



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**EFEITOS DA IRRADIAÇÃO COM LASER EM BAIXA  
INTENSIDADE NA VELOCIDADE DE DISTALIZAÇÃO  
DE CANINOS DURANTE A MOVIMENTAÇÃO  
ORTODÔNTICA: "ESTUDO CLÍNICO COMPARATIVO"**

**DELMA REBELO CRUZ**

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

Orientador:

Prof. Dr. Niklaus Ursus Wetter

Co-orientador:

Prof. Dr. Edmir Matson

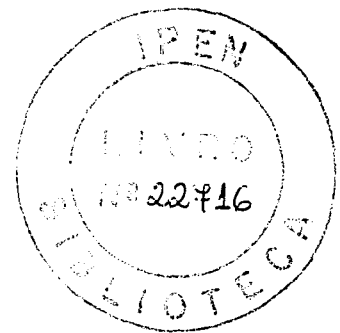
**São Paulo  
2003**



**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**  
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**EFEITOS DA IRRADIAÇÃO COM LASER EM BAIXA INTENSIDADE NA  
VELOCIDADE DE DISTALIZAÇÃO DE CANINOS DURANTE A  
MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA: "ESTUDO CLÍNICO COMPARATIVO"**

**DELMA REBELO CRUZ**



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

Orientador: Prof. Dr. Niklaus Ursus Wetter

Co-orientador: Prof. Dr. Edmir Matson

**SÃO PAULO**

**2003**

**DEDICATÓRIA**

*Ao meu PAI (in memoriam) e à minha MÃE.*

*A Deus, expressão suprema de sabedoria.*

*À minha família, JOSÉ LUIZ (esposo), pelos constantes incentivos e aos  
nossos filhos DANIEL, RODRIGO E ANDREZA, pela paciência e  
compreensão.*

**AGRADECIMENTOS**

**AOS PROFESSORES ORIENTADORES Dr. NIKLAUS URSUS WETTER e Dr. EDMIR MATSON, por terem me conduzido neste trabalho.**

**AOS PROFESSORES DO MESTRADO PROFISSIONALIZANTE DA FOU SP E DO IPEN, pela atenção, disponibilidade e transmissão do conhecimento.**

**AO PROFESSOR Dr. CARLOS DE PAULA EDUARDO, pela sua luta incessante.**

**À PROFESSORA SOLANGE FANTINI, pela enorme atenção e cooperação.**

**ÀS AMIGAS ROSELY CORDON e Dra. EONICE GLAZA, pelo companheirismo no decorrer do curso e pela ajuda de todas as horas.**

**À AMIGA SHIRLEY CORTES, pelo socorro nos textos.**

**AO AMIGO ALEXANDRE MAGNO, por suas valiosas considerações sobre esta pesquisa.**

**AOS PACIENTES, que foram de fundamental importância para realização desse trabalho.**

**A todos que de alguma forma colaboraram na realização dessa pesquisa.**

**EFEITOS DA IRRADIAÇÃO COM LASER EM BAIXA INTENSIDADE NA  
VELOCIDADE DE DISTALIZAÇÃO DE CANINOS DURANTE A  
MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA: "ESTUDO CLÍNICO COMPARATIVO"**

**Delma Rebelo Cruz**

**RESUMO**

Nesta pesquisa foi analisado o efeito do laser em baixa intensidade na alteração da velocidade de distalização de caninos durante o movimento ortodôntico utilizando laser diodo de GaAlAs ( $\lambda=780\text{nm}$ ), emissão infravermelho. Onze pacientes foram selecionados, dos quais os caninos de um lado no arco superior foram considerados controle (V2), não sendo irradiados, foram feitas apenas ativações mecânicas a cada trinta dias. Do lado oposto no arco superior (V1), além das ativações mensais, os caninos receberam irradiações nos dias 0, 3, 7 e 14. Foram feitas 10 irradiações na mucosa gengival do canino (5 na face vestibular e 5 na face palatal), da seguinte maneira: região mesial e distal do terço cervical, região mesial e distal do terço apical e uma na região central no terço médio, com dose de  $5 \text{ J/cm}^2$ . Afim de verificar a velocidade de deslocamento dos caninos foram realizadas medidas nos dias 0, 3, 7, 14, 21 e 30. O tratamento durou dois meses. Comparações biométricas foram realizadas ao final do tratamento. Concluiu-se que os caninos do lado irradiado dos 11 pacientes, todos, apresentaram aumento na velocidade de distalização durante a movimentação ortodôntica, quando comparado com o lado controle.

**EFFECTS OF LOW-ENERGY LASER IRRADIATION ON THE DISTALIZATION  
VELOCITY DURING EXPERIMENTAL CANINE TOOTH MOVEMENT IN  
HUMANS: "COMPARATIVE CLINICAL STUDY"**

**Delma Rebelo Cruz**

**ABSTRACT**

This research investigated the effects of low level laser therapy (LILT) upon the velocity of canine tooth movement and consequently bone remodeling. A total of eleven patients were treated with a 780 nm diode laser. One side of the upper arcade was considered control group and was not irradiated but received mechanical activation every thirty days. The opposite side received the same mechanical activation but was also irradiated at days 0, 3, 7 and 14 of each month. Data of the biometrical progress were taken on both sides on days 3,7,14,21 and 30 of each month. The results indicate that all patients showed significant acceleration of the distalization velocity on the side treated with LILT when compared to the control.

## LISTA DE ABREVIATURAS

### Acrogramas

**LASER:** L(ight) A(mplification) by S(timulated) E(mission) of R(adiation);  
amplificação da luz por emissão estimulada de radiação.

**LILT:** L(ow) I(ntensity) L(aser) T(herapy); terapia com laser em baixa intensidade.

### Biologia

**ATP:** A(denosine) T(ri) P(hosphate), adenosina trifosfato

**PGs:** prostaglandina

**AMPc:** A(denosine) M(ono) P(hosphate), adenosina monofosfato cíclico

**NiTi:** Níquel-Titânio

### Física

$\lambda$ : comprimento de onda

$\mu\text{m}$ : micrometro

$\text{cm}$ : centímetro

$F = k\Delta x$

$\text{g}$ : grama

**GaAlAs:** galium aluminium arsenide, arseneto de gálio e alumínio

$\text{gf}$ : grama força

$\text{J}$ : joule

$\text{mm}$ : milímetro

$\text{mW}$ : miliwatt

$\text{nm}$ : nanometro

$\text{P}$ : potência

$\text{s}$ : segundo

$\text{t}$ : tempo

$v = \text{deslocamento/tempo}$

$\text{W}$ : watt

**SUMÁRIO**

<b>DEDICATÓRIA</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>II</b>
<b>RESUMO</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	<b>V</b>
<b>SUMÁRIO</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>2</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>5</b>
3.1. Resposta Tissular Decorrente da Aplicação de Força Ortodôntica	5
3.2. Fatores que aceleram	9
3.3. Laser em Baixa Intensidade	10
3.3.1. Diferença da Ação entre Luz Laser Visível e Infravermelha	12
3.4. Atuação da Terapia com Laser em Baixa Intensidade	13
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>16</b>
4.1. Mecânica Ortodôntica	17
4.2. Registro das Medidas	20
4.3. Condições da Irradiação Laser	21
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>23</b>
5.1. Análise Estatística	31
5.2. Análise Radiográfica	31
<b>6. DISCUSSÃO</b>	<b>33</b>
<b>7. CONCLUSÃO</b>	<b>36</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>37</b>
<b>9. REFERÊNCIAS ADICIONAIS RECOMENDADAS</b>	<b>39</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Os principais objetivos do tratamento ortodôntico são alcançar uma correta função do sistema estomatognático, estética facial e estabilidade final do tratamento.

Para proporcionar o restabelecimento funcional e estético da oclusão, o ortodontista deve conhecer a anatomia do periodonto, bem como, entender as alterações tissulares que ocorrem quando são aplicadas as forças necessárias para corrigir a má oclusão. As estruturas de suporte dos dentes são coletivamente chamadas de periodonto e incluem: a gengiva, o ligamento periodontal, o cemento e o osso alveolar.

Estão presentes ainda os osteoblastos e osteoclastos, tanto no revestimento do osso cortical como nas lamelas centrais, os osteócitos na intimidade da estrutura e na vascularização e inervação característica do tecido ósseo. O osso alveolar, como os outros ossos em geral, apresenta como particularidade histofuncional sua excepcional plasticidade. Devido a ela, o osso alveolar está continuamente submetido aos fenômenos de formação (via osteoblastos) e de reabsorção óssea (via osteoclastos).

Evidentemente, estes dois processos devem existir dentro de um equilíbrio compatível com as funções que o osso desempenha, pois caso contrário, poderá ocorrer um quadro de natureza patológica.

Assim sendo, através destes mecanismos de formação e reabsorção, o osso alveolar está se remodelando externa e internamente, segundo os estímulos que recebe.

De modo geral, o osso alveolar, propriamente dito, possui um comportamento diferencial, segundo o lado submetido à pressão ou tração, o mesmo ocorrendo com o osso de sustentação.

É graças ao periodonto (cemento – ligamento periodontal – osso alveolar) que se torna possível, através da técnica ortodôntica, realizar a movimentação dentária.

Dos três componentes do periodonto, o ligamento periodontal e o osso alveolar estão mais envolvidos no fenômeno, embora o cemento também dele participe.

Em tratamento ortodôntico, o movimento dental está relacionado com a resposta a forças ortodônticas aplicadas, as quais causam remodelação dos tecidos osso alveolar e ligamento periodontal. O típico período de tratamento de dois, três anos ou mais é fatigante para os pacientes, sendo assim, importante acelerar a remodelagem óssea alveolar para abreviar o tempo do tratamento.

Considerando-se que a movimentação dentária ocorre por alterações no osso alveolar e ligamento periodontal, que são responsáveis pela movimentação dos dentes e que esses tecidos apresentam grande quantidade de fibras colágenas e componentes celulares, julgou-se importante avaliar a ação clínica do laser em baixa intensidade no processo de distalização de caninos, durante a movimentação dentária, pela possibilidade de abreviar o tempo de tratamento.

## 2. OBJETIVOS

A proposta deste estudo clínico foi analisar os efeitos da irradiação com laser de diodo de GaAlAs ( $\lambda=780\text{nm}$ ) em baixa intensidade na alteração da velocidade de distalização de caninos durante movimentação ortodôntica viabilizado por uma resposta tecidual sadia.

Comparações biométricas foram realizadas em onze pacientes, onde o canino de um hemiarco foi irradiado e do outro, não irradiado, foi controle.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

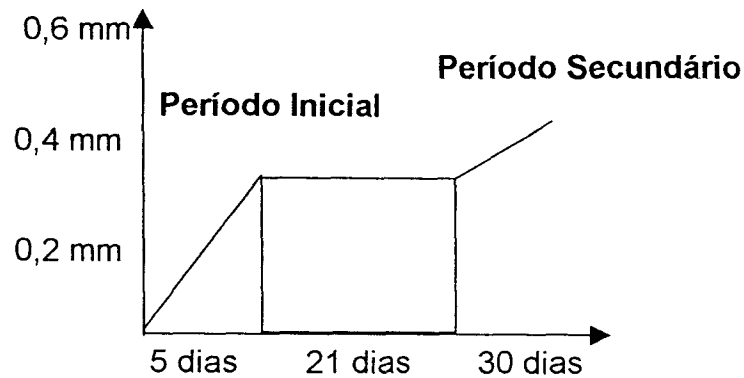
#### 3.1. Resposta Tissular Decorrente da Aplicação de Força Ortodôntica

O tratamento ortodôntico é baseado no princípio do movimento dentário, ou seja, se uma força prolongada é aplicada em um dente, fatalmente ocorrerá o seu deslocamento.

Segundo REITAN<sup>1</sup>, *reações tissulares* relacionadas à ortodontia indicam tradicionalmente trocas histológicas ocorridas no ligamento periodontal, e particularmente, no osso alveolar em torno de um dente que tenha sido movimentado ortodonticamente. Num sentido mais amplo, o termo *reações tissulares* abrange modificações gengivais ocorridas também no tecido mole adjacente ao processo alveolar, ou correspondente ao espaço percorrido pelo dente que foi movimentado. O efeito é tipicamente observado quando um canino superior é retraído, onde o movimento de distalização dura em torno de 7 a 9 semanas. Após o início do movimento dentário o dente experimental está separado dos dentes anteriores. Ao redor de 9 a 13 semanas do início do movimento, dá-se o fim do movimento dentário onde há exposição da superfície mesial do canino à cavidade bucal. A região distal ao dente entra em contato com o pré-molar.

A partir da aplicação de forças compatíveis com a manutenção histofuncional das zonas submetidas às pressões mecânicas, pode-se deduzir que três etapas (fases) principais ocorrem na movimentação ortodôntica.

A primeira ocorre durante os três primeiros dias de aplicação da força, onde o periodonto realiza uma autêntica "acomodação" à nova situação funcional. Há uma compressão gradual do ligamento periodontal podendo durar de 4 a 7 dias. A segunda ocorre nas duas ou três semanas posteriores, em que a reabsorção óssea é ativada e inúmeras situações histofuncionais ocorrem no periodonto. A terceira (fase secundária) é caracterizada por uma total ativação do sistema periodontal sendo facilmente reconhecida pela fase de grande movimento do dente<sup>1</sup>.



*Figura 1: A duração do movimento divide-se em período inicial e secundário. O movimento dentário que ocorre depois da hialinização denomina-se período secundário. Nesse período o ligamento periodontal é consideravelmente alargado.*

O ligamento periodontal tem freqüentemente 0,25 mm de espessura ou menos, e num primeiro momento suas fibras serão comprimidas entre a raiz e a superfície óssea. A compressão promoverá a migração das células do ligamento periodontal nesta área, resultando em uma parada do movimento dentário, pois o dente não se moverá até que o osso subjacente ao tecido hialinizado tenha sido eliminado pela absorção solapante. A esta aparência histológica de desaparecimento das células, a área avascular é tradicionalmente chamada de hialinizada. Devido a duração desta absorção ser aproximadamente proporcional à extensão da zona hialinizada, é de fundamental importância aplicar forças iniciais de forma que previna-se a formação de áreas acelulares excessivamente extensas.

PROFFIT<sup>2</sup> afirma que forças pesadas são capazes de ocluir totalmente os vasos sanguíneos e interromper o suprimento em determinadas áreas do ligamento periodontal. Quando isto acontece, inicia-se uma necrose estéril nesta área. As células, das áreas adjacentes ao local comprimido, são estimuladas para se transformarem em osteoclastos, fazendo com que a remodelação do osso adjacente à área necrótica seja efetuada por células oriundas das áreas adjacentes não danificadas.

Após um atraso de vários dias, elementos celulares das áreas adjacentes não danificadas do ligamento periodontal começam a invadir a área

hialinizada. O mais importante é que osteoclastos aparecem nos espaços medulares adjacentes e começam um ataque por baixo do osso, imediatamente abaixo da área necrótica do ligamento periodontal. Este processo, já mencionado anteriormente como absorção solapante, ataca a área abaixo da lâmina dura.

Quando a hialinização e a absorção solapante acontecem, há um inevitável atraso na estimulação da diferenciação das células nos espaços medulares e, secundariamente, por causa da considerável espessura de osso que necessita ser removido por baixo, para que o movimento dentário possa acontecer.

Para PROFFIT<sup>2</sup>, quando uma força leve e prolongada é aplicada a um dente, o fluxo sanguíneo através do ligamento periodontal, parcialmente comprimido, diminui. O fluido é enviado para fora do espaço periodontal e o dente movimenta-se dentro do alvéolo. Dentro de poucas horas, a mudança resultante no ambiente químico produz um padrão diferente de atividade celular.

REITAN<sup>1</sup> afirma que áreas de hialinização deverão ocorrer, mesmo com a utilização de forças leves, pois acredita que a hialinização é causada, em parte, por fatores anatômicos e em parte por fatores mecânicos. Um dos fatores anatômicos é a forma e contorno da superfície óssea. Existindo fissuras e espaços medulares abertos é provável que exista um curto período de hialinização. Deve-se salientar que áreas hialinizadas geradas por forças leves são muito pequenas, e tendem a não ultrapassar 1 a 2 mm<sup>2</sup>.

STOREY e SMITH<sup>3</sup> foram os primeiros a chamar a atenção dos ortodontistas sobre forças ótimas quando da retração de um canino. De acordo com estes autores, as variações de força que produzirão uma taxa máxima do movimento dos caninos, dando uma resposta biológica máxima se estende, aproximadamente, de 150 a 250 gf.

Em condições ideais, o osso pode ser reabsorvido até 100 micrometros por dia, o que corresponde a uma média de movimento de 3 mm por mês. Isso está muito acima do que se consegue com os métodos clínicos disponíveis, o que evidencia uma grande diferença entre a eficiência clínica atual e o potencial biológico de resposta possível.

Considerando que o tipo de movimento dentário desejável é aquele promovido por forças leves e constantes, as novas ligas de níquel-titânio, conhecidas como *niti*, representam um recente avanço em ortodontia, pois

possuem uma elasticidade bastante elevada e podem ser amplamente defletidas sem sofrer deformação permanente devido possuírem baixo módulo de elasticidade. Esta elasticidade é muito útil quando se necessita de grandes deflexões, com liberação de forças leves e constantes. Esta liga pode apresentar "memória de forma", ou seja, habilidade de retornar a sua forma original.

Como a força é sempre maior do que a pressão capilar no início do movimento dentário, constantemente se observam áreas de hialinização e conseqüentemente, reabsorções solapantes (reabsorções minantes). Isso acontece como resultado da compressão do periodonto, excedendo os limiares de tolerância biológica. Entretanto, com um controle adequado dos níveis de força pode-se evitar que isto também aconteça nas fases subseqüentes. Estes cuidados resultariam numa movimentação ortodôntica mais fisiológica do que aquela com rompimento inicial da homeostase dos tecidos periodontais, principalmente quando ligas com alta proporção de carga/deflexão são utilizadas, como é o caso do aço inoxidável.

Embora a seqüência de eventos que ocorre após a aplicação de uma força ortodôntica seja relativamente bem conhecida, os mecanismos pelos quais os sinais mecânicos são transformados em atividades biológicas permanecem ainda não totalmente esclarecidos.

Dentre os fatores que influenciam o mecanismo da movimentação dentária, destaca-se o efeito piezoelétrico do osso, a liberação de prostaglandina e a reação inflamatória provocada pela injúria aos tecidos do ligamento periodontal. O efeito da pressão ou tensão sobre o osso, durante a movimentação, e sua capacidade de liberar cargas elétricas (efeito piezoelétrico), é de fundamental importância no desencadeamento da seqüência de alterações teciduais.

MOSTAFA<sup>4</sup> e colaboradores explicaram os fatores que estão envolvidos no movimento dentário. A força ortodôntica inicialmente aplicada provoca alteração na espessura do ligamento periodontal e uma deformação no osso, que gera mudança de polarização elétrica ao nível de membranas celulares. Os autores destacaram que os trabalhos têm mostrado que áreas onde predominam osteoblastos são eletronegativas e áreas positivas ou neutras são caracterizadas por elevado número de osteoclastos. Eles propõem dois caminhos para a resposta tecidual, que correm paralelamente e ao mesmo tempo. A

hipótese de ação número I está relacionada com a polarização bioelétrica dos tecidos e com a produção de prostaglandina que age sobre a superfície da membrana celular, gerando mudanças ao nível de adenosina monofostato cíclica (AMP cíclico). A ação do AMP cíclico não é totalmente conhecida, mas está relacionada com a proliferação, diferenciação e ativação celular. Como hipótese número II de resposta tecidual à formação ortodôntica, teríamos a reação inflamatória clássica, com a presença de linfócitos, monócitos e macrófagos, os quais invadem os tecidos agredidos. A reação inflamatória promove o aumento no nível de prostaglandina que, por sua vez, aumenta o AMP cíclico celular, além da liberação de enzima hidrolítica. Os autores concluíram que a reação inflamatória é responsável pela movimentação ortodôntica como coadjuvante no processo, mas que a conversão da resposta piezoelétrica para atividade bioquímica é quem promove o controle direcional do movimento ortodôntico. Numa perspectiva mais atual, uma força ortodôntica estimula estas vias concomitantemente.

### **3.2. Fatores que Aceleram**

Autores<sup>5,6</sup> sugerem que a administração de prostaglandina associada à movimentação dentária induz à mais rápida remodelação óssea e ao aumento da velocidade do movimento dentário, sem causar danos aos tecidos periodontais ao redor do dente.

YAMASAKI<sup>6</sup> e colaboradores repetiram seus experimentos em 9 jovens que necessitavam de tratamento ortodôntico com extração dos primeiros pré-molares. Esses dentes foram utilizados para avaliar a quantidade de movimento em um determinado intervalo de tempo. O aparelho instalado em cada paciente foi um arco palatino com duas molas digitais exercendo uma força de 100 gramas para vestibular. Após a extração dos pré-molares foram utilizados os caninos durante a fase de retração. Em uma terceira fase, os autores utilizaram mais oito casos com extração dos primeiros pré-molares e avaliaram novamente a retração dos caninos. Foram administrados na gengiva, próxima à área dos movimentos, 10 miligramas de prostaglandina no lado direito e no lado esquerdo (controle) foi injetado apenas lidocaína. Após a análise quantitativa dos movimentos dentários e durante as fases de experimento, os autores concluíram que a injeção local de prostaglandina foi efetiva, podendo ser utilizada clinicamente, pois ocorreu o



dobro do movimento dentário quando comparado com o grupo controle. As evidências clínicas e radiográficas demonstraram que nenhum efeito danoso foi observado no tecido periodontal.

Com o objetivo de avaliar os efeitos da descarga elétrica nos tecidos periodontais, DAVIDOVITCH<sup>7</sup> e co-autores desenvolveram uma pesquisa em gatos onde aplicaram uma corrente elétrica de 15 microamperes diretamente no tecido gengival, próximo aos caninos superiores. Seus resultados sugerem que o estímulo elétrico aumenta a atividade enzimática celular dos tecidos periodontais, acelerando a atividade óssea alveolar.

No mesmo ano, os autores repetiram o experimento alterando o tempo de aplicação da força para 14 dias e concluíram que o movimento dentário pode ser acelerado pelo uso de corrente elétrica aplicada próximo ao local do movimento.

KAWASAKI<sup>8</sup> e colaboradores citam que os fatores que atuam no remodelamento ósseo, decorrentes da aplicação de forças ortodônticas, têm influenciado vários estudiosos a pesquisarem mecanismos que possam aumentar a quantidade de movimento ortodôntico como, por exemplo, o uso local de hormônio da paratireóide, administração de prostaglandinas, aplicação de corrente elétrica e técnicas não invasivas, como ultra-som e mais recentemente, laser em baixa intensidade.

As vantagens do uso do laser em lugar dos outros tipos de tratamento se dá devido a sua ação não invasiva e não ionizante. Os lasers podem levar uma grande densidade de energia (fluência) aos tecidos ( $J/cm^2$ ) através de fibras ópticas e com comprimentos de onda específicos<sup>9</sup>.

Todavia, o conhecimento da tecnologia laser se faz necessário para o entendimento da dinâmica do laser em baixa intensidade nos tecidos biológicos.

### **3.3. Laser em Baixa Intensidade**

Terminologia para o laser operando em baixa intensidade, incluindo os de baixa potência, *soft laser* (laser macio), *mid laser* (laser médio) ou *low energy laser* (laser de baixa energia), bem como *cold laser* (laser frio). Terapia LILT é a nova designação aceita internacionalmente, sendo definida como tratamento laser no qual a saída de energia é suficientemente baixa, de modo a não causar uma

elevação na temperatura (do tecido tratado) que ultrapasse  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ou temperatura normal do corpo. Devido à sua saída mais baixa de energia e intensidade, seus efeitos são principalmente não-térmicos e bioestimulantes.

A transmissão do laser através do tecido é altamente específica ao comprimento de onda, sendo ótima na janela óptica de 500 a 1200 nm. O comprimento de onda de 780 nm, do laser de diodo de (GaAsAl), está nesta janela óptica e tem demonstrado possuir a maior penetração em tecido quando comparado com outros sistemas laser<sup>8,10,17</sup>.

### Absorção óptica dos principais componentes dos tecidos biológicos

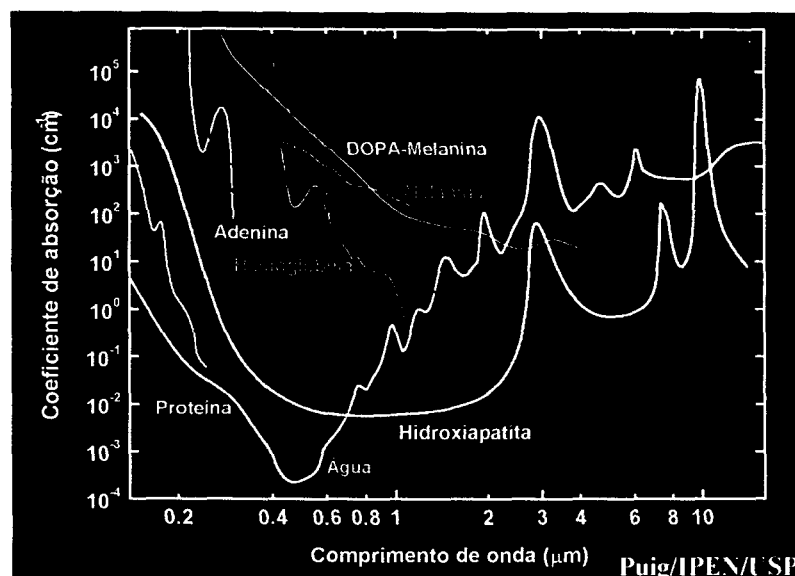


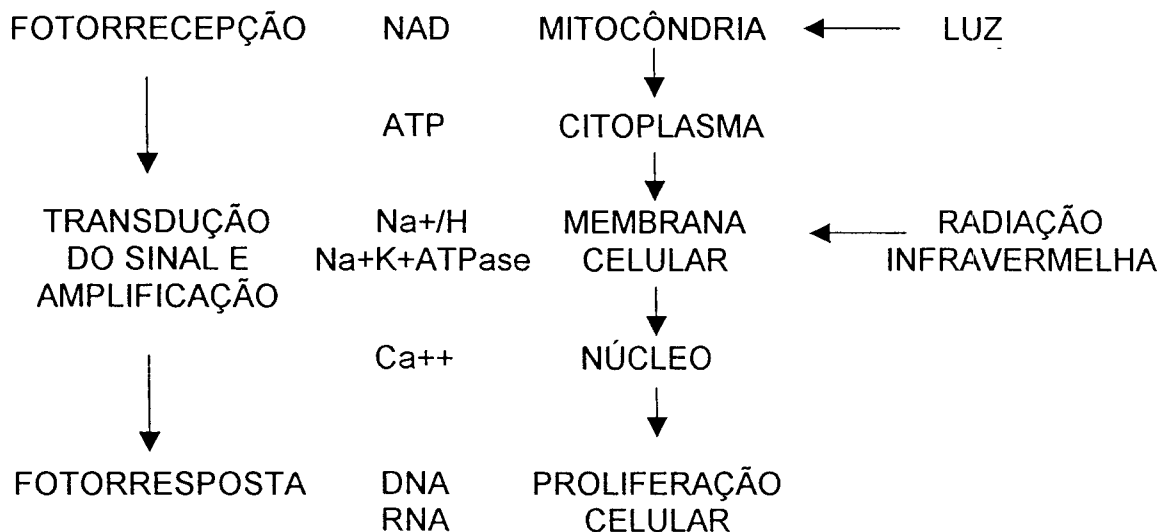
Figura 2: Absorção óptica dos principais componentes dos tecidos biológicos.

As ações de cada comprimento de onda variam segundo sua posição ocupada no espectro de radiações eletromagnéticas e a ação sobre as células é diferente para os comprimentos de onda infravermelhos e para os visíveis. Porém, a resposta clínica não varia intensamente<sup>11</sup>.

### 3.3.1. Diferença da Ação entre Luz Laser Visível e Infravermelha

A energia dos fótons de uma radiação laser absorvida por uma célula será transformada em energia bioquímica e utilizada em sua cadeia respiratória.

KARU<sup>11</sup> descreveu pela primeira vez um mecanismo de ação diferente para os lasers emitindo radiação na região do visível e do infravermelho próximo. As organelas não absorvem luz infravermelha, apenas as membranas apresentam resposta a este estímulo. Os incrementos de ATP mitocondrial, produzidos após a irradiação com laser, favorecem um grande número de reações que interferem no metabolismo celular (figura 3).



*Figura 3: Modelo de KARU modificado por SMITH para a modulação de sistemas biológicos através da LILT, traduzido por RIBEIRO<sup>12</sup>. Ação fotoquímica do laser visível na cadeia redox da mitocôndria. Ação fotofísica do laser infravermelho na membrana celular. Ambos desencadeiam uma resposta celular, que gera uma cascata bioquímica de reações.*

Para se entender como são os efeitos biológicos da terapia laser em baixa intensidade é indispensável o conhecimento da maneira como a energia laser é absorvida pelos tecidos. A identidade dos fotorreceptores responsáveis pelos efeitos biológicos do laser em baixa intensidade não são claramente descritos. Estudos sugerem que tanto os elementos do sistema mitocondrial como

as porfirinas endógenas presentes nas células sejam os cromóforos absorvedores de energia na terapia laser em baixa intensidade.

Quando utilizamos laser estamos lidando com energia e é fundamental conhecermos algumas medidas físicas:

- *Intensidade e Fluência*

Intensidade é o termo que os fotobiologistas usam como sinônimo para densidade de potência, que é definida como sendo a potência óptica de saída do laser, em watts, dividida pela área irradiada, em  $\text{cm}^2$ . É através do controle da intensidade que o cirurgião pode cortar, vaporizar, coagular ou "soldar" o tecido quando utiliza lasers cirúrgicos. A densidade de potência apropriada pode também gerar fotoativação com laser de baixa potência.

$$I (\text{intensidade}) = \frac{P(W)}{A(\text{cm}^2)}$$

Outro fator sobre o qual o clínico tem controle é o tempo de exposição. Multiplicando a intensidade pelo tempo de exposição, em segundos, pode-se obter a fluência ou densidade de energia, em  $\text{J}/\text{cm}^2$ .

$$F (\text{fluência}) = \frac{P(W)t(s)}{A(\text{cm}^2)} = \frac{\text{Energia}(J)}{A(\text{cm}^2)}$$

### 3.4. Atuação da Terapia com Laser em Baixa Intensidade

A utilização do laser operando em baixa intensidade tem sido estudada desde os anos 60, sendo MESTER<sup>13</sup> um dos pioneiros em demonstrar seus efeitos na reparação tecidual.

Os efeitos terapêuticos dos lasers sobre os diferentes tecidos biológicos são muito amplos, induzindo desde efeitos trófico-regenerativos até antiinflamatórios e analgésicos, os quais são demonstrados em estudos tanto *in vitro* como *in vivo*.

Os efeitos dos lasers em baixa intensidade, nos tecidos biológicos, podem ser assim esquematizados:

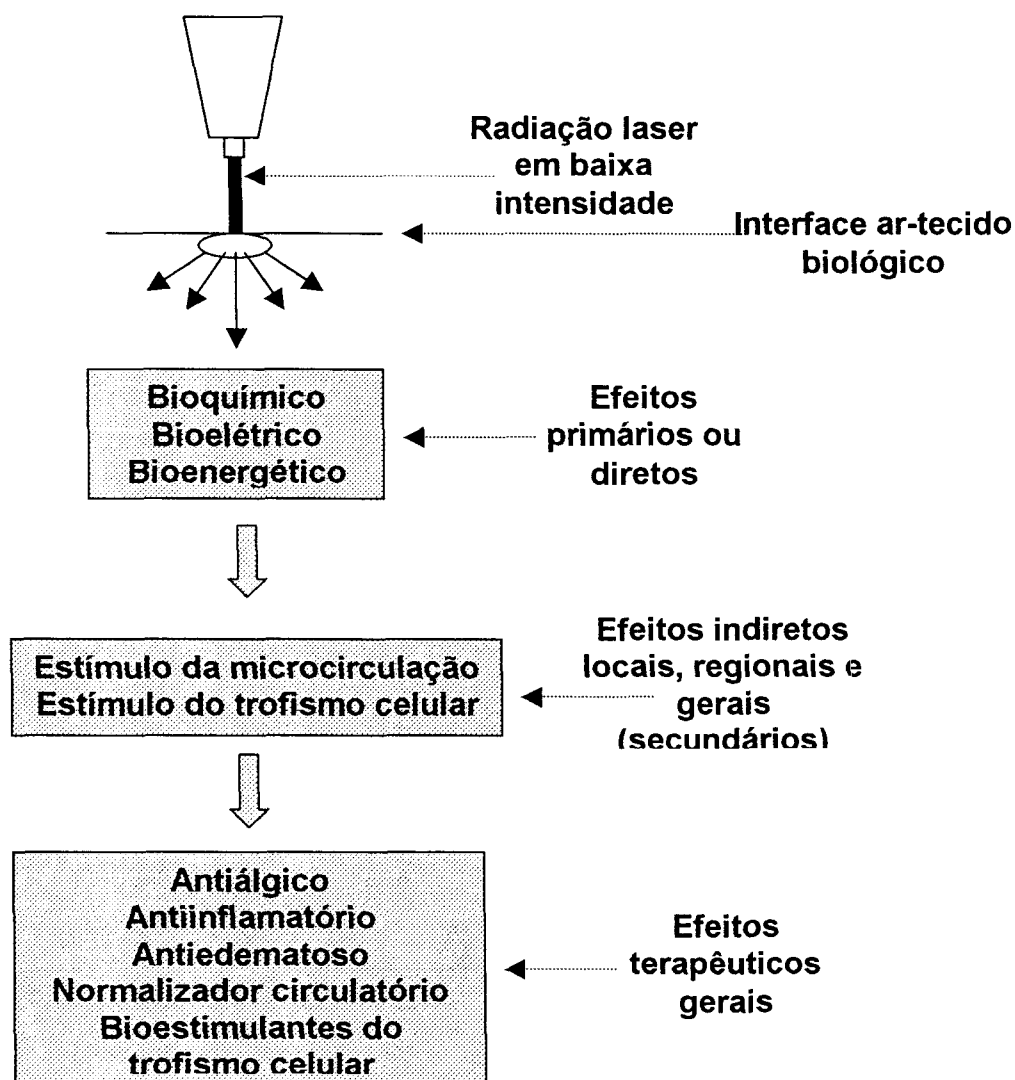


Figura 4: Quadro geral sintetizado da ação dos lasers em baixa intensidade nos tecidos biológicos.

Na clínica odontológica há grande número de aplicações e o uso dessa terapia já se faz rotineira para bioestimulação óssea em casos de implantes e cirurgia oral menor, diminuindo a dor e o edema nos casos de pós-operatórios diversos, úlcera aftosa recorrente, herpes, nevralgias e hipersensibilidades dentinárias, além de ativar a recuperação em quadros de paralisias e parestesias<sup>14</sup>.

Não é necessário irradiar toda a lesão com feixe laser para se obter os efeitos desejados, sugerindo que o efeito do laser em baixa intensidade pode

ocorrer à distância, porque pode ser transmitido através de substâncias humorais que se originam na região submetida à irradiação<sup>13</sup>.

A dosagem do laser em baixa intensidade depende de vários fatores: da potência, da frequência, da área do spot, da distância do feixe até a área a ser irradiada, bem como do tecido a ser irradiado e sua área, em cm<sup>2</sup>, e do tempo de exposição, em segundos<sup>15</sup>.

Os efeitos demonstrados levam ao aumento da microcirculação local, aumento da drenagem linfática, proliferação de células e fibroblastos, levando ao aumento na síntese de colágeno<sup>16</sup>.

A irradiação em baixa intensidade pode acelerar a regeneração óssea em procedimentos de expansão rápida da sutura palatina em ratos, sendo este efeito dependente não somente da dose total da irradiação, mas também do período e frequência<sup>17</sup>. Os autores relatam em seu trabalho que o laser em baixa intensidade acelera regeneração óssea 1,4 vezes nos bordos ósseos da sutura, sendo mais efetivo no período inicial.

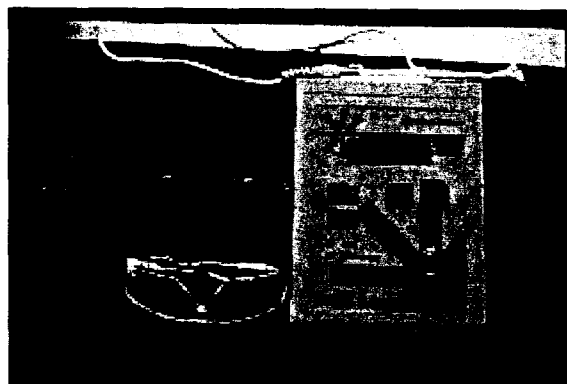
Pesquisas indicam que o laser em baixa intensidade pode agir de duas maneiras na estimulação de formação óssea. Na primeira, estimulando a proliferação celular, especialmente em células formadoras de nódulos da linhagem dos osteoblastos, e na segunda, estimulando a diferenciação celular, resultando em um aumento no número de osteoblastos mais diferenciados, aumentando, também, a formação óssea<sup>18</sup>.

Efeitos da irradiação laser em baixa intensidade, em osso, na remodelação durante movimento de dente foram experimentalmente testados em ratos. Os resultados sugerem que grupos irradiados tiveram quantia de movimento de dente significativamente maior (1,3 vezes mais), bem como quantia de formação de osso e taxa de proliferação celular, no lado de tensão, e número de osteoclastos, no lado de pressão, aumentados quando comparados com o grupo não irradiado<sup>8</sup>.

O presente estudo foi elaborado com base nos estudos de SAITO<sup>17</sup> e colaboradores e KAWASAKI<sup>8</sup> e co-autores, os quais utilizaram a irradiação laser em baixa intensidade com finalidade de verificar a aceleração de formação de osteoblastos na remodelação óssea.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O equipamento em baixa intensidade escolhido foi um diodo semiconductor de GaAlAs (Twin laser da MM Optics , São Carlos-Brasil), de classe 3b que emite no infravermelho próximo com um comprimento de onda de 780 nm e potência máxima de 70 mW (figura 5).



*Figura 5: Twin Laser da MM Optics utilizado para tratar os pacientes.*

O sistema de entrega do feixe se dá por uma ponteira cilíndrica, cuja área do feixe laser na saída da ponteira em cristal de quartzo é de aproximadamente 4 mm<sup>2</sup>. O tipo de emissão é contínua e a forma de aplicação foi realizada contatando a gengiva para alcançar o tecido alvo, o osso, de modo pontual.

De acordo com a literatura, o laser de GaAlAs apresenta potencial terapêutico para tratamento onde se deseja atingir regiões mais profundas, tendo sido por esta razão o laser escolhido na realização deste trabalho.

Para realizar o presente estudo foram selecionados 11 pacientes leucodermos, sendo 8 masculinos e 3 femininos na faixa etária de 12 a 18 anos em clínica particular - Clínica Cenarium localizada em Florianópolis, SC - todos com indicação clínica de extração dos primeiros pré-molares por não haver espaço para um completo alinhamento e nivelamento dos dentes ou por serem pacientes biprotusos. Para se chegar a esse diagnóstico foram solicitadas documentação ortodôntica básica (fotos, modelo de estudo, radiografia

cefalométrica, panorâmica, raio-X periapical da região envolvida no presente estudo).

Foram observados os seguintes critérios: estarem aparentemente bem nutridos, não apresentarem doenças sistêmicas e não estarem tomando antibiótico, antiinflamatório e/ou analgésico durante o período de realização do presente estudo, para não mascarar a movimentação.

O critério de seleção constituiu-se por um termo de consentimento por escrito por parte do responsável pelo paciente, comprometendo-se em retornar para avaliação de documentação e também em cumprir as regras impostas pela metodologia da pesquisa.

Os pacientes foram informados em relação aos riscos e benefícios dos procedimentos a serem realizados na pesquisa referente ao efeito terapêutico da irradiação com laser de GaAIs em termo de consentimento livre e esclarecido de acordo com as normas do Comitê Institucional de Ética em Pesquisa em seres Humanos da FOU SP e do IPEN, pelo qual este trabalho foi submetido à avaliação.

#### **4.1. Mecânica Ortodôntica**

Os onze pacientes foram submetidos à extração bilateral dos primeiros pré-molares superiores (maxila) e instalação de aparelho ortodôntico fixo total para fechamento dos espaços, com finalidade de restaurar oclusão ideal e estética facial. O aparelho ortodôntico foi confeccionado com *brackets* de canino direito a esquerdo tipo *Roth* (slot 0.22 x 0.28), marca *MORELLI*. Arco tipo Botão de Nance modificado nos segundos pré-molares e barra transpalatina nos primeiros molares cimentados com *Fluoride Glass Ionomer Cement*, da *Precedent* a fim de dar ancoragem no segmento posterior no momento da ativação de distalização dos caninos (figura 6).



O material para colagem dos *brackets* foi o *Light Bond* da *Reliance Ortho Products*.



*Figura 6: Aparelho ortodôntico.*

Após as exodontias e a fase de alinhamento e nivelamento com fios seqüenciais de *niti* (0,12; 0,14; 0,16) e de aço (0,18; 0,20) e finalmente com o arco 17 x 25, foi realizada a ativação de distalização dos caninos nos dias 0, 30 e 60, feita com uma mola fechada de *niti* 12 mm, da *Abzil*, presa na distal de canino a mesial de primeiro molar direito e esquerdo da maxila, com força de 150 gf, segundo a literatura<sup>5</sup>, conferida a cada ativação com um dinamômetro ortodôntico marca *MORELLI*. As ativações ortodônticas nos caninos foram realizadas tanto do lado irradiado (V1), quanto do lado não irradiado (V2), nos dias 0, 30 e 60 (figura 7).



*Figura 7: Ativação de 150 gf com mola de niti conferida com dinamômetro ortodôntico, marca MORELLI.*

Esta mola de espiral fechada, em *niti*, foi projetada para aumentar lentamente a força à medida que a mola é estendida para exercer a força ideal necessária e retornar sem deformação permanente ao seu comprimento original (figura 8). Estas molas estão disponíveis com orifícios de aço inoxidável que se unem a cada extremidade da mola de fechamento (espiral fechado) de força ajustável. Isto permite que se prenda facilmente a uma alça de *bracket*, gancho deslizante e gancho de tubo vestibular.



*Figura 8: Mola de niti.*

A mola aplicada no estudo possui uma constante de força  $k = 12,5$  gf/mm. Este dado nos permite, através da fórmula  $F = k \cdot \Delta x$ , calcular o valor da força aplicada a cada deslocamento do dente (tabela 1).

*Tabela 1: Força aplicada em cada deslocamento provocado no dente.*

$\Delta x$ (mm)	Força (gf)	Deslocamento (mm)
12	150	0
11	137,5	-1
10	125	-2
9	112,5	-3
8	100	-4

#### 4.2. Registro das Medidas

A extensão do deslocamento foi considerado como sendo a diminuição da distância entre os caninos e os molares, e foi estabelecida através de um paquímetro digital, marca *Starrett*, medindo a distância entre a distal do *slot* do *bracket* do canino à mesial do *slot* do primeiro molar de ambos os lados (figura 9).



Figura 9: Medições realizadas "in loco".

As medições foram realizadas *in loco* e transcritas para o quadro 1, especialmente idealizado para este fim, durante os dois meses da experiência.

No lado irradiado (V1), logo após feitas as medição do espaço, a região gengival do canino, tanto por vestibular como por palatal, foi irradiada nos dias 0, 3, 7 e 14. No 21º dia foi feita apenas medição. A seqüência nos dias das ativações foram: medição, seguida da ativação e por último, irradiação.

No lado controle não irradiado (V2), as medidas foram registradas nos dias 0, 3, 7, 14 e 21. Nos dias das ativações, as medições eram realizadas previamente.

Esse procedimento foi realizado por dois meses, decorrido esse período, foi realizado estudo comparativo (figura 16) da velocidade de movimentação ortodôntica (mm/dia) do lado irradiado com laser em baixa intensidade (V1) e do lado não irradiado (V2).

Em seguida, a área envolvida de ambos os grupos (V1 e V2) foi submetida à radiografia periapical para verificação de ocorrência de danos nos tecidos.

#### 4.3. CONDIÇÕES DA IRRADIAÇÃO LASER

Todas as irradiações foram realizadas pela mesma operadora, utilizando a mesma potência de 20 mW e dose de 5 J/cm<sup>2</sup>. A forma de aplicação foi realizada pelo método pontual, com contato da ponta ativa e a mucosa gengival.

Dez irradiações foram realizadas, 5 irradiações na mucosa gengival do canino por vestibular e 5 por palatal, distribuídas do seguinte modo: a) no terço cervical (uma irradiação mesial e outra distal); b) no terço apical (uma irradiação mesial e outra distal); c) no terço médio (uma irradiação no centro do longo eixo do dente), de maneira a cobrir a região de toda a raiz, contornando as fibras periodontais e processo alveolar. Cada irradiação foi realizada adjacente à anterior e perpendicular à região irradiada (figuras 10 e 11).



*Figura 10: Distribuição da irradiação por vestibular (pontos em preto para ilustrar).*



*Figura 11: Distribuição da irradiação por palatal.*

A densidade de energia (dose) escolhida de 5 J/cm<sup>2</sup> foi baseada em aplicações clínicas que demonstram ser essa dose suficiente para obtenção dos efeitos de bioestimulação. O tempo de cada aplicação foi calculado de acordo com a dose proposta.

$$t = \frac{DA}{P} = \frac{(5)(0,04)}{0,02} = 10s$$

Como totalizaram em torno de 5 aplicações pontuais em cada lado, vestibular e lingual, o tempo total foi 100 s.

Antes de qualquer irradiação, a ponta ativa de cristal era sistematicamente revestida de PVC, bem como secava-se a área irradiada para permitir o mínimo de reflexão da luz, energia essa que seria perdida e não absorvida pelo tecido.

## 5. RESULTADOS

O quadro 1 é o registro das medidas, em mm, realizadas *in loco* nos onze pacientes tratados nos dias 0, 3, 7, 14 e 21 durante dois meses.

*Quadro 1: Medições, em mm, realizadas nos onze pacientes.*

	CONTROLE					IRRADIADO					
	DIA					DIA					
	0	3	7	14	21	0	3	7	14	21	
PACIENTE 1	20,70	19,95	19,82	19,36	19,27	18,41	16,77	16,59	16,38	16,32	MÊS 1
	19,08	18,65	18,50	17,49	17,43	16,22	16,20	15,18	14,93	14,31	MÊS 2
	17,35	#3,35				13,70	#4,71				MÊS 3
PACIENTE 2	22,37	21,44	21,16	20,98	20,96	21,73	20,80	20,66	20,27	20,16	MÊS 1
	20,30	20,03	20,00	19,69	19,50	19,74	19,28	19,11	18,54	18,12	MÊS 2
	18,68	#3,69				17,10	#4,63				MÊS 3
PACIENTE 3	19,65	18,78	18,64	18,60	18,35	20,11	19,53	19,05	18,48	18,32	MÊS 1
	17,93	17,33	17,30	17,26	17,06	18,02	17,33	17,09	16,80	16,00	MÊS 2
	16,60	#3,05				15,95	#4,16				MÊS 3
PACIENTE 4	22,08	21,59	21,35	20,65	20,60	20,55	19,40	19,27	18,68	17,67	MÊS 1
	19,46	19,35	19,17	18,86	18,72	16,90	16,88	16,78	16,74	16,55	MÊS 2
	18,67	#3,41				16,40	#4,15				MÊS 3
PACIENTE 5	19,89	18,67	18,60	18,58	17,54	19,19	18,59	18,43	18,13	17,99	MÊS 1
	17,21	17,05	17,00	16,53	16,50	17,24	16,64	16,48	15,94	15,69	MÊS 2
	16,40	#3,49				15,00	#4,19				MÊS 3
PACIENTE 6	20,82	19,87	19,61	19,56	19,27	22,68	22,56	21,82	21,21	20,93	MÊS 1
	18,89	18,81	18,40	18,10	18,00	20,80	20,68	19,63	19,26	18,40	MÊS 2
	17,46	#3,36				18,23	#4,45				MÊS 3
PACIENTE 7	20,60	19,82	19,52	19,48	19,45	20,80	20,32	20,16	19,64	19,02	MÊS 1
	18,63	18,60	18,44	18,38	18,35	18,46	18,32	18,21	17,49	16,73	MÊS 2
	17,36	#3,24				16,33	#4,47				MÊS 3
PACIENTE 8	18,63	17,85	17,83	16,70	16,68	20,19	19,08	19,03	18,74	18,47	MÊS 1
	16,65	16,56	16,25	16,20	16,18	18,41	17,79	17,35	16,95	16,34	MÊS 2
	15,85	#2,78				15,87	#4,32				MÊS 3
PACIENTE 9	18,92	18,26	17,93	17,85	17,80	22,35	21,39	20,72	20,11	20,10	MÊS 1
	17,25	17,19	16,80	16,73	16,10	19,04	18,71	18,51	18,12	17,95	MÊS 2
	5,51	#3,41				17,75	#4,70				MÊS 3
PACIENTE 10	20,39	19,80	19,50	19,37	18,95	21,28	20,46	20,08	19,92	19,16	MÊS 1
	18,78	18,54	18,16	18,10	17,42	18,98	18,66	18,41	18,39	17,43	MÊS 2
	17,26	#3,13				17,40	#3,88				MÊS 3
PACIENTE 11	18,72	18,11	17,77	17,73	17,18	18,62	17,30	16,93	16,62	16,51	MÊS 1
	16,49	15,95	15,80	15,79	15,49	16,00	15,70	15,40	14,97	14,64	MÊS 2
	15,37	#3,35				14,00	#4,62				MÊS 3

Ao final da experiência, o total do deslocamento, em mm, foi dado pela diferença entre o primeiro registro e o último registro da medida.

A quantidade, em milímetros, do deslocamento distal dos caninos para os onze pacientes foi maior no lado irradiado, quando comparado com o lado controle ao final da experiência (quadro 2 e figura 12).

*Quadro 2: Comparativo do deslocamento, em mm, entre os caninos dos lados irradiado e não irradiado - final do estudo clínico. Fonte: quadro 1.*

Paciente	Não Irradiado V2	Irradiado V1	Diferença entre V2 e V1	Razão
1: Masculino	3,35	4,71	1,36	1,41
2: Masculino	3,69	4,63	0,94	1,25
3: Masculino	3,05	4,16	1,11	1,36
4: Feminino	3,41	4,15	0,74	1,22
5: Masculino	3,49	4,19	0,70	1,20
6: Feminino	3,36	4,45	1,09	1,32
7: Feminino	3,24	4,47	1,23	1,38
8: Masculino	2,78	4,32	1,54	1,55
9: Masculino	3,41	4,70	1,29	1,38
10: Masculino	3,13	3,88	0,75	1,24
11: Masculino	3,35	4,62	1,27	1,38
<b>Média</b>	<b>3,296364</b>	<b>4,389091</b>	<b>1,092727</b>	<b>1,336113</b>
Desvio Padrão	0,242127	0,271015	0,279360	0,026866

No quadro 2, verifica-se que a razão variou entre 1,20 (menor) e 1,55 (maior). Ao final dos dois meses, quando comparamos a média do deslocamento dental (mm) do lado irradiado e o controle, os resultados obtidos mostraram que a movimentação de distalização dos caninos no lado onde se aplicou o *laser* em baixa intensidade foi maior que no lado que serviu de controle, 1,34 vezes mais.

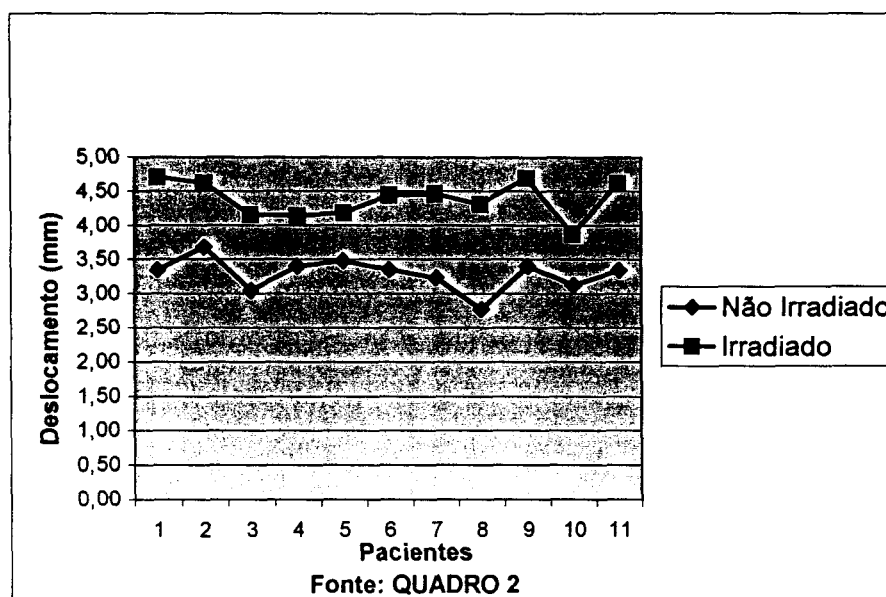


Figura 12: Comparativo do deslocamento, em mm, entre os caninos dos lados irradiado e não irradiado - final do estudo clínico. Fonte: quadro 2.

Quando comparamos a média do deslocamento (mm) dos caninos do gênero masculino com o feminino, não houve grandes variações, 1,34 e 1,30, respectivamente (quadros 3 e 4, figuras 13 e 14).

Quadro 3: Comparativo do deslocamento, em mm, entre os caninos dos lados irradiado e não irradiado para os pacientes masculinos. Final do estudo clínico. Fonte: quadro 2.

Sexo Masculino	Não Irradiado V2	Irradiado V1	Diferença entre V2 e V1	Razão
Paciente 1	3,35	4,71	1,36	1,41
Paciente 2	3,69	4,63	0,94	1,25
Paciente 3	3,05	4,16	1,11	1,36
Paciente 5	3,49	4,19	0,70	1,20
Paciente 8	2,78	4,32	1,54	1,55
Paciente 9	3,41	4,70	1,29	1,38
Paciente 10	3,13	3,88	0,75	1,24
Paciente 11	3,35	4,62	1,27	1,38
Média	3,281250	4,401250	1,120000	1,347025
Desvio Padrão	0,283923	0,308426	0,300286	0,026866



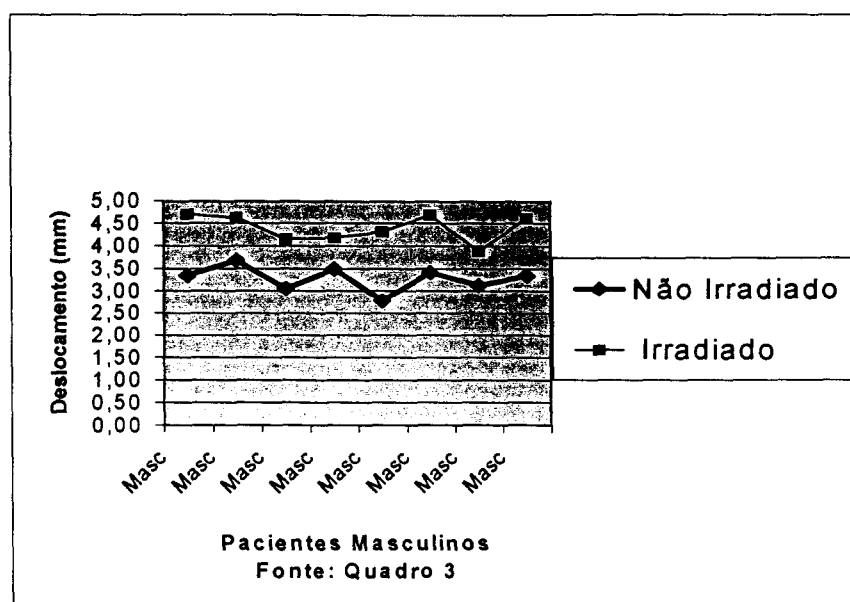


Figura 13: Comparativo do deslocamento, em mm, entre os caninos dos lados irradiado e não irradiado para os pacientes masculinos. Final do estudo clínico.

Fonte: quadro 3.

Quadro 4: Comparativo do deslocamento, em mm, entre os caninos dos lados irradiado e não irradiado para os pacientes femininos. Final do estudo clínico.

Fonte: quadro 2.

Sexo Feminino	Não irradiado V2	Irradiado V1	Diferença entre V2 e V1	Razão
Paciente 4	3,41	4,15	0,74	1,22
Paciente 6	3,36	4,45	1,09	1,32
Paciente 7	3,24	4,47	1,23	1,38
Média	3,336667	4,356667	1,020000	1,307014
Desvio Padrão	0,087369	0,179258	0,252389	0,082693

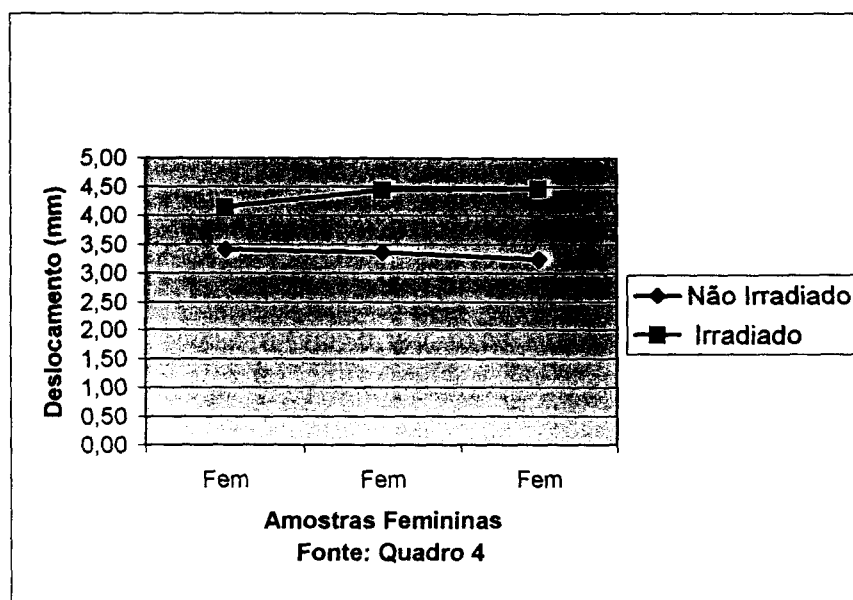


Figura 14: Comparativo do deslocamento, em mm, entre os caninos dos lados irradiado e não irradiado. Final do estudo clínico. Fonte: quadro 4.

As diferenças do deslocamento dos caninos por período (dias) de cada paciente foram organizadas nos quadros 5 e 6, abaixo.

Quadro 5: Diferenças do deslocamento, em mm, dos caninos não irradiados (V2) de cada paciente.

	MÊS 1					MÊS 2				
	DIA					DIA				
	0-3	3-7	7-14	14-21	21-30	0-3	3-7	7-14	14-21	21-30
<b>PACIENTE 1</b>	0,75	0,13	0,46	0,09	0,19	0,43	0,15	1,01	0,06	0,08
<b>PACIENTE 2</b>	0,93	0,28	0,18	0,02	0,66	0,27	0,03	0,31	0,19	0,82
<b>PACIENTE 3</b>	0,87	0,14	0,04	0,25	0,42	0,60	0,03	0,04	0,20	0,46
<b>PACIENTE 4</b>	0,49	0,24	0,70	0,05	1,14	0,11	0,18	0,31	0,14	0,05
<b>PACIENTE 5</b>	1,22	0,07	0,02	1,04	0,33	0,16	0,05	0,47	0,03	0,10
<b>PACIENTE 6</b>	0,95	0,26	0,05	0,29	0,38	0,08	0,41	0,30	0,10	0,54
<b>PACIENTE 7</b>	0,78	0,30	0,04	0,03	0,82	0,03	0,16	0,06	0,03	0,99
<b>PACIENTE 8</b>	0,78	0,02	1,13	0,02	0,03	0,09	0,31	0,05	0,02	0,33
<b>PACIENTE 9</b>	0,66	0,33	0,08	0,05	0,55	0,06	0,39	0,07	0,63	0,59
<b>PACIENTE 10</b>	0,59	0,30	0,13	0,42	0,17	0,24	0,38	0,06	0,68	0,16
<b>PACIENTE 11</b>	0,61	0,34	0,04	0,55	0,69	0,54	0,15	0,01	0,30	0,12

Quadro 6: Diferenças do deslocamento, em mm, dos caninos irradiados (V1) de cada paciente.

	MÊS 1					MÊS 2				
	DIA					DIA				
	0-3	3-7	7-14	14-21	21-30	0-3	3-7	7-14	14-21	21-30
PACIENTE 1	1,64	0,18	0,21	0,06	0,10	0,02	1,02	0,25	0,62	0,61
PACIENTE 2	0,93	0,14	0,39	0,11	0,42	0,46	0,17	0,57	0,42	1,02
PACIENTE 3	0,58	0,48	0,57	0,16	0,30	0,69	0,24	0,29	0,80	0,05
PACIENTE 4	1,15	0,13	0,59	1,01	0,77	0,02	0,10	0,04	0,19	0,15
PACIENTE 5	0,60	0,16	0,30	0,14	0,75	0,60	0,16	0,54	0,25	0,69
PACIENTE 6	0,12	0,74	0,61	0,28	0,13	0,12	1,05	0,37	0,86	0,17
PACIENTE 7	0,48	0,16	0,52	0,62	0,56	0,14	0,11	0,72	0,76	0,40
PACIENTE 8	1,11	0,05	0,29	0,27	0,06	0,62	0,44	0,40	0,61	0,47
PACIENTE 9	0,96	0,67	0,61	0,01	1,06	0,33	0,20	0,39	0,17	0,30
PACIENTE 10	0,82	0,38	0,16	0,76	0,18	0,32	0,25	0,02	0,96	0,03
PACIENTE 11	1,32	0,37	0,31	0,11	0,51	0,30	0,30	0,43	0,33	0,64

Os valores obtidos referentes à média da diferença do deslocamento dental no terceiro dia foi maior que em relação aos seguintes. Sendo que nos demais períodos os valores do lado irradiado mantiveram-se acima do lado não irradiado, tanto no primeiro quanto no segundo mês da experiência, havendo uma pequena inversão de ganho de deslocamento no trigésimo dia do primeiro mês (quadros 7 e 8 e figura 15).

Quadro 7: Média da diferença do deslocamento entre os caninos do lado não irradiado, em mm. Fonte: quadro 5.

Período (dias)	0 a 3	3 a 7	7 a 14	14 a 21	21 a 30
Deslocamento Mês 1	0,78	0,22	0,26	0,26	0,49
Deslocamento Mês 2	0,24	0,20	0,24	0,22	0,39

Quadro 8: Média da diferença do deslocamento entre os caninos do lado irradiado, em mm. Fonte: quadro 6.

Período (dias)	0 a 3	3 a 7	7 a 14	14 a 21	21 a 30
Deslocamento Mês 1	0,88	0,31	0,41	0,32	0,44
Deslocamento Mês 2	0,33	0,37	0,37	0,54	0,41

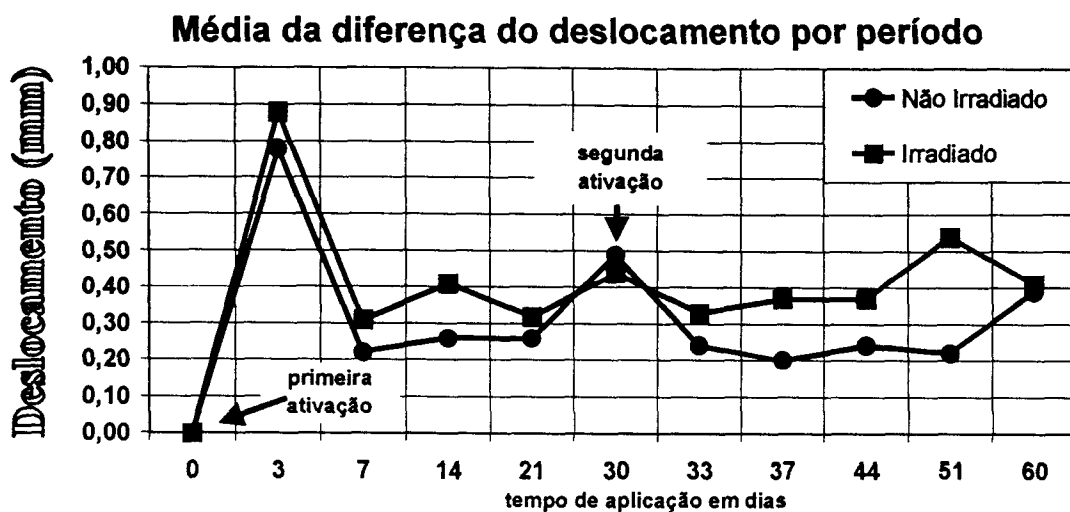


Figura 15: Média da diferença do deslocamento dos caninos, por período. Fonte: quadros 7 e 8.

A velocidade média de distalização dos caninos ( $v = \text{deslocamento}/\text{tempo}$ ), por período, no decorrer dos dois meses foi de maior amplitude no lado irradiado, havendo também uma inversão no trigésimo dia do primeiro mês (figura 16).

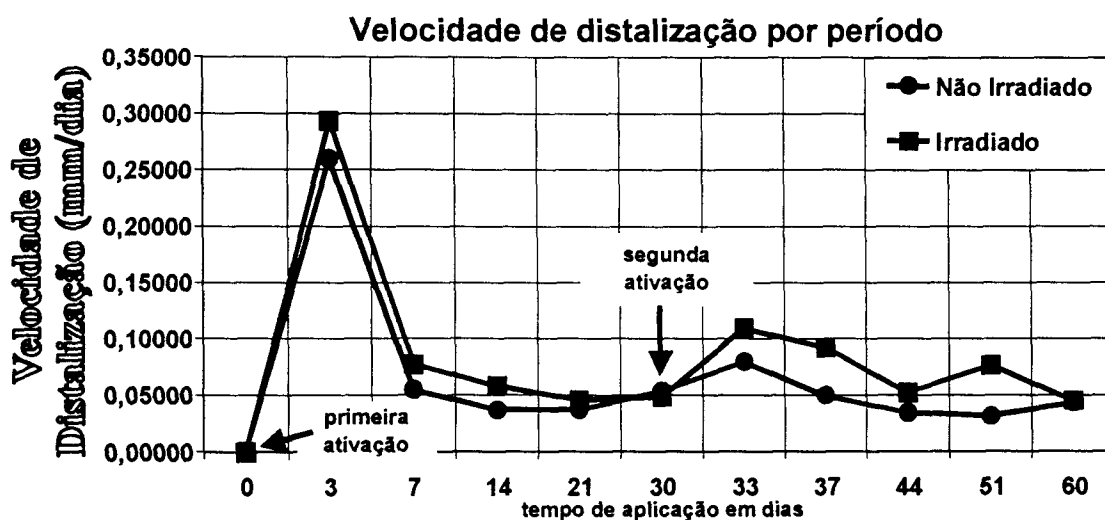


Figura 16: Velocidade média de distalização dos caninos, por período. Fonte: quadros 7 e 8.

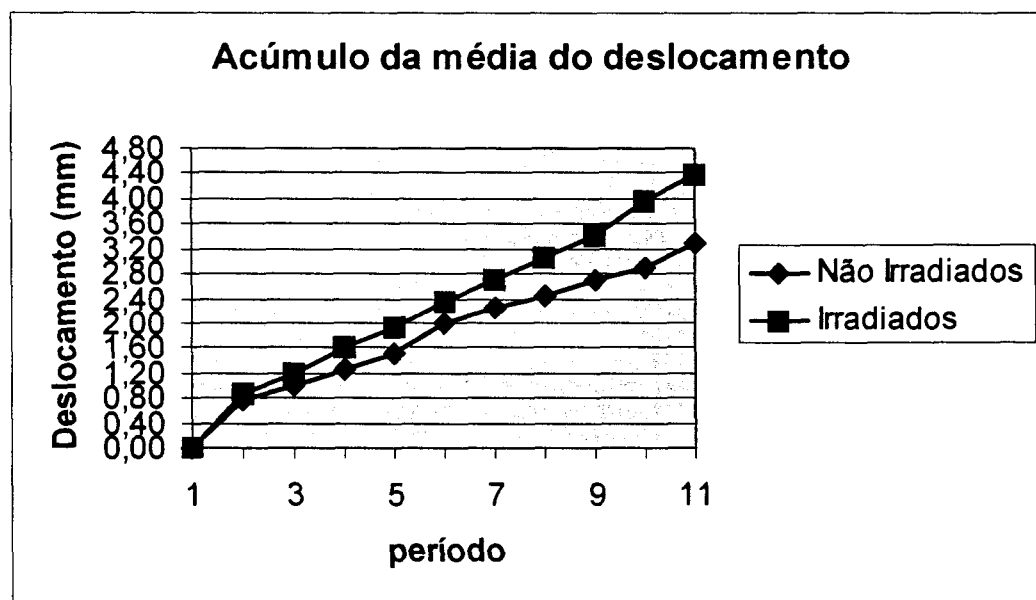
Quando comparamos o deslocamento acumulado, os caninos do lado irradiado apresentaram deslocamento maior, 4,38, que o grupo não irradiado, 3,30, ao final da experiência (quadros 9 e 10, figura 17).

*Quadro 9: Acúmulo da média dos deslocamentos entre os caninos do lado não irradiado, em mm, nos dois meses. Fonte: quadro 5.*

Período (dias)	0 a 3	3 a 7	7 a 14	14 a 21	21 a 30
Deslocamento Mês 1	0,78	1,00	1,26	1,52	2,01
Deslocamento Mês 2	2,25	2,45	2,69	2,91	3,30

*Quadro 10: Acúmulo da média dos deslocamentos entre os caninos do lado irradiado, em mm, nos dois meses. Fonte: quadro 6.*

Período (dias)	0 a 3	3 a 7	7 a 14	14 a 21	21 a 30
Deslocamento Mês 1	0,88	1,19	1,6	1,92	2,36
Deslocamento Mês 2	2,69	3,06	3,43	3,97	4,38



*Figura 17: Acúmulo da média do deslocamento entre os caninos dos lados irradiado e não irradiado. Fonte: quadros 9 e 10.*

### 5.1. Análise Estatística

Foi aplicado o teste t para dois conjuntos de dados dependentes. A resposta foi que os resultados dos dois tratamentos, com e sem irradiação, são diferentes ao nível de significância de  $P < 0,1\%$ . Ou seja, a chance de se obter um aumento de deslocamento ou uma maior velocidade de distalização através do laser em baixa intensidade é maior do que 99,9%

### 5.2. Análise Radiográfica

Ao final do estudo clínico foram obtidas radiografias periapicais dos caninos com a finalidade de verificar algum dano ao tecido periodontal.



*Caso 1*



*Caso 2*



*Caso 3*



*Caso 4*



*Caso 5*



*Caso 6*



*Caso 7*



*Caso 8*



*Caso 9*



*Caso 10*



*Caso 11*

## 6. DISCUSSÃO

O movimento dentário durante o tratamento ortodôntico requer remodelação do tecido periodontal, especialmente do osso alveolar, e o papel do metabolismo ósseo local no controle de movimentação dentária é considerado como resultado da resposta biológica do tecido periodontal às forças mecânicas aplicadas. Este "stress" induz à síntese e à secreção de prostaglandina por células localizadas que estimulam os osteoclastos a reabsorverem o osso<sup>5,6</sup>. Estes achados sugerem que a administração de prostaglandina combinada com aplicação de forças ortodônticas aceleram o movimento ortodôntico e induzem a remodelação óssea. Também tem se tentado acelerar o tempo de tratamento ortodôntico através do uso de ultra-som<sup>19</sup> e mais recentemente com laser em baixa intensidade<sup>8</sup>.

Após a avaliação dos nossos resultados e análise dos trabalhos divulgados na literatura sobre movimentação dentária associada à aplicação laser em baixa intensidade, verificamos que esta prática tem sido foco de pesquisas contemporâneas, com o propósito de abreviar o tempo de tratamento<sup>8,17</sup>.

O mecanismo pelo qual a irradiação laser promove aumento da velocidade na remodelação óssea não é totalmente compreendido.

Ainda assim, os resultados obtidos em nosso estudo mostraram que a movimentação dentária dos caninos no lado onde se aplicou o laser em baixa intensidade, na região gengival por vestibular e palatal, foi maior que no lado que serviu de controle (1,34 vezes mais). Também não foram encontradas, radiograficamente, nenhuma evidência clínica de danos causados ao periodonto (vide análise radiográfica).

Estes resultados estão de acordo com os trabalhos de KAWASAKI<sup>8</sup>, os quais encontraram 1,30 de aumento do movimento em dentes de ratos tratados com laser em baixa intensidade, quando comparados com o grupo controle.

A introdução da terapia laser num estágio inicial da movimentação dental parece viável, podendo ser de grande benefício terapêutico para abreviar o tempo de tratamento ortodôntico.

Esses resultados são confirmados por SAITO<sup>17</sup>, onde o laser em baixa intensidade aplicado a uma sutura médio-palatal durante expansão maxilar



rápida, em ratos, acelera regeneração óssea 1,4 vezes nos bordos ósseos da sutura e que o período inicial após expansão (dias 0 - 3) é o mais efetivo para aceleração, e embora somente a irradiação do período inicial estimule regeneração óssea na sutura expandida, irradiações com laser no período posterior podem desempenhar um papel na manutenção desta atividade de regeneração óssea. Conclui ainda que na ausência de aplicação continuada de tratamento laser, a atividade regeneradora pode diminuir.

Quando comparamos o deslocamento dos caninos entre os gêneros masculino e feminino do lado irradiado, não encontramos grandes variações (1,347 e 1,307) respectivamente, no grupo dos onze pacientes pesquisados, mas variações individuais devem ser sempre consideradas.

O fato do valor obtido referente à média da diferença do deslocamento dental no terceiro dia ter sido maior que em relação aos seguintes, provavelmente seja devido à distorção do ligamento periodontal, frente ao início da força de ativação, tanto no lado irradiado como no lado não irradiado.

A inversão do aumento da velocidade no trigésimo dia provavelmente seja pelo fato da força da mola no lado irradiado ser menor que a força aplicada no lado controle.

Como a força, inicialmente de 150 gf, exercida pela mola de *niti* 12 mm em ambos os lados tem uma perda constante de 12,5 gf a cada 1 mm de deslocamento e os efeitos da força ortodôntica associados à irradiação laser em baixa intensidade aumentam a velocidade do deslocamento no início do tratamento, promovendo uma diminuição gradual da força, é de se esperar que se atinja um ponto que a ação do laser, mais mola, torna-se menor que os resultados no paciente não irradiado, que possuirá uma força maior, resultando um deslocamento maior.

Também é possível que os caninos do lado não irradiado tenham tido algum efeito no aumento da velocidade de deslocamento. MESTER<sup>13</sup> sugere que o efeito do laser em baixa intensidade possa ocorrer à distância, porque pode ser transmitido através de substâncias humorais que se originam na região submetida à irradiação.

Neste estudo, demonstramos aumento de aproximadamente 34% da velocidade de distalização dos caninos no lado irradiado durante movimentação ortodôntica com laser GaAlAs em baixa intensidade. A aplicação intermitente de

laser ao longo de vários períodos de tempo nos estágios iniciais pode ser um protocolo favorável para aplicação clínica. Várias visitas ao consultório para períodos breves de irradiação nos estágios iniciais de distalização de caninos pode ser tudo o que se faz necessário para abreviar o tempo de tratamento.

Sabe-se que o laser de diodo de GaAlAs tem alta penetração no tecido porque a hemoglobina e a água têm um baixo coeficiente de absorção para este laser. Estudo prévio revelou que aproximadamente 50% do feixe laser diodo (60 mW) penetra numa profundidade de 1,0 mm em osso cortical mandibular humano ou bovino<sup>17</sup>.

## 7. CONCLUSÃO

Após a execução dessa pesquisa clínica, dentro dos parâmetros utilizados, verificamos a efetividade, viabilidade e segurança na introdução da terapia laser em baixa intensidade associada às forças ortodônticas como mais um recurso terapêutico para aumentar a velocidade de distalização de caninos durante o tratamento ortodôntico. Embora maiores estudos ainda sejam necessários.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 
- <sup>1</sup> REITAN, K. Selecting forces in orthodontics. **Eur. Orthod. Soc. Trans.**, v.32, p.108-26, 1956.
- <sup>2</sup> PROFFIT, W.R. The biologic basics of orthodontic therapy. In: PROFFIT, W.R.; FIELDS, H.W.Jr. **Contemporary orthodontics**. St.Louis, CV Mosby, p.241, 1986.
- <sup>3</sup> SMITH, R.; STOREY, E. The importance of force in orthodontics. The design of cuspid retraction springs. **Austral. J. Dent.**, v.56, n.6, p.291-304, 1952.
- <sup>4</sup> MOSTAFA, Y.A.; WEAKS-DYBVIG, M.; OSDOBY, P. Orchestration of tooth movement. **Am. J. Orthod.**, v.83, n.3, p.245-49, 1983.
- <sup>5</sup> YAMASAKI, K. The role of cyclic AMP, calcium, and prostaglandins in the induction of osteoclastic bone resorption associated with experimental tooth movement. **J. Dent. Res.**, v.62, n.8, p.877-881, 1983.
- <sup>6</sup> YAMASAKI, K.; et. al. Clinical application of prostaglandin E 1 (PGE1) upon orthodontic tooth movement. **Am. J. Orthod.** p.508-518, 1998.
- <sup>7</sup> DAVIDOVITCH, Z.; et. al. Eletrico currents, bone remodeling, and orthodontic tooth movement. The effect of eletric currents on periodontal cyclic nucleotides. **Am. J. Orthod.**, v.77, n.1, p.14-32, 1980.
- <sup>8</sup> KAWASAKI, K.; SHIMIZU, N.O.S. Effects of low-energy laser irradiation on bone remodeling during experimental tooth movement in rats. **Lasers in Surgery and Medicine**. v.26, p.282-291, 2000.
- <sup>9</sup> PINHEIRO, A.L.B.; et. al. Biomodulatory effects of LLLT on bone regeneration. **Join the World Association for Laser Therapy**. v.13, Special Millennium Edition, 2001.
- <sup>10</sup> LIM, H.M.; LEW, K.K.K.; TAY, D.K.L. A clinical investigation of the efficacy of low level laser therapy in reducing orthodontic post adjustment pain. **Efficacy of Low Level Laser Therapy in Pain Reduction Lim**. p.614-622, 1998.
- <sup>11</sup> KARU, T.I. Molecular mechanism of the therapeutic effect of low-intensity laser radiation. **Lasers Life Sci.**, v.2, n.1, p.53-74,1988.

- 
- <sup>12</sup> RIBEIRO, M.S. **Interação da radiação laser linearmente polarizada de baixa intensidade com tecidos vivos. Efeitos na aceleração de cicatrização tissular em lesões de pele.** 2000. Tese (Doutorado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2000.
- <sup>13</sup> MESTER, E.; SPIRY, T.; SZENDE, B.; TOTA, J.G. Effect of laser rays on wound healing. **Am. J. Surg.**, v.122, p.532-535, 1971.
- <sup>14</sup> LOPES, L.M. 1999. Dissertação (mestrado) – Engenharia Biomédica de São José dos Campos.
- <sup>15</sup> NEIBURGER, E.J. The effect of low-power lasers on intraoral wound healing. **N.Y. State Dent. J.**, v.61, n.3, p.40-43, 1994.
- <sup>16</sup> TRELLES, M.A.; MAYAYO, E.; Bone fracture consolidates faster with low-power laser. **Lasers in Surgery and Medicine.** v.7, p.36-45, 1987.
- <sup>17</sup> SAITO, S.; SHIMIZU, N. Stimulatory effects of low-power laser irradiation on bone regeneration in mid palatal suture during expansion in the rat. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.** v.111, n.5, p.525-32, 1997.
- <sup>18</sup> OZAWA, Y.; SHIMIZU, N.; KARIYA, G.; ABIKO, Y. Low-energy laser irradiation stimulates bone nodule formation at early stages of cell culture in rat calvaria. **Cells Bone**, v.22, p.347-354, 1998.
- <sup>19</sup> DAVIDOVITCH, Z.; SHANFELD, J.L. Cyclic AMP levels in alveolar bone of orthodontically treated cats. **Archs. Oral Bio. I.**, v.20, p.567-574, 1975.

---

## 9. REFERÊNCIAS ADICIONAIS RECOMENDADAS

ABERGEL, R.; et. al. Dermatologic surgery: control of connective tissue metabolism by lasers: recent developments and future prospects. **Journal of the American Academy of Dermatology**. v.11, p.1142-1150, 1984.

AKAI, M. Laser's effect on bone and cartilage change induced by joint immobilization: an experiment with animal model. **Lasers in Surgery and Medicine**. v.21, p.480-484, 1997).

BARBER, A; et. al. Advances in laser therapy for bone repair. **Join the World Association for Laser Therapy**. v.13, Special Millennium Edition, 2001.

DAVID, R.; NISSAN, M.; COHEN, I.; SOUDRY, M. Effect of low-power He-Ne laser on fracture healing in rats. **Lasers in Surgery and Medicine**. v.19, p.458-464, 1996.

FREITAS, I.G.F.; BARANAUSKAS, V.; CRUZHOFLING, M.A.; Laser effects on osteogenesis. **Applied Surface Science**. p.548-554, 2000.

KARU, T. Photobiology of low-power laser effects. **Health Phys.**, v.56, p.691-704, 1989.

KISELEV, V.K.; et. al. Effect of submillimeter-wave low-intensity laser radiation on the regeneration of bone tissue. **Applied Radiophysics – Telecommunications and Engineering**. v.52, n.5, 1998.

KUCEROÁ, H.; et. al. Low-level laser therapy after molar extraction. **Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery**. v.18, n.6, p.309-315, 2000.

LUCAS, C.; STANBOROUGH, R.W.; FREMANN, C.L.; HAAN, R.J. De; Efficacy of low-level laser therapy on wound healing in human subjects: a systematic review. **Lasers Med. Sci.**, v.15, p.84-93, 2000.

LUGER, E.J.; et. al. Effect of low-power laser irradiation on the mechanical properties of bone fracture healing in rats. **Lasers in Surgery and Medicine**. v.22, p.97-102, 1998.

MAEGAWA, Y.; et. al. Effects of near-infrared low-level laser irradiation on microcirculation. **Lasers in Surgery and Medicine**. v.27, p.427-437, 2000.

---

MARRONE, G.; et. al. Bioestimulação de condrócitos humanos com laser diodo Ga-Al-As: Pesquisa in vitro. **Dental Press International**. Editora Abril SA, 2000.

MELSEN, B. Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement. **The Angel Orthodontist. Basic and Clinical Research Related to Dentofacial Orthopedics**. v.69, n.2, 1999.

MIURA, F.; MOGI, M.; OHURA, Y.; HAMANAKA, H. The super-elastic property of the Japanese Niti alloy wire for use in orthodontics. **Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop**. v.90, p.1-10, 1998.

PILON, J.J.G.M.; KUIJPERS-JAGTMAN, A.M.; MALTHA, J.C. Magnitude of orthodontic forces and rate of bodily tooth movement. an experimental study. **Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop**. p.16-23, 1998.

SCHAFFER, M.; et. al. Effects of 780 nm diode laser irradiation on blood microcirculation: preliminary findings on time-dependent T1-weighted contrast-enhanced magnetic resonance imaging (MRI). **Journal of Photochemistry and Photobiology**. v.54, p.55-60, 2000.

SKINNER, S.M.; GAGE, J.P.; WILCE, P.A.; SHAW, R.M. A preliminary study of the effects of laser radiation on collagen metabolism in cell culture. **Australian Dental Journal**. v.41, n.3, p.188-92, 1996.

TAKEDA, Y. Development research: irradiation effect of low-energy laser on alveolar bone after tooth extraction - experimental study in rats. **Int. J. Oral. Maxillofac. Surg**. v.17, p.388-391, 1988.

TAUBER, S.; BAUMGARTNER, R.; SCHORN, K.; BEYER, W. Lightdosimetric quantitative analysis of the human petrous bone: experimental study for laser irradiation of the cochlea. **Lasers in Surgery and Medicine**. v.28, p.18-26, 2001.

VANDESVSKA-RADUNOVIC, V. Neural modulation of inflammatory reactions in dental tissue incident to orthodontic tooth movement. A review of the literature. **European Journal of Orthodontics**. v.21, p.231-247, 1999.

VANDEVSKA-RADUNOVIC, V.; KNIVNSLAND, S.; KVINNSLAND, I.H. Effect of experimental tooth movement on nerve fibres immunoreactive to calcitonin gene-related peptide, protein gene product 9.5, and blood vessel density and distribution in rats. **European Journal of Orthodontics**. v.19, p.517-529, 1997.



## Parecer - Projeto N° 057/CEP-IPEN/SP

Com base nos pareceres apresentados pelos relatores, o protocolo de pesquisa "Efeitos da irradiação com laser em baixa intensidade na maximização do remodelamento ósseo durante a movimentação ortodôntica", de responsabilidade da pesquisadora **Delma Rebelo Cruz**, sob orientação do Professor Doutor Niklaus Ursus Wetter, foi considerado **APROVADO**.

São Paulo, 10 de abril de 2002

**Profa. Dra. Martha Marques Ferreira Vieira**  
Coordenadora do CEP-IPEN

---

IPEN-CNEN/SP  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA  
Travessa "R", N° 400 - Cidade Universitária - CEP 05508-900 - São Paulo - SP  
Telefone: (011) 3816-9381 - Fax (011) 3816-9123  
E-mail: mmvieira@net.ipen.br





M22716



Ministério  
da Ciência  
e Tecnologia

***Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares***

Diretoria de Ensino & Informação Científica e Tecnológica

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 Cidade Universitária CEP: 05508-000

Fone/Fax(0XX11) 3816 - 9148

SÃO PAULO - São Paulo - Brasil

<http://www.ipen.br>

O Ipen é uma autarquia vinculada à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico e Turismo do Estado de São Paulo, gerida técnica, administrativa e financeiramente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão do Ministério da Ciência e Tecnologia, e associada à Universidade de São Paulo.