOUSA, 2008; LAGES, 2011; SOUSA, 2013), sendo desta forma, essencial que os pacientes da amostra estivessem numa mesma fase do metabolismo corpóreo. Em pacientes adultos, na fase em que a atividade metabólica está mais reduzida, quando utilizada a laserterapia, ocorrerá uma resposta mais intensa em relação a pacientes mais jovens, que já estão com o metabolismo mais acelerado (LIZARELLI, 2007; SOUSA, 2008; LAGES, 2011; SOUSA, 2013).

Ainda tivemos o cuidado, por meio da anamnese, de excluir da amostra algum caso de doença sistêmica ou uso de medicamentos que pudessem influenciar no metabolismo celular, pelos mesmos motivos acima relacionados, ou seja, interferência direta no metabolismo celular, atenuando ou exacerbando os efeitos do laser (YAMASAKI et al., 1984; KOBAYASHI et al., 1998; SOUSA, 2008; SOUSA, 2013), gerando uma falsa resposta celular. Além disso, os pacientes também foram orientados a informar caso fizessem a utilização de algum medicamento durante a fase de aplicação do laser e nenhum relato aconteceu.

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado com base nos estudos presentes na literatura que obtiveram diferença estatística significativa na análise da retração dos caninos utilizando o laser de baixa intensidade e que apresentaram os dados referentes a quantidade de movimentação dos caninos irradiados em comparação aos não irradiados e desvio padrão (CRUZ et al., 2004; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; ORLANDO, 2010; SOUSA et al., 2011). Assim, utilizando um erro alfa de 5%, um erro beta de 20% e considerando o desvio padrão médio de 0,84 com uma diferença mínima esperada de 1,20mm, o teste indicou uma amostra mínima de 9 pacientes. Foi adotado neste trabalho um “n” de 11 pacientes, porém a intenção era de 15 prevendo possíveis perdas durante o estudo, mas ocorreu uma dificuldade na seleção destes pacientes, principalmente, devido o critério de seleção ser somente de pacientes portadores de má oclusão de Classe I,

para que pudéssemos realizar a aplicação do laser no arco superior e inferior no mesmo paciente. Excluimos os pacientes portadores de má oclusão de Classe II que poderiam ser tratados com extração dos quatro primeiros pré-molares prevendo a necessidade de fatores para a correção da Classe II como possível perda de ancoragem maior no arco inferior quando comparado ao superior, o que poderia limitar a quantidade de retração dos caninos inferiores ou a necessidade de utilização de aparelhos como o Aparelho Extrabucal (AEB) para correção da chave de molar que poderia aumentar a quantidade de retração superior além de depender da colaboração do paciente.

Contudo não houve perda durante o estudo e a padronização da metodologia obtida num estudo prospectivo compensa o menor número de indivíduos na amostra, visto o menor número de variáveis. A análise de 11 pacientes, num total de 22 arcos dentários, apresentou um número semelhante comparado aos trabalhos de Cruz et al. (2004), Limpanichkul et al. (2006) e Sousa et al. (2011).

6.2 Tratamento ortodôntico adotado e metodologia aplicada

Durante toda a fase de aplicação do laser o tratamento ortodôntico foi realizado sempre da mesma maneira, seguindo os mesmos critérios e o laser foi aplicado sempre por um único operador (J.M.S.). Este cuidado se fez necessário para haver uma maior padronização do atendimento em relação a ativação das molas, inclinação do feixe de luz sobre o tecido, secagem da área de aplicação do laser e forma de contato com a mucosa. Por exemplo, se houvesse inclinação do “spot size” do aparelho e este não ficasse perpendicular e em contato com a mucosa, ou a superfície não estivesse limpa e seca, haveria uma perda da energia, ou seja, uma maior reflexão da luz laser, e isto refletiria na intensidade da fotorresposta, e portando, nos resultados obtidos (LIZARELLI, 2007; SOUSA, 2008; SOUSA, 2013).

Em relação à ancoragem, a ideia inicial do trabalho era utilizar ancoragem absoluta através de mini implante, porém alguns pacientes precisariam de contra angulação das raízes para obtenção de espaço para inserção dos mesmos e não queríamos realizar nenhum tipo de movimentação prévia à retração dos caninos para que mediadores da inflamação não estivessem presentes previamente a

aplicação do laser (CONSOLARO, 2005; RAMOS; FURQUIM; CONSOLARO, 2005). Assim, como foi utilizado para ancoragem a Barra Transpalatina (BTP) e o Arco Lingual de Nance (ALN), os pacientes poderiam apresentar um pouco de perda de ancoragem, pois trabalhos na literatura revelam perda de ancoragem durante a fase de retração com o uso da BTP e ALN (LIU et al., 2009; FELDMANN; BONDEMARK, 2008; JOHNSON; BULLOCK, 2010; SHARMA; SHARMA; KHANNA, 2012). Também foi utilizado um fio de amarrilho 0.010" conjugado do primeiro molar ao segundo pré-molar.

Foi utilizado fio segmentado durante toda a fase de retração inicial dos caninos, semelhante à adotada por Sousa (2011), Sousa (2013), Lages (2011) e Orlando (2010). A utilização do arco segmentado, diferentemente de outros trabalhos (CRUZ et al., 2004; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; GENC et al., 2013) que utilizaram arco contínuo, é justificada pelo fato de promover somente a movimentação dos caninos, limitando os níveis dos mediadores da inflamação à região destes dentes, não havendo interferência da movimentação dos incisivos que pudessem influenciar na movimentação dos caninos. O arco segmentado também foi a melhor escolha devido a posição inicial dos caninos de alguns pacientes que se encontravam em infravestíbuloversão. Desta forma, o nível de atrito do braquete com o fio e a movimentação vertical mais exacerbada em relação à distalização devido os vetores de força que ocorrem com a utilização do arco contínuo foram reduzidos.

O atrito gerado entre o fio e a canaleta do braquete pode ser um fator limitante na movimentação dentária, porém foi uma preocupação durante a seleção da amostra escolher os pacientes de modo que os caninos estivessem posicionados de forma semelhante nos dois lados do arco, fazendo com que o atrito gerado fosse semelhante no lado irradiado e não irradiado.

Para uma melhor padronização da força liberada, utilizamos as molas de NiTi, ao invés do elástico em corrente. Isto ocorreu pois com as molas, temos um melhor controle da força liberada (força contínua), enquanto que os elastômeros sofrem uma influência maior do meio bucal, como por exemplo, a temperatura, deteriorando-se e perdendo-se mais facilmente o controle da força aplicada nos caninos (força intermitente), fato corroborado por Cruz et al. (2004), Limpanichkul et al. (2006), Orlando (2010), Lages (2011), Sousa et al. (2011), Genc et al. (2012), Doshi-Mehta, Bhad-Pathil (2012) e Sousa (2013).

Respaldados na literatura, adotamos o nível de força de 150 g para retração inicial de caninos, sugerido por Smith e Burstone (1984) como força mínima ideal, e sugerido por Mao, Wang e Kopher (2003), como força máxima ideal para a movimentação ortodôntica. Além disso, nos estudos de Limpanichkul et al. (2006), Cruz et al. (2004), Youssef et al. (2008), Orlando (2010), Sousa et al. (2011), Lages (2011), Doshi-Mehta e Bhad- Patil (2012) e Sousa (2013), foi utilizada esta mesma quantidade força.

Inicialmente foram utilizadas molas de NiTi de 12mm de comprimento e a força liberada padronizada em 150g foi mensurada a cada reativação com um tensiômetro, por um só operador. Foi necessário trocar as molas por tamanhos de 9 ou 7mm ao longo da retração dos caninos devido a distância diminuída, decorrente da retração, entre o canino e o tubo do molar onde a mola era inserida. Caso fosse necessário a troca de molas de um dos lados, tomamos o cuidado de trocá-las bilateralmente, pois mesmo padronizando a força, a fadiga da mola que estava a mais tempo poderia dispensar uma força menor no decorrer do mês.

Tivemos o cuidado de verificar se a força liberada e a irradiação com o laser promoveria injúrias aos tecidos periodontais ou reabsorções radiculares, esta verificação se deu por meio da análise das radiografias periapicais iniciais e finais, corroborando com outros estudos da literatura (CRUZ et al., 2004; YOUSSEF et al., 2008; SOUSA et al., 2011; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012). Dessa maneira, avaliou-se a distância da crista óssea alveolar (CA) até a junção cimento-esmalte (JCE) nas faces mesiais e distais de todos os caninos movimentados (irradiados e não-irradiados). Também foram verificados os níveis de reabsorções radiculares por meio do índice de Levander e Malmgreen (1988) nos caninos movimentados. Os resultados demonstraram que em ambos os grupos manteve-se a integridade tecidual (tabelas 9 e 10).

Verificamos, portanto, que a força liberada nos caninos foi suficientemente satisfatória tanto no quesito “movimentação ortodôntica”, onde a força aplicada promoveu a movimentação em todos os caninos (irradiados e não-irradiados), como também no quesito “preservação da integridade tecidual”, não causando injúrias aos tecidos de suporte, nem tão pouco, reabsorções radiculares patológicas (tabelas 9 e 10).

Comparou-se a movimentação entre os lados irradiado e não irradiado por meio de medições clínicas mensais que foram realizadas antes de cada ativação da

mola e aplicação do laser em concordância com outro estudo (CRUZ et al., 2004), porém os pontos de referência foram diferentes. Ao invés da porção distal do braquete do canino e mesial do tubo do molar, que poderiam se descolar durante a mecânica, utilizou-se como referência a ponta de cúspide do canino e cúspide mesiovestibular do primeiro molar. Os pontos escolhidos para mensuração da movimentação dos caninos evitaram a interferência de possíveis giroversões, além de mascaramentos por restaurações pré-existentes nas fossas centrais dos molares, corroborando com estudos da literatura que também utilizaram esses pontos de referência (LIMPANICHKUL et al., 2006; YOUSSEF et al., 2008; SOUSA et al., 2011; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012). Nos casos em que havia desgaste das pontas de cúspide tanto em caninos como em molares, foi convencionado um ponto médio na faceta de desgaste.

Pelo fato de já ser consagrado na literatura como padrão “gold standard” em termos de mensuração dentária (STEVENS et al., 2006), o paquímetro digital foi o instrumento escolhido para mensuração, conforme descrito no capítulo “material e métodos” e adotado por alguns autores que utilizaram metodologia semelhante (YOUSSEF et al., 2008; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; GENC et al., 2012; SOUSA, 2013).

Em relação a possíveis inclinações para mesial e para distal dos primeiros molares e caninos respectivamente, durante a mecânica de retração, foi observado em estudos recentes (SOUSA, 2013; LAGES, 2011; ORLANDO, 2010) que não há diferença na quantidade de angulação entre os lados irradiado e não irradiado, tornando os pontos de referência do presente estudo confiáveis. Assim, o valor da diferença de distalização dos caninos mensurada por meio da aproximação dos mesmos em relação aos molares, pode ser utilizado sem comprometer os resultados da pesquisa. Além disso, no intuito de minimizar a possível perda de ancoragem, utilizou-se a BTP para o arco superior e o ALN para o inferior conforme preconizado por outros trabalhos da literatura (FIORELLI et al., 1990)

Para proporcionar maior precisão e confiabilidade à medição “in loco”, realizou-se três medições sequenciais e utilizou-se a média desses valores para análise estatística em concordância com outros estudos clínicos (CRUZ et al., 2004; NOURI et al., 2014). Essas mensurações foram realizadas sempre pelo mesmo operador (S.C.C.P) e os pontos de referência selecionados (ponta de cúspide do

canino e ponta de cúspide mesiovestibular do primeiro molar) concordantes com estudos da literatura (LIMPANICHKUL et al., 2006; YOUSSEF et al., 2008; SOUSA et al., 2011; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012) permitiram facilidade e precisão nas mensurações diretamente na cavidade bucal com o paquímetro digital. Outras pesquisas científicas (SOUSA et al., 2011; LAGES, 2011) envolvendo a influência do laser na velocidade da movimentação ortodôntica utilizaram pontos de referência diferentes (distância da porção mais cervical da papila incisiva e ponta de cúspide do canino), porém esses pontos não foram os de escolha por dificultar a mensuração durante a inserção do paquímetro na cavidade bucal.

Já Orlando (2010) utilizou a tomografia computadorizada na fase inicial e final de aplicação do laser, porém não avaliou durante as fases, o que poderia demonstrar a efetividade do laser em períodos determinados. Porém, a medição mês a mês através da tomografia computadorizada se torna inviável, por ser um meio de diagnóstico onde a radiação proporcionada é elevada e deve ser corretamente indicada somente para obtenção de um diagnóstico diferencial, quando o exame puder fornecer informações impossíveis ou de difícil visualização nas radiografias convencionais ou que altere significativamente o planejamento traçado gerando benefícios para o paciente (LECOMBER et al., 2001; GARIB et al., 2007).

Para avaliação da integridade tecidual foram realizadas radiografias periapicais iniciais (T0) e finais (T4) em concordância com a metodologia de outros estudos (CRUZ et al., 2004; YOUSSEF et al., 2008; SOUSA et al., 2011; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012). De acordo com Borg et al. (1998) e Consolaro (2007) as radiografias periapicais permitem avaliar com precisão a forma e a proporção das raízes, dos ápices e da crista óssea alveolar.

Embora a tomografia computadorizada ofereça maior precisão e precocidade no diagnóstico das reabsorções dentárias em função dos vários sentidos nos planos de cortes e da reconstrução em 3D, a mesma não substitui as radiografias periapicais no diagnóstico dessas reabsorções, pelo contrário, complementa-as (CONSOLARO, 2007). Ao mesmo tempo que amplia as possibilidades de diagnósticos mais precisos, quanto ao seu grau de comprometimento e localização também oferece a oportunidade de identificação mais precoce do processo. Entretanto, ressalta-se que seu uso indiscriminado e superficial pode gerar avaliações equivocadas e diagnósticos que levam a planos de tratamento

indesejáveis para o paciente. Quanto mais explorarmos as radiografias periapicais, maior será a valorização das tomografias computadorizadas (LECOMBER et al., 2001; CONSOLARO, 2007; GARIB et al., 2007).

Além disso, conforme tabela 1, extraída da revisão de literatura realizada pela European Atomic Energy Community (Euratom), contida no Projeto SEDETEXCT (2011), se somarmos as doses de radiação geradas pelas radiografias utilizadas na presente pesquisa: panorâmica, telerradiografia (documentação ortodôntica) e periapicais dos dentes envolvidos, necessárias para avaliação da integridade tecidual, (8 incidências = 12 μSv), a dose seria de aproximadamente 42,3 μSv , enquanto que com a tomografia cone bem (inicial e final), esta dose seria em torno de 2.146 μSv , ou seja, muito superior.

Para efeito de cálculo, adotamos a dose máxima descrita na tabela 1. Para o cálculo da dose das radiografias periapicais que foram utilizadas neste estudo, selecionou-se a dose de radiação referente a boca toda (21 μSv) e dividiu-se pelo número de incidências da boca completa (14 incidências), obtendo-se desta forma, a dose referente a uma incidência (1,5 μSv). Multiplicou-se então este valor pelo número de periapicais necessárias para este estudo (8 x 1,5 μSv), dando, portanto, um total de 12 μSv , que somadas as radiações das radiografias: panorâmica e telerradiografia, daria um total de 42,3 μSv .

Para avaliação das radiografias, optou-se por um método de leitura digital indireto. As radiografias foram digitalizadas por um *scanner* (Microtek Scan Maker i800), configuradas com 300 *dots per inch* (dpi) de resolução, 256 tons de cinza e em escala de 100%. O sistema digital foi o de escolha para essa pesquisa, uma vez que possibilita ao operador manipular as imagens, as quais podem ser ampliadas, transformadas em forma negativa, sofrer alteração de contraste e brilho, colorização da imagem e pseudo 3D (relevo), de forma a facilitar o diagnóstico. Além disso, medidas lineares e angulares também podem ser obtidas por meio de ferramentas dos softwares dos sistemas digitais, tão bem, quanto quantificar os tons de cinza existente em uma determinada área radiográfica (WENZEL; GRONDAHL, 1995; FORSYTH et al., 1996; MOL, 2000; ABRAHÃO et al., 2009).

Para avaliação da quantidade de reabsorção da crista óssea alveolar, foi mensurada a distância da crista óssea alveolar (CA) até à junção cimento-esmalte (JCE), paralelamente ao longo eixo do dente, tanto na face mesial quanto na distal

dos caninos retraídos (KALLESTAL; MATSSON, 1989; HAUSMANN et al., 1991; CRUZ et al., 2001; CRUZ et al., 2003; JANSON et al., 2003, SOUSA et al., 2011), utilizando-se escores a partir destas mensurações preconizados por Kallestal, Matsson (1989) e Hausmann et al. (1989) e utilizados em trabalhos posteriores como os de Janson et al. (2003) e Sousa et al. (2011).

De acordo com Rams, Listgarten e Slots (1994) a mensuração da distância da crista óssea alveolar à junção cimento-esmalte (JCE-CA) permite estudar as alterações periodontais, podendo, portanto, ser considerado um parâmetro adequado para se avaliar a ausência de perda óssea alveolar.

Também foram verificadas nestas mesmas radiografias possíveis reabsorções radiculares periapicais nos caninos retraídos. Para esta avaliação, foi utilizada a consagrada classificação dos níveis de reabsorção radicular durante o movimento ortodôntico, sugerida por Levander e Malmgreen em 1988 e utilizada em outros estudos da literatura (COPELAND; GREEN, 1986; BECK; HARRIS, 1994; FURQUIM, 2002; NISHIOKA et al., 2006; SOUSA et al., 2011).

6.3 Erro do método

Para análise do erro do método foram reavaliadas, num período de 30 dias após a primeira avaliação, 36% do total de radiografias periapicais observadas, selecionadas de forma aleatória.

Com base nos resultados do teste estatístico Kappa apresentados na tabela 4 observou-se uma concordância de “substancial” a “quase perfeita”, de acordo com a classificação proposta por Landis e Koch, em 1977 (Tabela 5), demonstrando confiabilidade na mensuração das reabsorções óssea e radicular.

Em decorrência da medição clínica não permitir a execução do erro do método, optou-se por realizar três medições sequenciais e utilizou-se a média para apreciação estatística em concordância com outros ensaios clínicos (CRUZ et al, 2004; NOURI et al., 2014). Como o operador do laser (J.M.S) não foi o mesmo que realizou as medições clínicas (S.C.C.P) deu-se um caráter duplo cego ao presente estudo. No momento da mensuração das medidas clínicas o examinador (S.C.C.P) não sabia qual o lado irradiado pelo laser bem como o paciente também não, pois fez-se uma simulação do laser no lado controle.

6.4 Movimentação Ortodôntica X aplicação do Laser de Baixa Intensidade (LBI)

Dos 11 pacientes selecionados obtivemos a retração de todos os caninos sendo que 22 receberam aplicação do laser e 22 foram considerados controle, pois todos os pacientes realizaram extração dos quatro primeiros pré-molares. A movimentação do canino irradiado foi sempre comparada à movimentação do canino contralateral não irradiado do mesmo paciente, minimizando as variações individuais (LAGES, 2011; ORLANDO, 2010; SOUSA, 2008). Foram utilizadas doses diferentes para os caninos superiores e inferiores ao contrário de outros estudos (DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; LAGES, 2011; ORLANDO, 2010; SOUSA et al., 2011; YOUSSEF et al., 2008).

Os estudos em seres humanos (CRUZ et al., 2004; SOUSA et al., 2011) que obtiveram êxito na aceleração da velocidade da movimentação e apresentaram o mesmo protocolo de aplicação do laser, utilizaram comprimento de onda de 780nm, potência de 20mW, densidade de energia de $5\text{J}/\text{cm}^2$ por 10 segundos em cada ponto, sendo aplicados cinco pontos por vestibular e 5 pontos por palatino nas raízes dos caninos. Porém, utilizaram esta metodologia durante várias aplicações mensais.

O trabalho de Orlando (2010), visando uma opção mais viável à clínica diária do ortodontista, foi o pioneiro a utilizar em seu protocolo de aplicação do laser dose única mensal, com comprimento de onda também de 780nm, porém uma potência um pouco mais alta de 40mW, densidade de energia na superfície do tecido alvo de $10\text{J}/\text{cm}^2$ e aplicados nos mesmos 10 pontos das pesquisas anteriores (CRUZ et al., 2004; SOUSA et al., 2011). Esse autor observou resultado positivo para o arco inferior em relação à aceleração com o LBI, porém não para o arco superior.

Devido a isso, procurou-se, no atual estudo, realizar uma única aplicação mensal do LBI, seguindo protocolo de aplicação parcialmente semelhante ao trabalho de Orlando (2010), com comprimento de onda de 780nm, potências de 40mW para o canino inferior e região vestibular do canino superior, densidade de energia na superfície do tecido alvo de $10\text{J}/\text{cm}^2$, diferindo apenas para região palatina do canino superior com maior potência de 70mW (devido à distância entre o ponto de aplicação do laser na mucosa e a área do ligamento periodontal da raiz deste dente ser maior devido à anatomia do palato), e densidade de energia na superfície do tecido alvo de $35\text{J}/\text{cm}^2$.

Youssef et al. (2008) utilizaram uma dose de 8J distribuída por 6 pontos ao longo da raiz do canino durante sua retração. Utilizaram 3 pontos por vestibular e 3 por lingual dividindo cada dose por ponto em 1J para as regiões cervical e apical e 2J para a região central da raiz. Os autores aumentaram a energia por ponto em relação a outros trabalhos (CRUZ et al., 2004; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; GENC et al., 2013; SOUSA et al., 2011), porém diminuíram o número de pontos e o maior aumento foi apenas em um ponto (centro da raiz). Decidimos neste trabalho utilizar também uma dose por ponto maior (1,4J) por palatino, porém distribuído em um maior número de pontos (5 pontos) pois a energia distribuída em um número maior de pontos poderia ser mais adequada devido uma distribuição mais homogênea de energia ao redor do canino.

Utilizou-se neste estudo o laser infravermelho cujo comprimento de onda está entre 700 e 1200nm. O laser infravermelho é o comprimento de onda de eleição para reparos neurais e quando se busca tecidos mais profundos como o tecido ósseo. A luz é absorvida nas membranas celulares, alterando seu potencial elétrico, induzindo a efeitos do tipo foto físico e fotoelétrico, de forma a causar excitação de elétrons, vibração e rotação de parte das moléculas ou rotação de moléculas como um todo, que se traduzem no incremento da síntese de ATP (ALMEIDA-LOPES, 2004; LIZARELLI, 2007). O laser terapêutico promove aceleração dos processos de reprodução e reparo celular por estimular tanto a síntese de DNA e RNA, bases da multiplicação celular, como a produção de ATP (adenosina trifosfato) (DORTBUDAK; HAAS; MALLATH-POKORNY, 2000; KAWASAKI; SHIMIZU, 2000).

Alguns pacientes realizam de forma inconsciente a mastigação mais de um lado em relação ao outro ou possuem algum hábito que podem influenciar a movimentação ortodôntica, assim a aplicação do LBI em dentes contralaterais, alternando o lado irradiado nos pacientes objetivou evitar essa influência (LAGES, 2011; ORLANDO, 2010; SOUSA, 2008).

A retração dos caninos foi realizada previamente ao alinhamento e nivelamento, em arcos segmentados bilateralmente para evitar que alterações na mecânica de um lado não interferissem no lado contralateral. Para a retração inicial em arcos segmentados bilaterais, a quantidade de apinhamento deveria ser semelhante em ambos os lados, porém o mais importante era que os caninos estivessem posicionados de forma semelhante no mesmo arco, pois o atrito gerado no fio poderia influenciar na movimentação se comparássemos um canino em infra-

vestibuloversão, por exemplo, com um canino bem posicionado na linha de oclusão, porém se os dois caninos estivessem posicionados de forma semelhante os fatores atuantes seriam semelhantes em ambos os lados.

Assim, o presente estudo foi realizado por meio da adaptação de um fio de arco segmentado 0,014" de Níquel-Titânio em todos os pacientes durante todo o período da retração dos caninos. Além disto, mensalmente as molas de NiTi foram removidas e reativadas com a força de 150 gramas. Esta força foi mensurada a cada reativação com o mesmo tensiômetro, para evitar qualquer diferença na quantificação da força de ativação de um lado em relação ao outro.

É de fundamental importância o detalhamento da metodologia utilizada nos estudos com laser, devendo demonstrar todas as variáveis implícitas na dosimetria do laser, como comprimento de onda utilizado, potência, densidade de energia, número de pontos utilizados, número de aplicações mensais e energia total a cada aplicação (LAGES, 2011). Vários estudos se tornam inviáveis de serem reproduzidos devido a falta dessas informações, prejudicando assim a instalação de um protocolo confiável baseado em evidências científicas (NÓBREGA et al., 2014).

6.5 Efeitos do LBI na movimentação ortodôntica

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, a aplicação do LBI com o protocolo para mandíbula com comprimento de onda de 780nm, potência de 40mW, densidade de energia na superfície do tecido alvo de $10\text{J}/\text{cm}^2$, 10 segundos por ponto, energia por ponto de 0,4J (5 pontos por vestibular e 5 por lingual), $E_t = 4\text{J}$ por dente; Maxila por vestibular com comprimento de onda de 780nm, potência de 40mW; densidade de energia de $10\text{J}/\text{cm}^2$; 10 segundos por ponto; energia por ponto de 0,4J (5 pontos por vestibular), $E_t = 2\text{J}$ por vestibular e Maxila por palatino com comprimento de onda de 780nm, potência de 70mW; densidade de energia de $35\text{J}/\text{cm}^2$; 20 segundos por ponto; 1,4J de energia por ponto (5 por palatino) e $E_t = 7\text{J}$ por palatino com única aplicação mensal após ativação da mola de retração não foi eficiente na aceleração da movimentação durante a retração dos caninos superiores e inferiores (tabelas 7 e 8), concordando com os resultados de dois outros estudos da literatura (LAGES, 2011; LIMPANICHKUL et al., 2006) que também avaliaram a capacidade de aceleração da movimentação dentária utilizando-se o LBI em

humanos. Lages (2011) utilizou a mesma dose desse estudo para mandíbula e Limpanichkul et al. (2006) utilizou uma dosagem diferente.

Limpanichkul et al. (2006), em seu estudo, justificou a ineficácia da aceleração da movimentação ortodôntica provavelmente à dosimetria do LBI alta utilizada, com comprimento de onda de 860nm, potência de 100mW, densidade de energia 25J/cm², energia por ponto de 2,3J, totalizando uma energia de 18J por aplicação e 55,2J (tempo de irradiação = 3 min) por mês.

Todavia esta não seria uma justificativa plausível para a ineficácia da aceleração da movimentação dentária verificada no presente estudo, já que a energia total mensal utilizada apresentou-se baixa, de forma semelhante a outros estudos (CRUZ et al., 2004; SOUSA et al., 2011; GENC et al., 2012) que verificaram aceleração da movimentação ortodôntica promovida pelo LBI, porém apresentando características um pouco diferentes. A densidade de energia no presente estudo e então, a energia total em cada aplicação ($E_t=4J$ para mandíbula e $E_t=9J$ para maxila), foi aumentada, já que seria aplicada em um só momento, viabilizando a aplicação do laser nos consultórios ortodônticos, dessa maneira utilizou-se uma maior potência do laser (40mW para o canino inferior/região vestibular do canino superior e 70mW para região palatina do canino superior) em relação aos estudos de Sousa et al. (2011), Cruz et al. (2004) e Genc et al. (2012). Tomando-se como base a anatomia do palato devido a espessura óssea, que torna a distância do ponto de aplicação do laser até a raiz maior, optou-se neste estudo aumentar um pouco mais a potência por palatino (70mW). Diante da aceleração da movimentação ortodôntica obtida por Youssef et al. (2008) e Dominguez, Gomes e Palma (2013) utilizando respectivamente potências de 100mW e 200mW, sugere-se que o aumento da potência não foi responsável pela ineficácia do laser no presente estudo e sim, o menor tempo de aplicação do LBI, considerando-se o número de aplicações mensais. Todavia, a dúvida ainda permanece se este maior tempo de aplicação poderia ser despendido em aplicação única, ou se realmente, as várias aplicações mensais (três ou quatro) são necessárias. Os estudos presentes na literatura que demonstraram efetividade do LBI na movimentação ortodôntica apresentaram uma frequência de aplicação do laser maior sendo aplicados no mínimo 3 vezes no mesmo mês após a ativação da retração (CRUZ et al., 2004; YOUSSEF et al., 2008; SOUSA et al., 2011; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; GENC et al., 2012; DOMINGUEZ; GOMES;PALMA, 2013).

Isto se torna mais complexo se for observado que Orlando (2010) obteve uma aceleração da retração de caninos inferiores utilizando o mesmo protocolo de aplicação de laser empregado no presente estudo, porém sua avaliação foi realizada em tomografias. Fica claro que a mensuração em tomografias minimiza os erros ocorridos durante as medições clínicas, contudo, devido à radiação liberada, seria um procedimento inviável no presente estudo, visto que todos os meses de retração foram avaliados. A diferença de resultados entre o atual trabalho e o estudo de Orlando (2010), avaliado em tomografias, que observou uma aceleração da movimentação dos caninos inferiores do lado irradiado comparado ao lado não irradiado, pode ser justificada por diferentes referências utilizadas em cada um deles. Como a tomografia permite traçar planos a partir de estruturas anatômicas, pode-se mensurar apenas a movimentação no sentido sagital dos caninos em relação a estes planos de referência. Em medições clínicas, esta peculiaridade não é permitida, visto que a retração dos caninos foi avaliada diretamente pela distância da ponta de cúspide do canino à cúspide mesiovestibular do primeiro molar. Frente a esta divergência de resultados, cabe inferir que provavelmente a aceleração observada no estudo de Orlando (2010) não se mostrou tão significativa em termos quantitativos (1,08mm), de forma que não foi detectada no presente estudo, em que as mensurações foram realizadas clinicamente.

Outro aspecto que deve ser levado em consideração é que a comparação dos resultados entre este trabalho e o trabalho de Lages (2011) e Orlando (2010) se torna deficiente, pois os testes utilizados para avaliar a influência do LBI sobre a movimentação ortodôntica foram diferentes. Lages (2011) e Orlando (2010) utilizaram o teste t pareado enquanto neste trabalho foi utilizado o ANOVA a um critério de medidas repetidas. Estamos avaliando a influência do LBI (irradiado e não irradiado) através do tempo, sabendo que o tempo é de fundamental importância, pois estudos revelam que os efeitos do laser são maiores nas primeiras aplicações após a ativação do aparelho como Cruz et al. (2004) que observaram um decréscimo do efeito do laser após a aplicação no 14º dia e Sousa et al. (2011) que observaram a partir do segundo mês de aplicação que a diferença entre o lado irradiado e não irradiado mesmo sendo significante, foi menor. Estudos apontam que os efeitos do LBI são dependentes não só da dosagem de laser utilizada como também de fatores que podem gerar um efeito sistêmico que pode comprometer a avaliação da efetividade do laser ao longo do tempo em estudos como este onde a

influência do LBI está sendo avaliada no mesmo indivíduo num modelo boca dividida (ROCHKIND et al., 1989).

A literatura revela que quando utilizamos o teste t pareado para um estudo como este aumentamos a chance de erro, pois fazemos vários testes para a comparação. Já o ANOVA a um critério para medidas repetidas avalia todas as comparações em um único teste (ESTRELA, 2001; FONSECA; MARTINS, 1993).

Devemos salientar ainda que alguns estudos (SOUSA et al., 2011; YOUSSEF et al., 2008) não verificaram de forma isolada a influência do LBI nos arcos superior e inferior apenas compararam o lado irradiado em relação ao não irradiado de forma conjunta para o arco dentário superior e inferior o que pode ter alterado os resultados.

Uma questão para a dose utilizada por palatino é que se ela não deveria ser diminuída ou até mesmo a utilização de uma dose menor sendo aplicada com maior frequência devido à diferença na densidade óssea da maxila e mandíbula onde a maxila apresenta um osso menos denso e a mandíbula mais denso (PARK et al., 2008) e também devido à maxila responder de forma mais rápida que a mandíbula durante a movimentação ortodôntica (DEGUCHI et al., 2008).

Atualmente é indiscutível que a fototerapia cause modificações no metabolismo celular, mas a forma como atua, ainda está sendo investigada (KARU, 1999). A dificuldade de se encontrar a dose correta para cada terapia está relacionada ao mecanismo de ação do laser. Fazendo-se uma analogia com a farmacologia, deve-se pensar que cada comprimento de onda corresponde a uma droga diferente, e depois de escolhida a droga, é necessário estabelecer a sua dose ótima e, o melhor esquema de tratamento (SMITH, 2005).

Por outro lado, os dados do presente estudo associados ao de Orlando (2010) e Lages (2011) nos indicam um início para as pesquisas avaliando as dosimetrias a serem aplicadas em uma possível aplicação única do LBI. Portanto, provavelmente a dosimetria aplicada obteve algum sucesso, fato comprovado por Orlando (2010) no arco dentário inferior, todavia em pequena magnitude. Outras pesquisas deverão ser realizadas de forma a incrementar estes dados, buscando-se comprovar a eficácia ou não da aplicação única do LBI na movimentação ortodôntica e a sua dosimetria ideal.

6.6 Efeitos do LBI na integridade tecidual

Considerando que a movimentação dentária necessita do processo inflamatório local para ocorrer e, esta inflamação pode causar alterações na integridade dos tecidos dentários e periodontais (ANDREASEN, 1985, 1988) pela ação das células envolvidas na remoção de tecido necrótico e tecido ósseo (BRUDVIK; RYGH, 1994), supõe-se que o mesmo mecanismo que causa aceleração da movimentação dentária induzida, geraria uma reabsorção óssea e radicular mais intensa e o contrário também seria verdadeiro. Algumas pesquisas confirmam esta premissa (SATO et al., 1991; COSSETIN et al., 2011; SIRISOONTORN et al., 2012) enquanto outras mostram que o mecanismo que regula a movimentação dentária pode ser diferente do mecanismo da reabsorção radicular (CRUZ et al., 2004; MARTINS-ORTIZ, 2004; HABIB, 2010; YOUSSEF et al., 2008; SOUSA et al., 2011; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; EKIZER et al., 2013; VASCONCELOS, 2013; SEIFI et al., 2014; NIMERI et al., 2014) e que a laserterapia (LT), usada para acelerar a movimentação ortodôntica, promove um equilibrado processo de remodelação óssea, mantendo a integridade tecidual sem retardar o movimento dentário (KAWASAKI, SHIMIZU, 2000; HABIB, 2010; FONSECA et al., 2012).

O processo de reabsorção radicular se diferencia da reabsorção óssea por haver uma proteção da raiz contra a reabsorção (HAMMARSTROM; LINDSKOG, 1985; (LINDSKOG; BLOMLOF; HAMMARSTROM, 1987; CONSOLARO, 2012). A raiz dentária apresenta uma camada de cementoblastos em toda a sua extensão e estas células não apresentam receptores para os mediadores estimuladores da reabsorção (LINDSKOG; BLOMLOF; HAMMARSTROM, 1987). Portanto para que a raiz seja reabsorvida ela deve perder a proteção dos cementoblastos, devido a uma agressão, por morte ou migração destas células ocasionada por hipóxia, e ficar exposta à ação dos macrófagos e osteoclastos (CONSOLARO, 2012).

A ação estimuladora do laser sobre os osteoclastos (KAWASAKI; SHIMIZU, 2000; ALTAN et al., 2012) parece ser contraditória em relação ao processo de reabsorção radicular, pois poderia intensificá-lo, se as células ao removerem a área hialina, com maior velocidade, também retirassem o tecido radicular; mas também teoricamente, poderia reduzi-lo, se a área hialina, associada à manutenção do processo reabsortivo após a remoção da força (BRUDVIK; RYGH, 1995b), fosse eliminada mais rapidamente, favorecendo a movimentação. Também seu efeito sobre

os fibroblastos (VINCK et al., 2003), a matriz colágena (HABIB et al., 2010) e a capilarização (ALTAN et al., 2012) no periodonto, supostamente pode ser reparador e acelerar a reinserção de fibras na raiz, reduzindo a área exposta sujeita á ação dos clastos e macrófagos (BRUDVIK; RYGH, 1995a).

A grande maioria dos trabalhos da literatura, realizados em animais, que avaliaram os efeitos do LBI na movimentação ortodôntica (KAWASAKI, SHIMIZU, 2000; HABIB, 2010; FONSECA et al., 2012; EKIZER et al., 2013; SEIFI et al., 2014) observaram que o LBI além de promover um equilibrado processo de remodelação óssea, demonstrado por um aumento simultâneo das atividades dos osteoblastos e osteoclastos nos lados de tensão e pressão (KAWASAKI, SHIMIZU, 2000; HABIB, 2010; FONSECA et al., 2012; SEIFI et al., 2014), ainda acelera o processo de reparação tecidual, removendo mais rapidamente os tecidos necróticos e reinserindo as fibras na raiz de maneira mais veloz, consequentemente reduz a área exposta sujeita a ação dos osteoclastos e macrófagos, permitindo maior preservação da raiz e diminuição da sua taxa de reabsorção (HABIB, 2010; FONSECA et al., 2012; EKIZER et al., 2013).

Uma das preocupações deste estudo foi a verificação da integridade tecidual e de quais efeitos o LBI poderia desencadear nos tecidos de suporte. Embora a grande maioria dos estudos afirmem que não há efeitos colaterais decorrentes da LT (KAWASAKI, SHIMIZU, 2000; CRUZ et al., 2004; HABIB, 2010; HABIB, 2008; YOUSSEF et al., 2008; SOUSA et al., 2011; FONSECA et al., 2012; EKIZER et al., 2013; SOUSA, 2013; VASCONCELOS, 2013; SEIFI et al., 2014; NIMERI et al., 2014), há uma grande diversidade de dosimetrias e pela escassez de trabalhos em seres humanos com metodologia detalhada (SOUSA et al., 2011; SOUSA, 2013; NIMERI et al., 2014), justificou-se a realização dessa avaliação radiográfica na presente pesquisa.

Na literatura há somente seis ensaios clínicos que avaliaram a integridade dos tecidos dentais e periodontais após a movimentação ortodôntica com o uso do LBI (CRUZ et al., 2004; YOUSSEF et al., 2008; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012, SOUSA et al., 2011; SOUSA, 2013; NIMERI et al., 2014), desses trabalhos, quatro o realizaram por meio de radiografias periapicais (CRUZ et al., 2004; YOUSSEF et al., 2008; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012, SOUSA et al., 2011) e dois por meio de tomografias computadorizadas de feixe cônico (SOUSA, 2013; NIMERI et al., 2014).

No presente estudo os resultados indicaram não haver diferença estatisticamente significativa entre os lados irradiado e não irradiado em relação ao nível de integridade do ápice radicular e da crista óssea alveolar (tabelas 9 e 10) após a mecânica de retração, demonstrando que o protocolo de aplicação de laser utilizado foi seguro para manter a integridade desses tecidos. Os achados do nosso estudo corroboram com todos os ensaios clínicos existentes na literatura que avaliaram os efeitos do LBI na reabsorção radicular (CRUZ et al., 2004; YOUSSEF et al., 2008; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012, SOUSA et al., 2011 SOUSA, 2013; NIMERI et al., 2014) e da crista óssea alveolar (CRUZ et al., 2004; YOUSSEF et al., 2008; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012, SOUSA et al., 2011 SOUSA, 2013) após a movimentação ortodôntica. Em contrapartida apresenta-se discordante do estudo em animais realizado por Cossetin et al. (2013) que ao avaliarem a efeitos do LBI na velocidade do movimento ortodôntico observaram uma aceleração da movimentação dentária acompanhada de um aumento significativo da atividade osteoclástica, mas não da osteoblástica, ocasionando uma falha na remodelação alveolar e maior grau de reabsorção radicular.

Embora a dose utilizada nesse estudo tenha se mostrado segura na manutenção da integridade tecidual, não promoveu aceleração da movimentação ortodôntica induzida, demonstrando estar em um patamar neutro ou pouco modulador para a bioestimulação celular. Deve-se lembrar que o efeito biomodulador é dose-dependente e mesmo com o comprimento de onda e a dose apropriados, a fototerapia pode ainda não ser efetiva em todos os sistemas e/ou situações, porque a sua magnitude depende do estado fisiológico da célula no momento da irradiação (KARU, 1989). Também se sabe que dentro de um mesmo comprimento de onda, existe um ciclo onde várias doses diferentes, podem ser estimulantes e outras inibitórias (KARU; PYATIBRAT; RYABYKH, 1997), portanto variações na densidade de potência e no tempo de exposição, condicionam diferentes efeitos nos mesmos tecidos (CATORZE, 2009). Além disto, mais de uma função celular pode ser influenciada de maneira diferente pela irradiação com o mesmo comprimento de onda, isto é, quando uma destas funções celulares, é alterada pela irradiação, as outras permanecem inalteradas (KARU, 1999). Coombe pode comprovar a diferente modulação que a mesma dose do laser causou em diferentes funções dos osteoblastos, *in vitro* (COOMBE et al., 2001).

6.7 Considerações clínicas e sugestões para trabalhos futuros

As principais causas que levam os pacientes a desistirem ou até mesmo a não iniciarem o tratamento ortodôntico é o tempo prolongado e a sintomatologia dolorosa. Atualmente a demanda de pacientes adultos nos consultórios odontológicos em busca de estética vem aumentando, assim a aceleração do tratamento ortodôntico principalmente para esses pacientes que apresentam um metabolismo mais lento seria de grande valia (CAPELLOZZA et al., 2001). O tratamento prolongado também pode implicar em maiores chances de perda óssea alveolar, reabsorção radicular, alterações gengivais além de maior probabilidade de cárie (SOUSA, 2013).

Em relação a movimentação ortodôntica são utilizados inúmeros métodos para promover aceleração como, por exemplo, a injeção de substâncias como as prostaglandinas (YAMASAKI et al., 1984), 1,25(OH)2D3 (a forma ativa da vitamina D) (COLLINS; SINCLAIR, 1988) e osteocalcina (KOBAYASHI et al., 1998). Alguns estudos também apresentam efetividade com a aplicação local de corrente elétrica (DAVIDOVITCH et al., 1980), o uso local de hormônio da paratireóide, a aplicação do ultrassom e também uso de alguns aparelhos estimuladores (BOSIO; LIU, 2010). Porém, esses métodos apresentam desvantagens como dor e desconforto ao paciente.

O uso do laser de baixa intensidade tem demonstrado eficácia na aceleração da movimentação ortodôntica (CRUZ et al., 2004; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; GENC et al., 2013; ORLANDO, 2010; SOUSA et al., 2011) e apresenta vantagem por ser um meio indolor e não possuir efeitos danosos a integridade do ápice radicular e crista alveolar durante a movimentação ortodôntica (KAWASAKI, SHIMIZU, 2000; CRUZ et al., 2004; HABIB, 2008; HABIB, 2008; YOUSSEF et al., 2008; SOUSA et al., 2011; FONSECA et al., 2012; EKIZER et al., 2013; SOUSA, 2013; VASCONCELOS, 2013; SEIFI et al., 2014; NIMERI et al., 2014).

Outra aplicação do laser de baixa intensidade que tem demonstrado efetividade é no controle de ancoragem (SOUSA, 2013). O uso do LBI demonstra vantagem em relação aos aparelhos de ancoragem extra e intrabucal utilizados, que causam certo desconforto ao paciente, e ao sistema de ancoragem absoluta (mini-implantes) considerado um sistema invasivo e que gera certo grau de rejeição pelos pacientes.

O objetivo principal deste estudo foi avaliar uma dose efetiva para aceleração da movimentação com aplicação única mensal, evitando o retorno do paciente ao consultório odontológico só para a aplicação do laser que gera gastos para o paciente bem como maior tempo clínico para o profissional. Porém com o protocolo utilizado não foi observada influência positiva do laser na aceleração do movimento.

Assim uma sugestão para trabalhos futuros seria investigar outros protocolos como a utilização da mesma dose deste trabalho, porém com frequência de duas aplicações mensais, pois além de Orlando (2010) e Lages (2011) que utilizaram dose mensal única a menor frequência utilizada foi por Sousa et al. (2011) com 3 aplicações mensais sendo que aplicação com frequência mensal de 2 dias não foi estudada. Outra sugestão seria a utilização da mesma dose única porém por um tempo maior de aplicação, sendo esse tempo equivalente a frequência de 3 ou 4 aplicações. Outra sugestão é a redução da dose utilizada na maxila para a região palatina, devido ser um osso menos denso.

7 Conclusões

7 CONCLUSÕES

Com base na metodologia empregada e com o protocolo utilizado neste estudo com o laser de baixa intensidade pode-se concluir que:

1. O laser de baixa intensidade não promoveu aumento da movimentação ortodôntica dos caninos durante a fase de retração inicial.
 2. O laser de baixa intensidade não promoveu reabsorção da crista óssea alveolar e/ou radicular nos caninos retraídos, mantendo a integridade desses tecidos.
-

Referências

REFERÊNCIAS

Abrahao TSK; Goldenberg FC; Tacola CG; Sannoyima, EK. Avaliação qualitativa entre as radiografias cefalométricas digital e convencional. *Revista Dental Press Ortodontia e Ortopedia Facial*, 2009;14(3):60-68,

Akin E, Gurton AU, Olmez H. Effects of nitric oxide in orthodontic tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004 Nov;126(5):608-14.

Albuquerque SR. Avaliação de imagens radiográficas digitais e convencionais no diagnóstico da reabsorção radicular externa [dissertação]. Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas; 2006.

Almeida-Lopes L. Laserterapia na odontologia. *Biodonto*. 2004;1(1):1-51

Altan BA, Sokucu O, Ozkut MM, Inan S. Metrical and histological investigation of the effects of low-level laser therapy on orthodontic tooth movement. *Lasers Med Sci*. 2012 Jan;27(1):131-40.

Álvares LC, Tavano O. Curso de radiologia em odontologia. 4. ed São Paulo: Editora Santos; 2002.

Andreasen JO. External root resorption: its implication in dental traumatology, paedodontics, periodontics, orthodontics and endodontics. *Int Endod J*. 1985 Apr;18(2):109-18.

Andreasen JO. Review of root resorption systems and models. Etiology of root resorption and the homeostatic mechanisms of the periodontal ligament. In: *Biological mechanisms of tooth eruption and root resorption*: Davidovitch Z.; 1988. p. 293-302.

Angelieri F, Sousa MVS, Kanashiro LK, Siqueira DF, Maltagliati LA. Efeitos do laser de baixa intensidade na sensibilidade dolorosa durante a movimentação ortodôntica. *Dental Press J Orthod*. 2011;16(4):95-102.

Bassett CA, Becker RO. Generation of electric potentials by bone in response to mechanical stress. *Science*. 1962 Sep 28;137(3535):1063-4.

Beck BW, Harris EF. Apical root resorption in orthodontically treated subjects: Analysis of edgewise and light wire mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1994;105, (4):350-361,

Bissoli CF et al. Digitalização de imagens em radiologia: uma nova visão de futuro. Revista Odonto. 2007;15(30):35-39.

Borg E, Källqvist A, Gröndahl K, Gröndahl HG. Film and digital radiography for detection of simulated root resorption cavities. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics, 1998;86(1):110-114.

Bosio JA, Liu D. Moving teeth faster , better and painless. Is it possible? . Rev Dental Press J Orthod 2010;15(6):14-7.

Brudvik P, Rygh P. Root resorption beneath the main hyalinized zone. Eur J Orthod. 1994 Aug;16(4):249-63.

Brudvik P, Rygh P. The repair of orthodontic root resorption: an ultrastructural study. Eur J Orthod. 1995a Jun;17(3):189-98.

Brudvik P, Rygh P. Transition and determinants of orthodontic root resorption-repair sequence. Eur J Orthod. 1995b Jun;17(3):177-88.

Brugnera A, Ladalardo TCGGP, Cruz FM. Atlas de laserterapia aplicado à clínica odontológica. São Paulo: Editora Santos Ltda; 2003.

Brugnera A, Zanin F. O laser na Odontologia. 1 ed. São Paulo: Editora Santos Ltda; 2001.

Brugnera AJ, Genovese WJ, Villa R. Laser em Odontologia. São Paulo: Pancast; 1991.

Burstone CJ. Vistas in orthodontics In B. S. KrausRiedel, R. A. The biomechanics of tooth movement. 1. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1962.

Camacho AD, Cujar SAV. Acceleration effect of orthodontic movement by application of low-intensity laser. Journal Oral Laser Applications. 2010;10:99-105.

Capellozza L, Braga SA, Cavassan AO, Ozawa TO. Tratamento ortodôntico em adultos: uma abordagem direcionada. Rev Dent Press Ortodon Ortop Maxilar. 2001;6(5):63-80.

Catorze MG. Laser: fundamentos e indicações em dermatologia. Med Cutan Iber Lat Am. 2009 37(1):5-27.

Clasen NF, Aun CE. Estudo comparativo entre radiografia convencional e radiografia digital direta no diagnóstico de reabsorção radicular externa. *Rev Odontol UNICID*. 2001;13(2):95-102.

Collins MK, Sinclair PM. The local use of vitamin D to increase the rate of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1988 Oct;94(4):278-84.

Consolaro A. Reabsorções dentárias nas especialidades clínicas. 2 ed. Maringá: Dental Press Editora Ltda.; 2005.

Consolaro A. A tomografia computadorizada substitui as radiografias no diagnóstico das reabsorções dentárias? *Rev. Clín. Ortodon. Dental Press*. 2007; 6(5):110-111.

Consolaro A. Movimentação dentária induzida: mecanismos e implicações clínicas. In: Press D, editor. *Reabsorções dentárias nas especialidades clínicas*. Maringá; 2012. p. 455-522.

Coombe AR, Ho CT, Darendeliler MA, Hunter N, Philips JR, Chapple CC, et al. The effects of low level laser irradiation on osteoblastic cells. *Clin Orthod Res*. 2001 Feb;4(1):3-14.

Copeland S., Green L.J. Root Resorption in maxillary central incisors following active orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1986;89(1):51-55

Cossetin E, Janson G, Carvalho MGF, Carvalho RA, Henriques JFC, Garib D. Influence of low-level laser on bone remodeling during induced tooth movement in rats. *The Angle Orthodontist*: Nov 2013; 83(6):1015-1021.

Cruz DR, Kohara EK, Ribeiro MS, Wetter NU. Effects of low-intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: a preliminary study. *Lasers Surg Med*. 2004;35(2):117-20.

Davidovitch Z, Finkelson MD, Steigman S, Shanfeld JL, Montgomery PC, Korostoff E. Electric currents, bone remodeling, and orthodontic tooth movement. I. The effect of electric currents on periodontal cyclic nucleotides. *American journal of orthodontics*. 1980a Jan;77(1):14-32.

Davidovitch Z, Finkelson MD, Steigman S, Shanfeld JL, Montgomery PC, Korostoff E. Electric currents, bone remodeling, and orthodontic tooth movement. II. Increase in rate of tooth movement and periodontal cyclic nucleotide levels by combined force and electric current. *American journal of orthodontics*. 1980b Jan;77(1):33-47.

Deguchi T, Takano-Yamamoto T, Yabuuchi T, Ando R, Roberts WE, Garetto LP. Histomorphometric evaluation of alveolar bone turnover between the maxilla and the mandible during experimental tooth movement in dogs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;133(6):889-97.

DMC. Laserterapia thera laser. In: Manual do usuário. 2005.

Dominguez A, Gomez C, Palma JC. Effects of low-level laser therapy on orthodontics: rate of tooth movement, pain, and release of RANKL and OPG in GCF. *Lasers Med Sci*. 2013.

Dortbudak O, Haas R, Mallath-Pokorny G. Biostimulation of bone marrow cells with a diode soft laser. *Clin Oral Implants Res*. 2000;11(6):540-5.

Doshi-Mehta G, Bhad-Patil WA. Efficacy of low-intensity laser therapy in reducing treatment time and orthodontic pain: a clinical investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012;141(3):289-97.

Eduardo CP et al. "Hands On" Utilização Clínica do Laser. 2004.

Ekizer A, Uysal T, Güray E, Akkuş D. Effect of LED-mediated-photobiomodulation therapy on orthodontic tooth movement and root resorption in rats. *Lasers Med Sci*. 2013 Aug 29.

Estrela C. Metodologia científica - ensino e pesquisa em odontologia. 1a ed. São Paulo: Artes Médicas; 2001.

EURATOM Provisional guidelines on CBCT for dental and maxillofacial radiology. [Cited 2011 Apr 1st]. Disponível em: http://sedentexct.eu/system/files/sedentexct_project_provisional_guidelines.pdf.

Feldmann I, Bondemark L. Anchorage capacity of osseointegrated and conventional anchorage systems: a randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;133(3):339e19-28.

Fiorelli G, Calandriello B, Bolognini E, Morazzini P. [Use of the transpalatal bar and lingual arch]. *Attual Dent*. 1990 Feb 25;6(7):32-9.

Fleiss, JL. Statistical methods for rates and proportions. New York: John Wiley & Sons, 1973.

Fonseca JS, Martins GA. Curso de estatística. 4a ed. São Paulo: Atlas; 1993.

Fonseca PD, de Lima FM, Higashi DT, Koyama DF, de Oliveira Toginho Filho D, Dias IF, et al. Effects of light emitting diode (LED) therapy at 940 nm on inflammatory root resorption in rats. *Lasers Med Sci*. 2013 Jan;28(1):49-55.

Fontão FNG. Medidas Lineares em radiografias panorâmicas digitalizadas, fornecidas por dois programas de imagem para planejamento na implantodontia: correlação e análise crítica [tese]. Bauru(SP): Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo; 2004.

Forsyth DB1, Shaw WC, Richmond S.. Digital imaging of cephalometric radiography, part 1: advantages and limitations of digital imaging. *Angle Orthod*.. 1996;66(1):37-42.

Freitas A, Rosa JE, Souza JF. Radiologia Odontológica. 6 ed. São Paulo: Artes Médicas Ltda, 2004. 833p.

Furquim LZ. Perfil Endocrinológico de pacientes ortodônticos com e sem reabsorção dentária: correlação com a morfologia radicular e da crista óssea alveolar. *Revista Dental Press*, 2002;7(4):43-49.

Garib DG, Raymundo Jr R, Raymundo MV, Raymundo DV, Ferreira SN. Tomografia computadorizada de feixe cônico (cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na ortodontia. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Maxilar*. 2007;12(2):139-56.

Ge MK, He WL, Chen J, Wen C, Yin X, Hu ZA, et al. Efficacy of low-level laser therapy for accelerating tooth movement during orthodontic treatment: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci*. 2014.

Genc G, Kocadereli I, Tasar F, Kilinc K, El S, Sarkarati B. Effect of low-level laser therapy (LLLT) on orthodontic tooth movement. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):41-7.

Genovese WJ. Laser de baixa intensidade: aplicações terapêuticas em Odontologia. São Paulo: Lovise; 2000.

Gurton AU, Akin E, Sagdic D, Olmez H. Effects of PGI2 and TxA2 analogs and inhibitors in orthodontic tooth movement. *Angle Orthod*. 2004 Aug;74(4):526-32.

Habib FA, Gama SK, Ramalho LM, Cangussu MC, Santos Neto FP, Lacerda JA, et al. Laser-induced alveolar bone changes during orthodontic movement: a histological study on rodents. *Photomed Laser Surg.* 2010 Dec;28(6):823-30.

Haiteir C et al. Avaliação de simulações de reabsorções radiculares por meio de imagens digitais e convencionais. *Ortodontia.* 2001;34(2):37-43.

Hammarstrom L, Lindskog S. General morphological aspects of resorption of teeth and alveolar bone. *Int Endod J.* 1985 Apr;18(2):93-108.

Harris DM. Biomolecular Mechanisms of Laser Biostimulation *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery* 1991 9 (4):277-80.

Hashimoto F, Kobayashi Y, Matakai 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.* 2001 Oct;23(5):535-45.

Hausmann E, Allen K, Clerehugh V. What alveolar crest level on a bite- wing radiograph represents bone loss? *J Periodontol.* 1991;62:570-72.

Interlandi S. Ortodontia: bases para iniciação. In *Biologia da Movimentação Dentária.* 4. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1999.

Janson G et al. Comparative radiographic evaluation of the alveolar bone crest after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;124(2):157-64.

Johnson JC, Bullock GA. Indirect fabrication of a transpalatal arch supported by a temporary anchorage device. *J Clin Orthod.* 2010;44(4):266-8; quiz 52.

Kallestal C, Matsson L. Criteria for assessment of interproximal bone loss on bite-wing radiographs in adolescents. *J Clin Periodontol.* 1989; 16:300-04.

Kanzaki H, Chiba M, Arai K, Takahashi I, Haruyama N, Nishimura M, et al. Local RANKL gene transfer to the periodontal tissue accelerates orthodontic tooth movement. *Gene Ther.* 2006 Apr;13(8):678-85.

Karu T. Laser biostimulation: a photobiological phenomenon. *J Photochem Photobiol B.* 1989 Aug;3(4):638-40.

Karu T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology.* 1999 49(1):1-17.

Karu T, Andreichuk T, Ryabykh T. Changes in oxidative metabolism of murine spleen following laser and superluminous diode (660-950 nm) irradiation: effects of cellular composition and radiation parameters. *Lasers Surg Med*. 1993 13(4):453-62.

Karu TI, Pyatibrat LV, Kolyakov SF, Afanasyeva NI. Absorption measurements of cell monolayers relevant to mechanisms of laser phototherapy: reduction or oxidation of cytochrome c oxidase under laser radiation at 632.8 nm. *Photomed Laser Surg*. 2008 Dec;26(6):593-9.

Karu TI, Pyatibrat LV, Ryabykh TP. Nonmonotonic behavior of the dose dependence of the radiation effect on cells in vitro exposed to pulsed laser radiation at $\lambda = 820$ nm. *Lasers Surg Med*. 1997 21(5):485-92.

Kawasaki K, Shimizu N. Effects of low-energy laser irradiation on bone remodeling during experimental tooth movement in rats. *Lasers Surg Med*. 2000 26(3):282-91.

Kobayashi Y, Takagi H, Sakai H, Hashimoto F, Mataka S, Kobayashi K, et al. Effects of local administration of osteocalcin on experimental tooth movement. *Angle Orthod*. 1998 Jun;68(3):259-66.

Krishnan V, Davidovitch Z. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;129(4):469.e1-469.e32.

Kurita LM et al. Análise comparativa de radiografias panorâmicas convencionais e digitais no controle de alterações ósseas periimplantares. *BCI*. 2001;8(31):202-6.

Lages LHR. A utilização do laser de baixa intensidade na movimentação dentária e na sensibilidade dolorosa após a aplicação de força ortodôntica [dissertação]. São Bernardo do Campo (SP): Universidade Metodista de São Paulo; 2011.

Larheim TA, Eggen S. Determination of tooth length with a standardized paralleling technique and calibrated radiographic measuring technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1979;48(4): 374-78.

Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33:49-74.

Lauris JRP. SPIRO - Sistema para processamento de imagem radiográfica odontológica [dissertação] Campinas (SP): Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas; 1997.

Lecomber AR, Yoneyama Y, Lovelock DJ, Hosoi T, Adams AM. Comparison of patient dose from imaging protocols for dental implant planning using conventional radiography and computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2001;30(5):255-9.

Levander E, Malmgren O. Evaluation of risk of root resorption during orthodontic treatment: A study of upper incisors. *Eur J Orthod*. 1988;10(1):30-38.

Lim HM, Lew KK, Tay DK. A clinical investigation of the efficacy of low level laser therapy in reducing orthodontic postadjustment pain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995;108(6):614-22.

Limpanichkul W, Godfrey K, Srisuk N, Rattanayatikul C. Effects of low-level laser therapy on the rate of orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res*. 2006;9(1):38-43. Lizarelli RFZ. Protocolos clínicos odontológicos. Uso do laser de baixa iintensidade. 3 ed. São Carlos: Gorham Design; 2007.

Lindskog S, Blomlof L, Hammarstrom L. Comparative effects of parathyroid hormone on osteoblasts and cementoblasts. *J Clin Periodontol*. 1987 Aug;14(7):386-9.

Lizarelli RFZ. Protocolos clínicos odontológicos. Uso do laser de baixa iintensidade. 3 ed. São Carlos: Gorham Design; 2007.

Liu YH, Liu J, Li Q, Ding WH. [An efficacy comparison between mini-screw implant and transpalatal arch on dentofacial morphology in extraction cases]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2009;44(8):454-9.

Long H, Zhou Y, Xue J, Liao L, Ye N, Jian F, et al. The effectiveness of low-level laser therapy in accelerating orthodontic tooth movement: a meta-analysis. *Lasers Med Sci*. 2013.

Mao JJ, Wang X, Kopher RA. Biomechanics of craniofacial sutures: orthopedic implications. *Angle Orthod*. 2003;73(2):128-35.

Martins-Ortiz MF. Influência dos bisfosfonatos na movimentação dentária induzida, na frequência e nas dimensões das reabsorções radiculares associadas [tese]. Bauru: Universidade de São Paulo; 2004.

Mateos SB. Uma luz poderosa. *Rev Assoc Paul Cir Dent*. 2005;59(6):407-14.

Mc Donnel D. Digital dental imaging systems: a review. *J Canad Dent Assoc*. 1995;61(11):962-4.

Meikle MC. The tissue, cellular, and molecular regulation of orthodontic tooth movement: 100 years after Carl Sandstedt. *Eur J Orthod*. 2006 Jun;28(3):221-40.

Mello JB, Mello GPS. *Laser em Odontologia*. 1 ed. São Paulo: Santos; 2001.

Mol A. Image processing tools for dental applications. *Dent. Clin. North Am*. 2000;44(2):299-318.

Mostafa YA, Mohamed Salah Fayed M, Mehanni S, ElBokle NN, Heider AM. Comparison of corticotomy-facilitated vs standard tooth-movement techniques in dogs with miniscrews as anchor units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;136(4):570-7.

Mostafa YA, Weeks-Dybvig M, Osdoby P. Orchestration of tooth movement. *American journal of orthodontics*. 1983 Mar;83(3):245-50.

Nouri M et al. Measurement of the buccolingual inclination of teeth: Manual technique vs 3-dimensional software. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014 Oct;146(4):522-9.

Nimeri G, Kau CH, Corona R, Shelly J. The effect of photobiomodulation on root resorption during orthodontic treatment. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2014 Jan;15(6):1-8.

Nishioka M. et al. Root Resorption and Immune System Factors in Japanese, *Angle Orthodontist*, 2006;76(1).

Nóbrega C, Spina R, Niunez LN, Prieto MGL. *Convergência de tecnologias e movimentação ortodôntica*. Orto SPO 2014. São Paulo: Santos; 2014.

Orlando F. *Influência do laser de baixa intensidade na movimentação e na ancoragem ortodôntica por meio de tomografia computadorizada [dissertação]*. São Bernardo do Campo(SP): Universidade Metodista de São Paulo; 2010.

Panella J. *Radiologia Odontológica e Imaginologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006, Cap. 10, p. 135-144.

Park HS, Lee YJ, Jeong SH, Kwon TG. Density of the alveolar and basal bones of the maxilla and the mandible. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;133(1):30-7.

Pasler FA, Visser H. *Radiologia Odontológica: procedimentos ilustrados*. Porto Alegre: Artmed, 2005, Cap. 1, p. 1- 28.

Proffit WR. Ortodontia Contemporânea. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001.

Ramos LVT, Furquim LZ, Consolaro A. A influência de medicamentos na movimentação ortodôntica - uma análise crítica da literatura. Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial 2005b;10(1):122-30.

Rams TE1, Listgarten MA, Slots J. Utility of radiographic crestal lamina dura for predicting periodontitis disease-activity. J Clin Periodontol. 1994 Oct;21(9):571-6.

Reitan K. Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. Angle Orthod. 1964;34(4):244-55.

Reitan K. Initial tissue behavior during apical root resorption. Angle Orthod. 1974; 44(1):68-82.

Reitan K, Rygh P. Princípios e reações biomecânicas. In: Ortodontia: Princípios e Técnicas Atuais. Rio de Janeiro; Guanabara Koogan; 1996. p. 88-174.

Ren A, Lv T, Kang N, Zhao B, Chen Y, Bai D. Rapid orthodontic tooth movement aided by alveolar surgery in beagles. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;131(2):160 e1-10.

Rochkind S, Rousso M, Nissan M, Villarreal M, Barr-Nea L, Rees DG. Systemic effects of low-power laser irradiation on the peripheral and central nervous system, cutaneous wounds, and burns. Lasers Surg Med. 1989;9(2):174-82.

Ryden H, Bjelkhagen H, Soder P. The use of laser beams for measuring tooth mobility and tooth movements. J Periodontol. 1975; 46(7):421-25.

Rygh P, Moyers RE. Sistemas de forças e respostas dos tecidos às forças em ortodontia e ortopedia facial. In: Ortodontia Rio de Janeiro; Guanabara Koogan; 1991. p. 259-80.

Sato M, Grasser W, Endo N, Akins R, Simmons H, Thompson DD. Bisphosphonate action. Alendronate localization in rat bone and effects on osteoclast ultrastructure. J Clin Invest. 1991 Dec;88(6):2095-105.

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(5):525-32.

Santamaría Junior M. Biologia da movimentação dentária induzida e das reabsorções radiculares associadas: influência do gênero e dos bisfosfonatos. Bauru: Universidade de São Paulo; 2009.

Sarmiento VA, Pretto SM, Rubira IRF, Costa NP. Imagem digitalizada em Odontologia – evolução até os dias atuais. Rev Fac Odontol Univ Fed Bahia. 2000;20:38-42.

Schwarz AM. Tissue changes incident to orthodontic tooth movement. Int J Orthod. 1932 18:331-52.

Seifi M, Atri F, Yazdani MM. Effects of low-level laser therapy on orthodontic tooth movement and root resorption after artificial socket preservation. Dent Res J (Isfahan). 2014 Jan;11(1):61-6.

Seifi M, Eslami B, Saffar AS. The effect of prostaglandin E2 and calcium gluconate on orthodontic tooth movement and root resorption in rats. Eur J Orthod. 2003;25(2):199-204.

Sharma M, Sharma V, Khanna B. Mini-screw implant or transpalatal arch-mediated anchorage reinforcement during canine retraction: a randomized clinical trial. J Orthod. 2012;39(2):102-10.

Shirazi M, Dehpour AR, Jafari F. The effect of thyroid hormone on orthodontic tooth movement in rats. J Clin Pediatr Dent. 1999 Spring;23(3):259-64.

Sirisoontorn I, Hotokezaka H, Hashimoto M, Gonzales C, Luppapornlarp S, Darendeliler MA, et al. Orthodontic tooth movement and root resorption in ovariectomized rats treated by systemic administration of zoledronic acid. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2012 May;141(5):563-73.

Smith KC. Laser (and LED) therapy is phototherapy. Photomed Laser Surg. 2005 Feb;23(1):78-80.

Smith RJ, Burstone CJ. Mechanics of tooth movement. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1984;85(4):294-307.

Sousa MVS. Influência do laser de baixa intensidade na velocidade da movimentação ortodôntica [dissertação] São Bernardo do Campo(SP): Universidade Metodista de São Paulo; 2008.

Sousa MVS. Avaliação da influencia do laser de baixa intensidade como recurso de ancoragem ortodontica e na supressão da dor [tese]. Bauru(SP): Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo; 2013.

Sousa MV, Pinzan A, Consolaro A, Henriques JF, de Freitas MR. Systematic Literature Review: Influence of Low-Level Laser on Orthodontic Movement and Pain Control in Humans. Photomed Laser Surg. 2014 Oct 21.

Sousa MV, Scanavini MA, Sannomiya EK, Velasco LG, Angelieri F. Influence of low-level laser on the speed of orthodontic movement. Photomed Laser Surg. 2011;29(3):191-6.

Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: Comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006;129(6):794-803.

Storey E. The nature of tooth movement. American journal of orthodontics. 1973 Mar;63(3):292-314.

Storey E, Smith R. Force in orthodontics and its relation to tooth movement. Aust Dent. 1952;56:11-8.

Takano-Yamamoto 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. 1992 Aug;71(8):1487-92.

Theodoro LH. Lasers em superfície radicular Revista Robrac. 2001; 10(30):9-13.

Torrie S, Weber JBB. Influence of Low-level laser therapy on the rate of orthodontic movement: a literature review. Photomedicine and Laser Surgery. 2013;31(19):411-421.

Turhani D, Scheriau M, Kapral D, Benesch T, Jonke E, Bantleon HP. Pain relief by single low-level laser irradiation in orthodontic patients undergoing fixed appliance therapy. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006;130(3):371-7.

Vale IS, Bramante CM Visibilidade de algumas limas endodonticas por meio do sistema de imagem digital Digora e de três filmes radiográficos periapicais. Rev Fac Odontol Bauru. 2002;10(1):9-33.

Vasconcelos EC. Estudo histomorfométrico da ação do laser de baixa potência na reabsorção radicular ortodonticamente induzida em ratos [tese]. Bauru(SP): Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo; 2013.

Van Der Stelt PF. Principles of digital imaging. Dent Clin North AM. 2000;44(2):237-48.

Vinck EM, Cagnie BJ, Cornelissen MJ, Declercq HA, Cambier DC. Increased fibroblast proliferation induced by light emitting diode and low power laser irradiation. Lasers Med Sci. 2003 18(2):95-9.

Vitral RWF. O que há de novo na Odontologia — Documentação ortodôntica: novos aspectos de uma antiga preocupação. Dental Press J Orthod, 2011.Jul;16(4):15-8.

Yamasaki K, Miura F, Suda T. Prostaglandin as a mediator of bone resorption induced by experimental tooth movement in rats. J Dent Res. 1980 Oct;59(10):1635-42.

Yamasaki K, Shibata Y, Fukuhara T. The effect of prostaglandins on experimental tooth movement in monkeys (*Macaca fuscata*). J Dent Res. 1982 Dec;61(12):1444-6.

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. 1984;85(6):508-18.

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. 2008;23(1):27-33.

Wenzel A, Grondahl HG. Direct digital radiograph in the dental Office. Int Dent J. 1995 45(1):27-34.

Westphalen VPD, Moraes IG, Westphalen FH. Efficacy of conventional and digital radiographic imaging methods for diagnosis of simulated external root resorption. J Appl Oral Sci. 2004a Apr/Jun;12(2):108-12.

Westphalen VPD, Moraes IG, Westphalen FH, Martins WD, Souza PH. Conventional and digital radiographic methods in the detection of simulated external root resorptions: a comparative study. Dentomaxillofac Radiol. 2004b Jul;33(4):233-5.

Whaites, E. Princípios da radiologia odontológica.4.ed. Porto Alegre: Artmed; 2009:215-20.

Anexos

ANEXO 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a)

Dentes tortos no arco superior e inferior devido à falta de espaço para o correto posicionamento têm como opção de tratamento ortodôntico a extração (“remoção”) dos primeiros pré-molares superiores e inferiores (que são os dentes posicionados após os caninos ou “presas”) que garante espaço para o alinhamento dos dentes.

No caso do seu filho (a), a extração desses dentes (nos arcos dentários superior e inferior, dos lados direito e esquerdo, totalizando quatro extrações) é a opção de tratamento mais adequada. Essas extrações serão realizadas nas dependências da Clínica de Cirurgia do Departamento de Estomatologia da FOB-USP, sem custo ao paciente.

Todo tratamento ortodôntico requer documentação inicial e final. Como nessas documentações constam radiografias é preciso deixá-lo ciente que todo e qualquer exame radiográfico gera certa dose de radiação ionizante para o paciente. A radiação ionizante é uma energia emitida durante a realização dos exames radiográficos e que pode causar alterações celulares prejudiciais ao organismo. Por isso, todas as normas vigentes de proteção radiológica serão rigorosamente seguidas durante a realização dessas radiografias para minimização da dose de radiação ionizante ao qual o (a) seu (sua) filho (a) será submetido (a).

Após a extração dos dentes indicados, serão instalados barra transpalatina no arco superior e arco lingual no arco inferior, a inserção desses dispositivos assegurará que o espaço referente à extração seja utilizado para o correto posicionamento dos dentes anteriores sem perda de espaço pela movimentação dos dentes posteriores para frente durante a mecânica ortodôntica. Em relação à instalação do mini-implante será utilizada anestesia local (próximo da região que se instala o mini-implante) para diminuir o desconforto do paciente durante sua instalação

Após a colocação dos mini-implantes e instalação do aparelho ortodôntico realizaremos a mecânica ortodôntica de retração inicial dos caninos ou “presas” (com duração aproximada de 4 meses). Essa mecânica consiste em levar os caninos superiores e inferiores para ocupar o espaço da extração dos primeiros pré-molares, sendo realizada com ativação de molas. Essas ativações serão realizadas mensalmente e logo após cada ativação se aplicará uma dose de laser de baixa intensidade (4 aplicações no total). A aplicação de uma luz de laser de baixa intensidade (LBI) é amplamente utilizada nas áreas

médica e odontológica. Especificamente na ortodontia o laser é utilizado para diminuição da dor, aceleração do movimento dentário após ativação do aparelho ortodôntico e maior regeneração dos tecidos que envolvem o dente. Esse recurso garante ao paciente, diminuição da sensibilidade dolorosa, do tempo de tratamento ortodôntico e de possíveis efeitos adversos ocasionados pela movimentação ortodôntica nas estruturas de suporte do dente. O laser só será aplicado na região de canino de apenas um dos lados dos arcos dentários superior e inferior. E mensalmente antes da aplicação do laser serão realizadas medições clínicas com um paquímetro digital (instrumento para medir a distância entre os dentes durante a movimentação).

Finalizada a mecânica de retração inicial dos caninos, faz-se necessário que se realize novas radiografias periapicais desses dentes para dar continuidade as etapas subsequentes do tratamento, sendo no total quatro (uma para cada dente retraído). Essas radiografias são indicadas e cruciais nessa fase do tratamento ortodôntico, porque permitem a visualização e avaliação do novo posicionamento dos dentes retraídos (da coroa e da raiz) bem como a sua relação com os dentes vizinhos. As radiografias periapicais serão realizadas nas dependências da Clínica de Radiologia do Departamento de Estomatologia da FOB-USP, sem custo para o paciente.

Todos os pacientes continuarão o tratamento até sua finalização que tem um tempo médio total de 24 meses, podendo diminuir ou se estender em torno de 6 meses. O paciente, portanto, terá que comparecer uma vez por mês na Clínica de Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru para a manutenção do aparelho ortodôntico (e aplicação do laser nos primeiros 4 meses), podendo ser necessário nos dois primeiros meses uma visita a mais no mês devido a instalação do aparelho ortodôntico e do mini-implante.

Pedimos a sua autorização e contamos com a colaboração do seu filho(a) para o tratamento ortodôntico e sua avaliação. O custo para participar da pesquisa refere-se apenas a documentação ortodôntica inicial e final cujo valor médio atual é de R\$ 136,00 cada uma (total de R\$ 272, 00). A responsável por este estudo é a doutoranda Suelen Cristina da Costa Pereira, sob orientação do Professor Arnaldo Pinzan do Departamento de Odontopediatria, Ortodontia e Saúde Coletiva da Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB), que se encontra à disposição para esclarecer quaisquer dúvidas antes e depois da realização desse estudo, Tel. (14) 3235-8335. Em caso de reclamações entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (14) 3235-8356.

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, o senhor _____, portador da cédula de identidade nº _____, após leitura minuciosa do **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E**

ESCLARECIDO, devidamente explicada pelos profissionais em seus mínimos detalhes, ciente dos serviços e procedimentos aos quais será submetido o menor _____, portador da cédula de identidade _____ nascido em ____/____/____ pelo qual é responsável, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e do explicado, firma seu **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO** concordando em permitir a participação do menor da pesquisa proposta. Fica claro que o paciente ou seu representante legal, podem a qualquer momento retirar seu **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO** e deixar de participar do estudo alvo da pesquisa e ciente que todo trabalho realizado torna-se informação confidencial guardada por força do sigilo profissional (Art. 9º do Código de Ética Odontológica).

Por estarem de acordo assinam o presente termo em duas vias, ficando uma de sua posse.

Bauru-SP, _____ de _____ de _____ .

Assinatura do Responsável Legal

Suelen Cristina da Costa Pereira

(Pesquisadora)

Assinatura do menor

ANEXO 2

**Universidade de São Paulo
Faculdade de Odontologia de Bauru****Comitê de Ética em Pesquisa** **Processo nº 009/2012**

Bauru, 5 de abril de 2012.

Senhor Professor,

Informamos que após o envio da documentação solicitada, o projeto de pesquisa encaminhado a este Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, denominado **"Influência do "laser" de baixa intensidade na movimentação ortodôntica - avaliação clínica e radiográfica digital"**, de autoria de Suelen Cristina da Costa Pereira, sob sua orientação foi novamente analisado em reunião realizada no dia **28 de março de 2012**.

O CEP-FOB/USP considerou o projeto APROVADO lembrando que a condição de aprovação da pesquisa propriamente dita exige-o que segue:

- que sejam encaminhados ao CEP-FOB/USP relatórios anuais sobre o andamento da pesquisa (parciais e finais), conforme o cronograma apresentado;
- que sejam notificados ao CEP-FOB/USP, com a devida justificativa, qualquer modificação na metodologia e/ou título e a inclusão ou exclusão de autores;
- na apresentação do relatório final, incluir todos os TCLEs e/ou termos de doação de dentes devidamente assinados e rubricados.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Eládio Augusto Cardoso de Faria
Coordenador

Prof. Dr. Arnaldo Pinzan

Docente do Departamento de Odontopediatria, Ortodontia e Saúde Coletiva

Al. Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 – Bauru-SP – CEP 17012-101 – C.P. 73

e-mail: cep@fob.usp.br -- Fone/FAX (0xx14) 3235-8356<http://www.fob.usp.br>

ANEXO 3

Universidade de São Paulo
Faculdade de Odontologia de Bauru

Comitê de Ética em Pesquisa

Proc. CEP nº 009/2012

Bauru, 11 de julho de 2014.

Senhor Professor,

Em atenção à solicitação para alteração no título da pesquisa anteriormente denominado "*Influência do 'laser' de baixa intensidade na movimentação ortodôntica - avaliação clínica e radiográfica digital*", de autoria de Suelen Cristina da Costa Pereira, para "*INFLUÊNCIA DO 'LASER' DE BAIXA INTENSIDADE NA MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA - AVALIAÇÃO CLÍNICA E RADIOGRÁFICA*", informamos a aprovação, considerando não haver impedimentos éticos.

Lembramos que ao final da pesquisa, os autores deverão enviar um relatório com os resultados obtidos, conforme orientações deste CEP, para análise e parecer.

Atenciosamente,

Profª Drª Izabel Regina Fischer Rubira de Bullen
Coordenadora

Prof. Dr. Arnaldo Pinzan

Docente do Departamento de Odontopediatria, Ortodontia e Saúde Coletiva

Al. Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 – Bauru-SP – CEP 17012-101 – C.P. 73
e-mail: cep@fob.usp.br – Fone/FAX (0xx14) 3235-8356
<http://www.fob.usp.br>