

**Fernando Antonio Lima Habib**

**ALTERAÇÕES TECIDUAIS DECORRENTES DA  
FOTOBIMODULAÇÃO LASER NO MOVIMENTO  
DENTÁRIO INDUZIDO EM RATOS**



**PROGRAMA INTEGRADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
Área de Concentração:  
Laser em Odontologia**

**SALVADOR**

**2008**

**Fernando Antonio Lima Habib**

**ALTERAÇÕES TECIDUAIS DECORRENTES DA  
FOTOBIMODULAÇÃO LASER NO MOVIMENTO  
DENTÁRIO INDUZIDO EM RATOS**

**Tese apresentada ao Programa Integrado de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal da Bahia em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutor em Odontologia. Área de concentração: Laser em Odontologia.**

**Orientadores:**

**Prof. Dr. Antônio Luiz Barbosa Pinheiro**

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Telma Martins de Araújo**

## Ficha Catalográfica

H116 Habib, Fernando Antonio Lima.

Alterações teciduais decorrentes da fotobiomodulação laser no movimento dentário induzido em ratos / Fernando Antonio Lima Habib. – Salvador, 2008.

95 p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Luiz Barbosa Pinheiro.

Co-orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Telma Martins de Araújo.

Tese (doutorado) – Universidade Federal da Bahia / Universidade Federal da Paraíba, 2008.

1. Lasers. 2. Movimentação dentária. 3. Remodelação óssea. 4. Histologia. 5. Odontologia. I. Universidade Federal da Bahia. II. Universidade Federal da Paraíba. III. Pinheiro, Antônio Luiz Barbosa. IV. Araújo, Telma Martins de. V. Título.

CDU 616.314: 621.375.826

---

Dedico este trabalho ao esforço e empenho que meus pais, Darcy Lima Habib e José Baracat Habib (*in memoriam*), sempre tiveram para a minha formação profissional. A eles, a minha eterna gratidão e amor.

---

---

## AGRADECIMENTOS

---

A Deus, por ser o esteio maior da minha vida, ajudando-me a enfrentar todas as tarefas da minha existência, inclusive esta.

À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Telma Martins de Araújo, pelo incentivo, apoio, ajuda e orientação dispensados, não só na elaboração deste trabalho, mas, ao longo da minha vida profissional. A seriedade e dignidade com que a senhora conduz a vida acadêmica, é motivo de orgulho para toda a classe odontológica.

Ao Prof. Dr. Antônio Luiz Barbosa Pinheiro, pela orientação segura e incentivo constante para enfrentar as dificuldades que um trabalho de pesquisa apresenta, ao longo da sua elaboração. Reconheço que através da sua conduta ética, científica e pedagógica, contribui sobremaneira, para o crescimento e reconhecimento da FOUFBA como centro de referência acadêmica e de pesquisa.

Ao Prof. Dr. José Édimo Soares Martins, pela contribuição científica e moral que deu a Ortodontia brasileira. Eu, mesmo não tendo conhecido-o pessoalmente, agradeço-lhe (*in memoriam*) por ter formado os mestres que me ensinaram a Ortodontia que hoje pratico.

Ao Prof. Dr. Alderico Artese, pela dedicação espontânea demonstrada desde o início do meu curso de Pós-graduação em Ortodontia na UFRJ, reconhecendo as minhas dificuldades e acreditando, como poucos, em meu potencial. A minha gratidão é tão grande que se estende à toda sua família, ao ponto de sentir-me como membro dela, pelo carinho e amor que todos me dedicam.

Ao Prof. Dr. Carlos Jorge Vogel, pela forma de ensinar criando futuros amigos e não só ex-alunos. O incentivo que recebi para a realização deste curso de Doutorado, fosse através de presentes em forma de livros sobre laser, ou através de palavras de estímulo, quando demonstrava cansaço para enfrentar esta dura jornada, me valeram bastante.

Ao Dr. Elias Ferreira de Freitas, pelo carinho e desprendimento demonstrados ao me receber em seu consultório de Ortodontia, como estagiário, ainda na Graduação, e depois pela acolhida que me dera quando no início da minha vida profissional, tratando-me como filho, desde então.

À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Aparecida Maria Cordeiro Marques, pelo incentivo e apoio constantes e humildade em dividir os seus conhecimentos, participando, efetivamente, das conquistas individuais de cada aluno.

À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Luciana Ramalho, pela disponibilidade de ter acrescentado esta pesquisa às múltiplas atividades que possui. Através dos seus olhos, aprendi ver coisas que imaginava conhecer. Obrigado pela orientação segura e valiosa.

À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Cristina Teixeira Cangussú, pela disposição em ajudar aos que lhe procuram, fazendo com que dados estatísticos sejam muito mais do que expressão numérica de um trabalho.

Aos Professores do Programa Integrado de Pós-Graduação em Odontologia UFPB – UFBA, Área de Concentração-Laser, Doutores Aldo Brugnera Júnior, André Carlos de Freitas, Chukuka Enwemeka, Cláudia Roberta Leite de Figueiredo, Cristina Pacheco Soares, Fátima Zanin, Jean Nunes dos Santos, Lino João da Costa, Maria Carméli Correia Sampaio, Maria Isabel Pereira Viana, Maria José P. Ramalho, Marília G. de Oliveira, Newton Soares da Silva, Ricardo Cavalcanti Duarte, Sílvia Regina de A. Reis e Viviane de Almeida Sarmiento, pela disponibilidade e interesse em contribuir para existência, nesta Faculdade, de um Curso de Doutorado deste nível. Devemos a nossa formação ao empenho e dedicação que vocês tiveram como educadores.

Ao Prof. Márcio Costa Sobral, pela sugestão e orientação na confecção do aparelho ortodôntico utilizado nesta pesquisa, assim como, pela realização de várias das fotografias que a mesma contém.

Ao Prof. Dr. Marcos Alan Vieira Bittencourt, pela disponibilidade em colaborar, sempre que necessário, com sugestões que vieram enriquecer, bastante, este trabalho.

Ao Prof. Rogério Frederico Alves Ferreira, pelo incentivo que me deu para a realização deste trabalho, e que mesmo reconhecendo o seu valor e grande capacidade profissional, parece querer demonstrar, sempre, que é um eterno aprendiz.

Aos Profs. Marcelo Castellucci e Márcio Costa Sobral, pela demonstração de carinho e amizade, associada a uma colaboração extrema no sentido de assumirem as minhas tarefas específicas dentro do Curso de Especialização em Ortodontia e Ortopedia Facial da FOUFBA. Durante a minha ausência, por conta das atividades do Doutorado, encararam esta missão com profissionalismo e fraternidade. Lhes serei eternamente grato.

Aos Profs. Fernanda Catharino Menezes Franco, Lucianna Gomes, André Machado, Rivail Almeida Brandão e Myrela Cardoso, membros do corpo docente da Orto-UFBA, Graduação e Especialização, por me apoiarem durante a realização do Curso de Doutorado, suprimindo, sempre, sem queixas as minhas longas ausências, neste período.

À colega e amiga Dr<sup>a</sup>. Sabrina Kívia Correia Gama, pela oportunidade que me deu de poder reconhecer que, muitas vezes, temos mais a aprender com àquele que ensinamos do que apenas transmitir informações técnicas. A amizade que criamos ao longo do curso de Doutorado é algo especial que ficará, para sempre, na minha vida.

Aos colegas de turma Márcio Marchionni, Carolina Montagn, Ana Paula Cavalcanti, Cristina Nascimento, Lívia Prates Soares, Márcio Lisboa, Nicole Ribeiro e Priscila Chagas, pela convivência harmoniosa que tivemos, desde o início do curso, ao me receberem como um parceiro e amigo. O Doutorado acabou me dando nove novos grandes amigos.

Aos colegas e especiais amigos Ana Maria Telles Pinheiro, André Pinheiro e Edmália Barreto pela valiosa orientação inicial no desenvolvimento desta pesquisa, no laboratório de experimentação animal da FOUFBA.

Aos estagiários e ex-estagiários do Centro de Laser da FOUFBA, especialmente, Eliane Pires, Fernando Presídio, Gardênia Matos, Juliana Lacerda e Juliana Monteiro, pela seriedade, dedicação e amor que todos vocês demonstraram na participação desta pesquisa. A ajuda de vocês foi fundamental para realização deste trabalho.

À Disciplina de Ortodontia da FOUFBA, por fornecer toda a sua rica estrutura, disponibilizando seus recursos físicos e humanos, de maneira especial, para a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Centro de Ortodontia e Ortopedia Facial Prof. José Édimo Soares Martins, André Nascimento, Damião Santana e Lúcia Rivas, pela dedicação e ajuda demonstrada durante o período em que me tornei muito mais estudante do que professor. Obrigado pela colaboração diária.

À Sr<sup>a</sup>. Cintia Maria Oliveira de Sant'Ana Magalhães, amiga e funcionária, pela compreensão, apoio e ajuda demonstrada no período da realização do curso, tornando mais leve a minha difícil tarefa de associar vida profissional e vida acadêmica.

À Sr<sup>a</sup>. Maria de Lourdes Silva Santos, técnica em histopatologia da UFBA, pela dedicação e seriedade no processamento histológico do material coletado, durante a fase experimental.

---

---

## **SUMÁRIO**

---

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS</b>	<b>09</b>
<b>LISTA DE FIGURAS E TABELAS</b>	<b>11</b>
<b>RESUMO</b>	<b>16</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>18</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>19</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>21</b>
<b>3 PROPOSIÇÃO</b>	<b>42</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>43</b>
4.1 Condições Ambientais	<b>44</b>
4.2 Caracterização e Manipulação da Amostra	<b>44</b>
4.3 Configuração e Montagem do Aparelho	<b>45</b>
4.4 Aplicação do Laser	<b>49</b>
4.5 Morte dos Animais e Processamento Histológico	<b>51</b>
4.6 Coleta de Dados e Análise das Lâminas	<b>52</b>
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>55</b>
<b>6 DISCUSSÃO</b>	<b>74</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b>	<b>80</b>
<b>SUGESTÃO</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>91</b>
ANEXO A - Aprovação da pesquisa na Comissão de Ética do	<b>92</b>

Laboratório de Pesquisa Experimental da FOUFBA



---

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

---

% – Por cento

Ø – Diâmetro do feixe

β-endorfinas – Beta-endorfinas

λ – Comprimento de onda

® – Marca registrada

°C – Grau centígrado

ATP – Adenosina Trifosfato

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

F – Força

FBML – Fotobiomodulação laser

Fig. – Figura

g – Grama

g/F – Grama/força

G7 – Grupo sete dias

G13 – Grupo treze dias

G19 – Grupo dezenove dias

GaAIs – Arseneto de gálio e alumínio

GdCl<sub>3</sub> – Cloreto de Gadolínio

h – Hora

HE – Hematoxilina e Eosina

HeNe – Hélio-Neônio

J/cm<sup>2</sup> – Joule por centímetro quadrado

LBP – Laser em baixa potência

LP – Ligamento periodontal

ml – Mililitro

mm – Milímetro

mW – Miliwatt

NiTi – Níquel-Titânio

nm – Nanômetro

NO – Neoformação óssea

nº – Número

OA – Osso alveolar

OB – Osteoblastos

OC – Osteoclastos

R – Raiz

RO – Reabsorção óssea

RR – Reabsorção radicular

UFBA – Universidade Federal da Bahia

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

---

---

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

---

<b>Figura 1</b>	Identificação do animal quanto ao grupo pertencente (HABIB, 2008).	<b>45</b>
<b>Figura 2</b>	Primeiro molar superior esquerdo com fio de amarrilho trançado na região cervical (HABIB, 2008).	<b>46</b>
<b>Figura 3</b>	A: dinamômetro de precisão antes da aplicação da força. B: força aferida em 40g/F. C: marcação realizada justo à face palatina dos incisivos superiores. D: apreensão do fio com a pinça <i>Mathieu</i> na marcação (HABIB, 2008).	<b>48</b>
<b>Figura 4</b>	A: posicionamento do fio trançado ao redor dos incisivos. B e C: fixação com resina fotopolimerizável. D: sistema de forças confeccionado (HABIB, 2008).	<b>48</b>
<b>Figura 5</b>	A: desgaste dos incisivos inferiores. B: aspecto dos incisivos inferiores após o desgaste (HABIB, 2008).	<b>49</b>
<b>Figura 6</b>	A: aplicação na face mesial por palatino. B: aplicação na face distal por palatino. C: tricotomia. D: marcação do ponto de referência para aplicação extra-oral. E: aplicação extra-oral do laser (HABIB, 2008).	<b>51</b>
<b>Figura 7</b>	Peça anatômica analisada. A: face oclusal. B: face vestibular. (HABIB, 2008).	<b>52</b>

<b>Figura 8</b>	Demonstração gráfica da densidade vascular na polpa, inflamação na polpa, densidade vascular no periodonto e inflamação no periodonto, no Grupo G7 (HABIB, 2008).	<b>56</b>
<b>Figura 9</b>	Demonstração gráfica da quantidade de hialinização, presença de osteoclastos e osteoblastos, no Grupo G7 (HABIB, 2008).	<b>57</b>
<b>Figura 10</b>	Demonstração gráfica da quantidade de colágeno nas áreas de pressão, tensão e expressão da reabsorção dentária, no Grupo G7 (HABIB, 2008).	<b>58</b>
<b>Figura 11</b>	Demonstração gráfica da densidade vascular na polpa, inflamação na polpa, densidade vascular no periodonto e inflamação no periodonto, no Grupo G13 (HABIB, 2008).	<b>59</b>
<b>Figura 12</b>	Demonstração gráfica da quantidade de hialinização, presença de osteoclastos e osteoblastos, no Grupo G13 (HABIB, 2008).	<b>60</b>
<b>Figura 13.</b>	Demonstração gráfica da quantidade de colágeno nas áreas de pressão, tensão e expressão da reabsorção dentária, no Grupo G13 (HABIB, 2008).	<b>61</b>
<b>Figura 14</b>	Demonstração gráfica da densidade vascular na polpa, inflamação na polpa, densidade vascular no periodonto e inflamação no periodonto, no Grupo G19 (HABIB, 2008).	<b>62</b>

<b>Figura 15</b>	Demonstração gráfica da quantidade de hialinização, presença de osteoclastos e osteoblastos, no Grupo G19 (HABIB, 2008).	<b>63</b>
<b>Figura 16</b>	Demonstração gráfica da quantidade de colágeno nas áreas de pressão, tensão e expressão da reabsorção dentária, no Grupo G19 (HABIB, 2008).	<b>64</b>
<b>Figura 17</b>	Demonstração gráfica da densidade vascular na polpa, observada nos Grupos G7, G13 e G19 (HABIB, 2008).	<b>65</b>
<b>Figura 18</b>	Demonstração gráfica do nível de inflamação da polpa, observada nos Grupos G7, G13 e G19 (HABIB, 2008).	<b>65</b>
<b>Figura 19</b>	Demonstração gráfica da densidade vascular no periodonto, observada nos Grupos G7, G13 e G19 (HABIB, 2008).	<b>66</b>
<b>Figura 20</b>	Fotomicrografias demonstrando aumento da densidade vascular no periodonto, quando comparado os Grupos G7, Controle (A) e Laser (B), conforme indicam as setas (HABIB, 2008).	<b>67</b>
<b>Figura 21</b>	Demonstração gráfica do nível de inflamação do periodonto, observada nos Grupos G7, G13 e G19 (HABIB, 2008).	<b>67</b>
<b>Figura 22</b>	Demonstração gráfica do grau de hialinização no periodonto, observada nos Grupos G7, G13 e G19 (HABIB, 2008).	<b>68</b>

<b>Figura 23</b>	Fotomicrografias demonstrando aumento da área de hialinização, quando comparado os Grupos G7, Controle (A) e Laser (B), conforme indicam as setas (HABIB, 2008).	<b>69</b>
<b>Figura 24</b>	Demonstração gráfica do grau de expressividade da presença de osteoclastos, observada nos Grupos G7, G13 e G19 (HABIB, 2008).	<b>69</b>
<b>Figura 25</b>	Fotomicrografias demonstrando maior presença de osteoclastos, quando comparado os Grupos G7, Controle (A) e Laser (B), conforme indicam as setas (HABIB, 2008).	<b>70</b>
<b>Figura 26</b>	Demonstração gráfica do grau de expressividade da presença de osteoblastos, observada nos Grupos G7, G13 e G19 (HABIB, 2008).	<b>70</b>
<b>Figura 27</b>	Demonstração gráfica da quantidade de colágeno na área de pressão, observada nos Grupos G7, G13 e G19 (HABIB, 2008).	<b>71</b>
<b>Figura 28</b>	Demonstração gráfica da quantidade de colágeno na área de tensão, observada nos Grupos G7, G13 e G19 (HABIB, 2008).	<b>72</b>
<b>Figura 29</b>	Fotomicrografias demonstrando maior presença de colágeno, na área de tensão, quando comparado os Grupos G7, Controle (A) e Laser (B), conforme indicam as setas (HABIB, 2008).	<b>72</b>

<b>Figura 30</b>	Fotomicrografias demonstrando alteração na quantidade de reabsorção radicular, quando comparado os Grupos G7, Controle (A) e Laser (B), conforme indicam as setas (HABIB, 2008).	<b>73</b>
<b>Figura 31</b>	Demonstração gráfica da intensidade de reabsorção radicular, observada nos Grupos G7, G13 e G19 (HABIB, 2008).	<b>73</b>
<b>Tabela 1</b>	Critérios utilizados para análise de microscopia óptica (HABIB, 2008).	<b>54</b>

---

---

## RESUMO

---

O laser em baixa potência é considerado fator acelerador da reparação óssea, uma vez que estimula a microcirculação e aumenta o metabolismo celular. Sendo assim, pretendeu-se, neste trabalho, verificar as alterações histológicas decorrentes do uso da fotobiomodulação a laser, durante o movimento dentário induzido do primeiro molar superior esquerdo com 40g/F, em *Rattus norvegicus*, adultos jovens, machos, pesando entre 250 e 300g. Foram utilizados 30 animais, distribuídos, equitativamente, em três grupos (n=10), correspondendo ao tempo da morte dos animais, isto é, sete, 13 e 19 dias (G7, G13 e G19). Metade dos animais de cada grupo foi submetida à fototerapia laser ( $\lambda$ 790nm, 40mW, 20J/cm<sup>2</sup> por sessão, a cada 48h, Ø~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 por HE e micro-sirius e utilizadas para avaliação semi-quantitativa por meio da microscopia óptica. Os dados foram coletados e comparados através de análises intergrupo e intra-grupos pelos testes de Kruskal-Wallis e exato de Fisher, sendo considerados significantes quando p = 0,05. Os resultados mostraram que a fotobiomodulação a laser influenciou positivamente aspectos importantes para a movimentação dentária como a redução da densidade vascular e da inflamação; aumento da quantidade de osteoclastos e de colágeno; e também modular a reabsorção dentária e a hialinização. Conclui-se que a fototerapia laser pode criar condições mais favoráveis para a remodelação óssea no periodonto de *Rattus norvegicus* em situações de movimentação ortodôntica induzida.

Palavras-chave: Movimento ortodôntico - Remodelação óssea - Histologia –  
Laser



---

## ABSTRACT

---

The use of laser phototherapy is considered an enhancement factor for bone repair as it stimulates microcirculation as well as the cellular metabolism. Regarding this, the purpose of this research was to assess histologic changes after the use of laser phototherapy during induced mesial tooth movement with 40g/F of the upper left first molars of young adult male *Rattus norvegicus* weighing 250 to 300g. Thirty animals were equally divided into three groups (n=10), named according to the time of animal death, i.e. seven, 13 and 19 days (G7, G13 e G19). Half of the animals in each group were submitted to irradiation with infrared laser ( $\lambda$ 790nm, 40mW, 20J/cm<sup>2</sup> per session, every 48 hours, Ø~2mm), during orthodontic movement, the other half was used as controls. After animal death, specimens were sectioned, processed and stained with HE and Sirius red and were used for semi-quantitative histologic analysis with optical microscopy. Data was compared by inter and intra-group analysis using Kruskal-Wallis and Fischer tests, and results were considered significant for p = 0.05. Results demonstrated that Laser Phototherapy positively affected some important aspects of dental movement, such as decreased vascular density and inflammation, increased amount of osteoclasts and collagen and also modulated dental resorption and hyalinization. These results indicate that the use of laser phototherapy may create a more favorable condition for bone turnover in the periodontal ligament of *Rattus norvegicus* during orthodontic tooth movement.

Key words: Tooth Movement - Bone Remodeling – Histology - Laser

## 1 INTRODUÇÃO

De um modo geral, a fototerapia laser (FBML) tem uma série de indicações e pode ser usada isoladamente ou como coadjuvante de outros tratamentos, sempre que se necessite de um efeito local, uma vez que estimula a micro-circulação e o trofismo celular, ou quando houver necessidade de um efeito terapêutico geral. Os equipamentos mais utilizados são os diodos semicondutores como Arseneto de Gálio e Alumínio (GaAIs), tendo como uma de suas características principais a não geração de efeitos térmicos (BRUGNERA JÚNIOR; PINHEIRO, 1998).

Este tipo de laser pode agir diretamente na célula, produzindo um efeito primário ou imediato, aumentando o metabolismo celular ou, por exemplo, a síntese de  $\beta$ -endorfinas, e diminuindo a liberação de transmissores nociceptivos, como a bradicinina e a serotonina (MATERA *et al.*, 2003). É um tipo de terapia não-invasiva, indolor, não-térmica e asséptica, sem efeitos colaterais, com boa relação custo-benefício (LIM *et al.*, 1995).

Encontram-se, na literatura, inúmeras pesquisas abordando as alterações histológicas que ocorrem no periodonto de sustentação, cemento, osso alveolar e ligamento periodontal, decorrentes da movimentação dentária (BENAFE-OLIVEIRA *et al.*, 2003; GIANELLY; GOLDMAN, 1971; HAMAYA *et al.*, 2002; KOHNO *et al.*, 2002; LOW *et al.*, 2005; RODY JR. *et al.*, 2001; SILVEIRA, 2006; TOMIZUKA *et al.*, 2007; VON BÖHL *et al.*, 2004).

Uma importante característica do osso alveolar é sua capacidade de sofrer remodelação contínua em resposta às demandas funcionais e aplicação de força, durante o movimento ortodôntico. As superfícies submetidas à

remodelação exibem características histológicas específicas. (TEN CATE, 1994).

Cruz *et al.* (2004) concluíram que a FBML com GaAIs aumenta a velocidade de movimentação ortodôntica devido a um incremento da proliferação de células do ligamento periodontal, melhora da circulação local, aumento da quantidade de osteoclastos e da formação de osso mineralizado. A fotobiomodulação com laser de  $\lambda 830\text{nm}$ , pode acelerar o movimento dentário acompanhado de remodelação óssea alveolar devido à maior atividade osteoblástica e osteoclástica (AIHARA *et al.*, 2006; KAWASAKI; SHIMIZU, 2000; RODY JR. *et al.*, 2001).

Considerando tais aspectos, este trabalho experimental foi desenvolvido com o objetivo de avaliar histologicamente as reações no osso alveolar, decorrentes da aplicação de força associada à fototerapia laser, em ratos da espécie *Rattus norvegicus*.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Movimento Dentário**

A movimentação dentária é regida por fatores biológicos e mecânicos, caracterizada por reações seqüenciais do tecido periodontal em resposta às forças aplicadas (PROFFIT; FIELDS JR., 2002). A movimentação ortodôntica depende da capacidade das células periodontais em responderem a estes estímulos mecânicos (MISAWA-KAGEYAMA *et al.*, 2007), os quais geram alterações teciduais que, em conjunto com a ativação de mediadores químicos, como citocinas e prostaglandinas, sintetizadas e secretadas por células locais, resultam na remodelação óssea (MERMUT *et al.*, 2007; SILVEIRA, 2006; TAWEECHASUPAPONG *et al.*, 2005). Neste contexto, a procura por meios que possam facilitar ou potencializar a movimentação ortodôntica é uma realidade atual. Essa aceleração pode ser alcançada com a utilização de osteocalcina (HASHIMOTO *et al.*, 2001) ou através da aplicação local de prostaglandinas (YAMASAKI *et al.*, 1984) ou vitamina D (COLLINS & SINCLAIR, 1988; YAMAMOTO *et al.*, 1992). Porém, a dor e o desconforto durante a aplicação são os principais fatores inviabilizadores da utilização destas substâncias.

A remodelação óssea pode ser explicada pela teoria da pressão-tensão, na qual uma alteração no fluxo sangüíneo do ligamento periodontal é produzida pela movimentação do dente no alvéolo (GOTZ *et al.*, 2006; PROFFIT, 2002).

Assim como as demais estruturas ósseas do organismo, o tecido que forma o osso alveolar constitui-se de três fases: matriz orgânica, fase mineral e água. As células do osso alveolar, associadas a diferentes funções, compreendem os osteoblastos, relacionados com a formação óssea, os osteócitos, incluídos na matriz mineralizada e responsáveis pela manutenção do osso e os osteoclastos, envolvidos com a absorção óssea (WHITSON, 1994).

Segundo a teoria de que mensageiros químicos são importantes na remodelação óssea alveolar e conseqüente movimento dentário, uma alteração no fluxo sangüíneo do ligamento periodontal é produzida por uma força aplicada, o que causaria mudanças de posição do dente no espaço periodontal, comprimindo o ligamento em algumas áreas e tencionando em outras. O fluxo sangüíneo diminui onde o ligamento é comprimido, enquanto é freqüentemente mantido ou aumentado, onde o ligamento está sob tensão (NOJIMA; GONÇALVES, 1996; PROFFIT, 1995).

O ligamento periodontal é um tecido mole e interposto entre o dente e o osso alveolar e mede, freqüentemente 0,25mm de espessura, ou menos (REITAN, 1960; 1985). É responsável pela transmissão de forças *in vivo* e sua compressão induz estímulos geradores de inflamação local, favorecendo o surgimento de um micro-ambiente susceptível à absorção óssea (CONSOLARO, 2002; WAGLE *et al.*, 2005).

A compressão promoverá o desaparecimento das células do ligamento periodontal, resultando em uma parada do movimento dentário (REITAN, 1960; 1985). Uma necrose estéril é produzida na área e por causa da aparência

histológica, essa região avascular é tradicionalmente chamada de hialinizada. Nesse caso, a remodelação do osso, próximo ao local necrótico, deve ser efetuada por células derivadas de regiões adjacentes não danificadas. Como os osteoclastos iniciam um ataque imediatamente abaixo da área necrótica, esse processo é descrito como uma absorção solapante (PROFFIT, 2002). O dente não se moverá até que o osso subjacente ao tecido hialinizado tenha sido eliminado. Por ser a duração desta absorção aproximadamente proporcional à extensão da zona hialinizada, é de fundamental importância aplicar forças leves iniciais de forma que previna-se a formação de áreas acelulares excessivamente extensas (REITAN, 1960; 1985). A quantidade de hialinização depende do grau de hipóxia gerado, o qual, por sua vez, é dependente da quantidade de força aplicada (CONSOLARO, 2002). Portanto, a absorção óssea direta ou indireta é percebida como uma reação tecidual à força aplicada (MELSEN, 2001).

Analisando esta situação, pode-se concluir que a duração do movimento dentário pode ser dividida em período inicial e secundário. A absorção óssea direta, também chamada de absorção frontal, é formada sobre todo o período secundário, quando o tecido hialinizado desaparece após a absorção óssea solapante (REITAN, 1960; 1985).

A aposição óssea pelos osteoblastos ocorre na área de tensão (GOTZ *et al.*, 2006). No caso de regiões do ligamento periodontal super-destendidas, o fluxo sanguíneo pode ser diminuído transitoriamente. As alterações no fluxo sanguíneo geram, rapidamente, mudanças no ambiente químico. Por conseguinte, o nível de oxigênio certamente pode diminuir na área comprimida,

mas aumenta no lado de tensão e a proporção relativa de outros metabólitos, também, pode mudar em questão de minutos. Estas mudanças químicas, agindo diretamente ou por estímulo da liberação de outros agentes ativos biologicamente, poderiam provocar, então, a diferenciação e atividade celular (MORAES *et al.*, 2002; NOJIMA; GONÇALVES, 1996).

Onde existe distensão dos ligamentos, o estímulo promoverá a diferenciação de células mesenquimais em osteoblastos e fibroblastos. Em torno de dois dias após a aplicação da força, as modificações locais irão permitir que os osteoclastos e os osteoblastos iniciem o processo de remodelação óssea, com aposição no lado onde há tração e absorção na face em compressão (FERREIRA, 2002).

Podemos observar que, durante o tratamento ortodôntico, o osso é seletivamente removido em algumas áreas e adicionado em outras, enquanto o dente se move carregando os tecidos de sustentação (PROFFIT, 2002). Contudo, quando a quantidade de movimentação ortodôntica inicial, em adultos, é analisada, observa-se que esta é menor que em jovens, uma vez que ocorre diminuição da atividade de remodelação óssea alveolar, em resposta às forças mecânicas, com o aumento da idade (BRIDGES *et al.*, 1988; MISAWA-KAGEYAMA *et al.*, 2007). Porém, esta taxa em fases posteriores do tratamento é a mesma para ambos os grupos (REN *et al.*, 2005).

Na zona de pressão, o tecido de sustentação fibroso é reconstituído através da substituição quase completa das fibras velhas por novos elementos fibrosos (KOHNO *et al.*, 2003; SHIRAZI *et al.*, 2002). Além disto, a matriz extra celular, componente do ligamento periodontal e colágeno são degenerados,

degradados e reestruturados (BILDT *et al.*, 2007). Existe um aumento da atividade vascular e extensa presença de colágeno na área de pressão, áreas com reabsorção frontal e em áreas de tensão, com concomitante invasão vascular (RYGH *et al.*, 1986).

Pesquisas revelam, ainda, que existe alteração na camada de odontoblastos, decorrente de um processo inflamatório e alteração vascular com acúmulo de eritrócitos e leucócitos no interior dos vasos, especialmente, na área mesial da polpa e na raiz mesial do dente que foi movimentado, quando este é deslocado mesialmente. Essas alterações são reversíveis, se a agressão não for mais intensa que o limite fisiológico de tolerância tecidual (SANTAMARIA JR *et al.*, 2007). O movimento do dente através do osso depende da reação inflamatória local do tecido dento-alveolar (MILLER *et al.*, 2007).

Para melhor compreensão, podemos imaginar as unidades de absorção ou ósseo-remodelação como um conjunto caracterizado pelos osteoclastos, sob o comando de osteoblastos e auxiliados pelos macrófagos. Nessas unidades, ressalta-se o micro-ambiente ácido, totalmente isolado do meio tecidual e proporcionado pela interface de borda ativa ou em escova dos osteoclastos e a superfície óssea em reabsorção (STAINS; CIVITELLI, 2005; MORAES *et al.*, 2002). Esta regulação é mediada, indiretamente, pelo receptor ativador do fator nuclear (RANKL), um membro do fator de necrose tumoral (TNF) (DUNN *et al.*, 2007).

Em estudo realizado para determinar os efeitos do oxigênio hiperbárico sobre a remodelação óssea alveolar, durante o movimento ortodôntico, concluiu-se que existe um reforço na formação óssea nestas condições. Ainda, sugere-se que as atividades osteoblásticas podem ser moduladas por mudanças da tensão do oxigênio ambiental (GOKCE *et al.*, 2008).

Fármacos têm sido utilizados no sentido de observar o envolvimento destes no aumento da movimentação ortodôntica (DREVENSEK *et al.*, 2006; SPROGAR *et al.*, 2007). Nesse sentido, Pinheiro (2006) avaliou a influência do clodronato na taxa de movimentação dentária induzida ortodonticamente. Assim, 18 ratos foram submetidos à movimentação dentária ortodôntica, F= 45g/F e sacrificados no sétimo dia do experimento. Os achados histológicos sugerem que o uso do clodronato no quinto dia do experimento pode diminuir a reabsorção radicular e apresenta pouca influência na movimentação dentária induzida ortodonticamente.

Pinho (2007) avaliou a influência do cloreto de gadolínio ( $GdCl_3$ ) sobre a movimentação ortodôntica em ratos da raça Wistar. Para tanto, 20 animais foram divididos aleatoriamente em dois grupos submetidos à movimentação dentária induzida: controle, livre da influência de fármacos, e experimental, com aplicação de 10mg/kg de  $GdCl_3$  no primeiro dia do experimento. A força utilizada para a movimentação do primeiro molar superior esquerdo, com mola de níquel-titânio, foi de 45g durante sete dias. Concluiu-se, ao final da pesquisa, que o  $GdCl_3$  foi capaz de diminuir a taxa de movimentação dentária induzida ortodonticamente e estimular alterações teciduais compatíveis com a redução da atividade de reabsorção óssea e radicular.

O novo tecido ósseo, depositado durante a migração do dente, seja por questão fisiológica ou ortodôntica, pode ser visto radiográfica e histologicamente, apresentando os seguintes estágios de evolução: (1) osteóide; (2) osso fasciculado; (3) osso lamelar. O osteóide é produzido pelos osteoblastos. É encontrado em todas as superfícies ósseas onde está havendo nova deposição. Como não apresenta sinais de calcificação, o tecido osteóide não sofre absorção. A partir do instante em que surgem os primeiros sinais de calcificação, o tecido recebe a denominação de osso fasciculado. Quando este alcança certa espessura e maturidade, as partes deste osso fasciculado reorganizam-se e formam o osso lamelado. Esta seqüência é, em princípio, a mesma que se observa na formação óssea durante o movimento ortodôntico. A mecânica empregada pelo ortodontista e as reações biológicas decorrentes deste procedimento, estão inter-relacionadas (NOJIMA; GONÇALVES, 1996).

Os osteócitos presentes no osso alveolar sofrem mudanças morfológicas durante o movimento dentário. Entre o segundo e o quarto dias, vários exibem características de necrose e imagem destruída ao redor da matriz óssea. É evidente que aqueles presentes no osso alveolar, adjacentes à hialinização do ligamento periodontal, sofrem morte celular via apoptose e necrose secundária durante o movimento ortodôntico do dente, o qual pode ser associado com absorção óssea subsequente (HAMAYA *et al.*, 2002).

Apesar do osso renovar-se a cada instante, os dentes não participam desse processo de remodelação constante. Na superfície do cemento estão os cementoblastos, mas essas células não têm receptores para os mediadores

químicos indutores de reabsorção óssea e lhes é conferida o papel de guardiões da raiz dentária (CONSOLARO, 2002).

Sendo assim, o processo inflamatório induzido, ortodonticamente, pode causar reabsorção radicular, a qual é considerada uma complicação comum no tratamento ortodôntico (FOO *et al.*, 2007), mas esta, também, pode ser uma seqüela de doenças como inflamação periodontal ou iatrogenia (GOTZ *et al.*, 2006). Nos casos onde o movimento ortodôntico está ocorrendo pode-se afirmar que a reabsorção radicular acontece, geralmente, adjacente à zona de hialinização, devendo o profissional estar atento para este tipo de complicação (HARRIS, 2000).

## **2.2 Fotobiomodulação Laser - FBML**

A luz é uma energia radiante produzida por todos os estados físicos da matéria (sólido, líquido e gasoso). Esta energia contida em todas as estruturas atômicas forma um espectro eletromagnético, que por sua vez é metodicamente organizado, sendo denominado de comprimento de onda. Dessa forma, a energia radiante possui um espectro de comprimento de onda, visível ao olho humano, entre  $\lambda 385$  e  $\lambda 760$ nm. Abaixo de  $\lambda 385$ nm, a luz é denominada de ultravioleta e acima de  $\lambda 760$ nm de infravermelha, ambas não visíveis pelo homem (MISERENDINO, 1995).

O laser é considerado uma fonte luminosa que utiliza a luz emitida por um átomo ou molécula para estimular a emissão de mais luz por outros átomos ou moléculas e, neste processo, amplificar a luz original (BRUGNERA JÚNIOR; PINHEIRO, 1998).

O termo laser procede da língua inglesa e é o acrônimo de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (Amplificação de Luz por Emissão Estimulada de Radiação). Esta radiação é eletromagnética, não ionizante, sendo um tipo de fonte luminosa com características bastante distintas de uma fonte de luz fluorescente ou de uma lâmpada comum. São justamente as características especiais desse tipo de luz que a faz ter propriedades terapêuticas importantes, uma vez que otimiza a micro-circulação (WALSH, 2003).

Graças às suas propriedades, é utilizado em várias aplicações dentro da Medicina e da Odontologia. O tipo mais usado nos tratamentos clínicos odontológicos é o laser em baixa potência, pois tem ação analgésica, antiinflamatória e bioestimulante, contribuindo para regeneração dos tecidos (BRUGNERA JÚNIOR; PINHEIRO, 1998).

A interação entre o raio laser e o tecido pode gerar efeitos biomodulador ou ablativo, os quais dependem do comprimento de onda e de sua afinidade pelo tecido irradiado, bem como da densidade de potência e o tempo de irradiação. A radiação laser é bem tolerada pelos tecidos e pode ser usada sem riscos para o paciente não apresentando contra-indicação para gestantes, nem portadores de marca-passo (PINHEIRO, 1998). Pode-se afirmar que o tratamento com laser em baixa potência é um tipo de terapia não-invasiva,

indolor, não-térmica e asséptica, sem efeitos colaterais, com boa relação custo-benefício (LIM *et al.*, 1995).

Embora a radiação laser não tenha capacidade ionizante, isto é, não rompa ligações químicas, sua propriedade de indução fotobiológica é capaz de provocar alterações bioquímicas, bioelétricas e bioenergéticas nas células (KARU, 1999).

A monocromaticidade indica que cada meio que gera laser corresponde a um único comprimento de onda. Esta característica é considerada o atributo mais importante da luz laser, porque determina quais biomoléculas absorverão a radiação incidente e, portanto, a interação fotobiológica e os efeitos terapêuticos específicos (KARU, 1989).

O comprimento de onda da luz laser está diretamente relacionado ao meio ativo onde está ocorrendo a emissão estimulada, podendo este ser de natureza sólida, líquida, gasosa ou semicondutores (componentes eletrônicos). Estes meios ativos podem ser estimulados por descargas elétricas, fontes luminosas como lâmpadas de flash ou por outro laser (PINHEIRO, 1998).

Devido ao tipo de emissão de energia obtido na cavidade ótica de aparelhos de laser – emissão estimulada – todos os fótons são coerentes, ou seja, suas energias se somam, deslocando-se na mesma região, movendo-se em fases iguais no tempo e no espaço. Por fim, a colimação é a propriedade pela qual o laser apresenta feixes paralelos e unidirecionais. Um sistema de lentes permite concentrar toda a energia do laser em um único ponto focal (GENOVESE, 2000).

Os lasers situados na região do vermelho e do infravermelho próximo, do espectro eletromagnético, agem na biorregulação ou normalização das funções celulares dos tecidos irradiados. Os equipamentos mais utilizados com esta finalidade são os de Hélio-Neônio (He-Ne), com emissão em  $\lambda 632,8\text{nm}$ , e os diodos semicondutores como Arseneto de Gálio (GaAs) e Arseneto de Gálio e Alumínio (GaAlAs), com comprimentos de onda de  $\lambda 650\text{nm}$  e  $\lambda 830\text{nm}$ , respectivamente (FERREIRA, 2002; DAMANTE *et al.*, 2004).

Os lasers de diodo são os emissores de menores dimensões existentes e podem ser produzidos em grande escala. Graças à sua eficiência e pequeno tamanho são especialmente adequados para a utilização em clínica odontológica. Normalmente, os encontrados no mercado são do tipo de heterojunção, ou seja, formados pela união de dois ou mais materiais distintos (LOPES, 2004). O mais utilizado em Odontologia é o de Arseneto de Gálio e Alumínio (DAMANTE *et al.*, 2004; NICOLAU *et al.*, 2003). As vantagens geradas pela facilidade de aquisição, por ser um equipamento mais simples em relação aos de alta potência, como baixo custo, objetividade, praticidade proporcionada pelo sistema de transmissão, simplicidade na realização dos procedimentos e obtenção de bons resultados, tornaram este tipo de aparelho mais popular (BRUGNERA JÚNIOR; PINHEIRO, 1998; TUNÉR; HODE, 2002).

Pode-se afirmar que os lasers de diodo, incluído aí o de GaAlAs, devido a suas propriedades peculiares, pode produzir um efeito biológico em nível celular que consiste, fundamentalmente, na estimulação seletiva das mitocôndrias, o que determinará significativo aumento na produção de ATP. Este processo é chamado fotobioestimulação. Assim sendo, são utilizados para

aliviar a dor, controlar a inflamação e o edema estimulando o reparo tecidual (TUNÉR; HODE, 2002).

O laser de GaAIs ocasiona fotobiomodulação através de efeitos fotoquímicos, fotoelétricos ou fotofísicos. O aumento da temperatura local não excede a 1°C (BRUGNERA JÚNIOR; PINHEIRO, 1998). Portanto, os efeitos biológicos não podem ser atribuídos ao aumento de calor. A intensidade destes depende do metabolismo celular ou da condição clínica tecidual antes da irradiação (CASALECHI *et al.*, 2007).

A energia laser proporciona às células e tecidos um aumento no trofismo, normalizando as deficiências e equilibrando as desigualdades (GENOVESE, 2000). Dentro do grupo de efeitos fotoquímicos do Laser em Baixa Potência, podemos incluir a ação biomoduladora, estimulando ou inibindo atividades enzimáticas e reações fotoquímicas (BRUGNERA JÚNIOR; PINHEIRO, 1998).

Os parâmetros fundamentais para uma apropriada comparação de dados de um protocolo de irradiação da luz laser são os seguintes: comprimento de onda, frequência, potência, diâmetro do raio, tempo de irradiação, densidade de potência, dose e intervalos de tratamento (TUNÉR; HODE, 2002).

Para que a radiação laser produza algum efeito biológico, é necessário que ela seja absorvida de forma a interagir com estruturas moleculares e celulares dos tecidos vivos. A extensão da interação entre a radiação laser e os tecidos vivos é determinada pelo comprimento de onda e pelas propriedades ópticas de cada tecido (PINHEIRO, 1998).

A dosimetria ideal para a terapia laser ainda é controversa, dependendo, portanto, de alguns fatores como distância entre a pele e o aparelho laser, sistema óptico do aparelho, tipo de fonte do laser, reflexão, transmissão, dispersão, absorção e profundidade do tecido tratado. Além desses, há parâmetros, como: comprimento de onda, duração do tratamento, densidade de energia, número de irradiações e modo de liberação, que deveriam ser levados em consideração (BJORDAL *et al.* 2003; LUCAS *et al.*, 2002).

De um modo geral, podemos dizer que a dosimetria varia de acordo com a indicação do caso. Por exemplo, efeito antiálgico, de 2 a 4J/cm<sup>2</sup>, antiinflamatório, de 1 a 3J/cm<sup>2</sup>, regenerativo, de 3 a 6J/cm<sup>2</sup> e circulatório, de 1 a 3J/cm<sup>2</sup> (BRUGNERA JÚNIOR; PINHEIRO, 1998).

Os incrementos de ATP mitocondrial que se produzem após a irradiação com laser favorecem um grande número de reações que interferem no metabolismo celular (PASSARELLA *et al.*, 1984). Karu *et al.* (1995), em um estudo com cultura de células, evidenciaram que o índice de ATP celular não muda durante os primeiros 15 minutos após a irradiação e que isto só acontece 20 minutos mais tarde. E posteriormente concluíram que em estados patológicos, o laser interfere no processo de troca iônica, acelerando o incremento de ATP (KARU *et al.*, 1999).

A radiação do laser de baixa potência, absorvida pelos tecidos, pode atuar de duas formas. Primeiro, através de efeitos bioquímicos, estimulando a liberação de substâncias, como por exemplo: histamina, serotonina, bradicinina e heparina. Segundo, modificando reações enzimáticas normais, tanto no sentido de excitação quanto de inibição. O efeito biológico do laser consiste,

fundamentalmente, em energia luminosa a ser depositada no tecido, que se transforma em energia vital, produzindo efeitos primários (diretos), efeitos secundários (indiretos) e efeitos terapêuticos gerais (AMAT *et al.*, 2006).

A resposta fotobiológica pode ser devido à absorção de comprimento de onda específico por algum fotorreceptor molecular desconhecido que participe nas reações metabólicas da célula, as quais não necessariamente estejam ligadas diretamente à resposta da luz laser por si mesmo (PINHEIRO; GERBI, 2006).

Dessa forma conclui-se que os efeitos biológicos dos lasers, operando em baixa potência, dependem, principalmente, de sua monocromaticidade e fluência, assim como da fase de crescimento em que as células receberam a irradiação (KARU *et al.*, 1995). Apesar dos inúmeros benefícios descritos quando da utilização do laser de diodo, vale salientar que este pode causar dano radicular se os parâmetros de irradiação não forem adequados (KREISLER *et al.*, 2002)

O efeito da FBML, não está presente, apenas, no domínio dos tecidos moles, mas, também, no que se refere à formação óssea, uma vez, que a irradiação laser provoca um aumento na atividade dos osteoblastos e uma diminuição no número de osteoclastos (NINOMIYA *et al.*, 2007). Além disso, pesquisas na literatura têm mostrado resultados positivos em relação ao reparo do tecido ósseo, diminuindo a dor e o período de regeneração (CASALECHI *et al.*, 2007). Sua utilização pode funcionar como acelerador da reparação óssea, de maneira que o osso neoformado nessas situações, apresenta qualidade superior àquele que não sofreu o mesmo procedimento terapêutico (SAITO;

SHIMIZU, 1997). Como consequência, pode ocorrer aceleração do movimento dentário, acompanhado de remodelação do osso alveolar (KAWASAKI; SHIMIZU, 2000).

Avaliando, morfometricamente, a quantidade de osso neo-formado após irradiação com laser GaAIAs,  $\lambda 830\text{nm}$ , 40mW, diâmetro do feixe 1mm, 4,8J/cm<sup>2</sup>, 12 aplicações, 7 e 28 dias, em feridas cirúrgicas criadas em fêmur de rato, Silva Jr. *et al.* (2002) concluíram que, nessas condições experimentais, houve aumento no reparo ósseo na fase inicial da cicatrização.

Khadra (2005), investigando a ação do laser GaAIAs, 1,5 e 3J/cm<sup>2</sup>, sobre a capacidade de aumentar o potencial de ósseo-integração do implante de titânio, concluiu que este recurso terapêutico pode promover cicatrização óssea e mineralização e, portanto, ser clinicamente benéfico na neo-formação óssea em defeitos cirúrgicos. Afirmou, ainda, que este tipo de laser é eficaz quando usado como tratamento adicional para acelerar a ósseo-integração.

Na regeneração de tecido duro, tem sido demonstrado que o efeito da FBML promove um reparo ósseo mais rápido. Estudando um grupo de 48 ratos (24 no grupo irradiado e 24 no grupo controle), com o laser de GaAIAs de  $\lambda 660\text{nm}$ , diâmetro do feixe 0,08cm<sup>2</sup>, 0,005W, 10J/cm<sup>2</sup> com exposição no 2<sup>o</sup>, 4<sup>o</sup>, 6<sup>o</sup> e 8<sup>o</sup> dias após a cirurgia, concluiu-se que houve aumento da atividade das células ósseas (reabsorção e formação) ao redor do local do reparo, sem mudanças na estrutura (NICOLAU *et al.*, 2003).

### 2.3 Movimento Dentário e Fotobiomodulação Laser

É possível que os efeitos da fotobiomodulação sobre a regeneração óssea não dependa somente da dose total de irradiação mas, também, do tempo e modo de irradiação. Estudos indicam que o osso irradiado com laser infravermelho mostra aumento de proliferação osteoblástica, deposição de colágeno e neoformação óssea, quando comparado com osso não irradiado (PINHEIRO; GERBI, 2006).

Galvão *et al.* (2006) afirmam que o laser GaAIs de  $\lambda 780\text{nm}$ , 30mW, diâmetro do feixe  $4\text{mm}^2$ ,  $112,5\text{J}/\text{cm}^2$ , 12 sessões de 2,5 minutos cada, cinco vezes por semana, acelera, diretamente, o processo de reparo ósseo em osteotomia realizada na tíbia de ratos da raça Wistar.

O laser em baixa potência tem sido usado no tratamento de muitas condições patológicas, com vários efeitos clínicos, incluindo a cicatrização de lesões de tecidos moles e duros. O efeito do comprimento de onda, densidade de energia, dosimetria e tempo de exposição são parâmetros que necessitam de melhor compreensão (COOMBE *et al.*, 2001). Contudo, existem trabalhos demonstrando que os osteoblastos, em meio de cultura específico, apresentam maior proliferação, quando irradiado pelo laser de GaAIs, no modo pulsado, sugerindo ser este um recurso importante para as respostas biológicas na formação óssea (UEDA; SHIMIZU, 2003).

Cruz *et al.* (2004), selecionaram 11 pacientes, que foram divididos em dois grupos: controle e irradiados, submetidos à retração dos caninos. No grupo experimental, o laser de diodo semiconductor de GaAIs,  $\lambda 780\text{nm}$ , 20mW,

5J/cm<sup>2</sup>, Ø4mm<sup>2</sup>, foi aplicado durante dez segundos, em cinco pontos na face vestibular e cinco na face palatina, ao longo de quatro dias. Os pontos foram assim distribuídos: dois no terço cervical da raiz (mesial e distal), dois no terço apical (mesial e distal) e um no terço médio (centro da raiz). Ao final da pesquisa, todos os pacientes demonstraram significativa aceleração da retração dos caninos no lado irradiado, quando comparados com o controle.

Youssef *et al.* (2008), avaliaram o efeito do laser diodo (GaAIIAs), λ809nm, 100mW, 8J/cm<sup>2</sup>, na retração de canino e no nível de dor durante o tratamento ortodôntico. Para tanto, foi selecionado um grupo de 15 pacientes, com idade entre 14 e 23 anos. O plano de tratamento incluiu extrações dos primeiros pré-molares superiores e inferiores, devido à ausência de espaços para o correto alinhamento dos dentes ou presença de biprotrusões. O tratamento ortodôntico foi iniciado 14 dias após a extração dos pré-molares. A retração dos caninos foi acompanhada do uso de molas pré-fabricadas em ambos os arcos. O lado direito das arcadas foi irradiado com laser enquanto o lado oposto foi utilizado como controle. O laser foi aplicado nos dias zero, três, sete e 14. A mola de retração foi reativada no 21<sup>o</sup>, dia em ambos os lados. Os autores observaram que a velocidade de movimentação do canino foi maior e a intensidade da dor menor no lado irradiado.

A aplicação do laser GaAIIAs, 2J/cm<sup>2</sup>, em três pontos, duas a três vezes por semana, foi descrito por Neves *et al.*, em 2005, como fator acelerador da reparação óssea nos casos de expansão rápida da maxila. Corroborando esta afirmativa, podemos citar Saito e Shimizu (1997), que investigaram em ratos, os efeitos do laser diodo (GaAIIAs), 100mW, aplicado na sutura, ao longo de

sete dias (3 a 10min por dia), três dias (7min por dia, de 0 a 2 ou de 4 a 6 dias) e um dia (21min ininterruptos no dia zero). A regeneração óssea na sutura palatina estimada pelo método histomorfométrico, no grupo laser com sete dias, mostrou significativa aceleração quando comparado com o grupo não irradiado; este aumento foi dose-dependente. A irradiação durante o período de expansão (0-2 dias) foi mais efetiva que no período mais tardio (4-6 dias). Estes achados sugeriram que o laser pode acelerar a regeneração óssea na sutura palatina mediana durante a expansão rápida da maxila, e que este efeito é dependente não somente de sua dose total, bem como do tempo e da frequência da irradiação. Esta técnica pode apresentar benefícios na prevenção de recidivas e diminuição do tempo de contenção após regeneração óssea da sutura palatina mediana.

O recrutamento de células precursoras do tecido hematopoiético está envolvido no processo de remodelação óssea, após a ativação ortodôntica (RODY JR. *et al.*, 2001) e, segundo Aihara *et al.* (2006), o laser em baixa potência facilita a diferenciação e ativação de osteoclastos.

Mendes (2005), estudou a influência do laser GaAlAs,  $\lambda 830\text{nm}$ , 100mW, diâmetro do feixe 0,6mm, 54J, ao longo de 14 dias, na movimentação ortodôntica numa pesquisa experimental em ratos. Os resultados sugeriram que o laser influenciou, favoravelmente, a absorção óssea alveolar induzida pelo movimento ortodôntico, no lado de pressão.

Porém, os trabalhos nessa área são bastante controversos. Ninomiya *et al.* (2007), observaram que a irradiação a laser Nd:YAG, pulsado,  $\lambda 1064\text{nm}$ , provocou aumento do volume ósseo devido à maior atividade osteoblástica e à

diminuição no número de osteoclastos. Goulart *et al.* (2006) afirmaram que a fotorradiação com laser de diodo GaAlAs,  $\lambda 780\text{nm}$ , 70mW,  $5,25\text{J}/\text{cm}^2$ , durante três segundos, pode acelerar o movimento ortodôntico, enquanto a fototerapia realizada com laser de diodo GaAlAs,  $\lambda 660\text{nm}$ , 70mW,  $35\text{J}/\text{cm}^2$ , durante 20 segundos, pode retardá-lo.

A irradiação de células fibroblásticas do ligamento periodontal humano provocou alta proliferação destas, *in vitro*, donde se conclui que a aplicação do laser GaAlAs,  $\lambda 809\text{nm}$ , 10mW,  $7,84\text{J}/\text{cm}^2$ , durante 75, 150 e 300 segundos, revelou uma proliferação, consideravelmente, mais elevada que no grupo controle. Porém, estudos clínicos são necessários para avaliar se tal conduta terapêutica pode beneficiar o tratamento que visa a regeneração periodontal (KREISLER *et al.*, 2003).

Na Ortodontia, temos exemplos, ainda, da utilização do laser de GaAlAs  $\lambda 790\text{nm}$ , com aplicação pontual  $2\text{J}/\text{cm}^2$  no ápice e  $1\text{J}/\text{cm}^2$  em três pontos ao longo da raiz, a uma frequência de três vezes por semana, esperando-se o efeito analgésico antiinflamatório e bioestimulador para o reparo ósseo (NEVES *et al.*, 2005). Em estudo semelhante, Ferreira Filho (2006), analisando 42 indivíduos adultos, de ambos os sexos, após instalação de elásticos separadores, onde metade da amostra foi irradiada com laser de diodo  $\lambda 790\text{nm}$ , em duas sessões, cada uma com  $2\text{J}/\text{cm}^2$ , e a outra metade utilizada como grupo controle, verificou que houve redução da dor, bem como o retardo de seu início, nos paciente que sofreram aplicação do laser e que estes ainda apresentaram melhor resposta da movimentação dentária.

Podemos citar pesquisa realizada em coelhos, investigando os efeitos quantitativos do laser pulsátil de 850nm (Optodan) e o laser contínuo 630nm (KLO3) no movimento dentário. Os animais receberam molas de níquel titânio, com força de 113,4g/F, objetivando a mesialização do primeiro molar inferior. Ocorreu diminuição, estatisticamente significativa, na movimentação dentária nos grupos onde os lasers foram aplicados. As irradiações aconteceram durante nove dias consecutivos e as doses totais de energia nos grupos infravermelho e vermelho foram de 8,1J e 27J, respectivamente. Após 16 dias, os animais foram sacrificados e foram tomadas medidas da distância da superfície distal do primeiro molar inferior à mesial do segundo molar inferior, de forma a apresentar os resultados citados acima (SEIFI *et al.*, 2007).

Um estudo randomizado, duplo cego, para testar a hipótese de que ocorre aumento na velocidade de movimentação ortodôntica, quando é aplicado o laser em baixa potência, foi realizado em adultos jovens, após extração dos primeiros premolares. Os caninos foram retraídos com molas de aço e os dentes irradiados com o laser de GaAIs,  $\lambda$ 860nm, 100mW, diâmetro do feixe 0,09cm<sup>2</sup>, densidade de potência 1,11W/cm<sup>2</sup>, 2,3J por ponto e dose total de 25J/cm<sup>2</sup>, nas faces vestibular, distal e palatina. Não houve diferença significativa entre o grupo irradiado e o controle. Os autores sugerem que tal fato pode ter ocorrido devido à dose utilizada, a qual foi considerada, posteriormente, baixa (LIMPANICHKUL *et al.*, 2006).

Considerando que os processos de reabsorção e neo-formação óssea necessitam de um eficiente sistema vascular (GIANELLY; GOLDMAN, 1971) e que a aplicação da radiação do laser de GaAIs otimiza a micro-circulação

(WALSH, 2003), pode-se supor que é possível obter melhores resultados, lançando mão deste recurso terapêutico, na clínica ortodôntica. Pensando assim, é que este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de compreender melhor questões pertinentes ao movimento dentário e especialmente, a possibilidade de acelerar o processo, reduzindo o tempo necessário para a resposta biológica ante a ação da força ortodôntica.

### **3 PROPOSIÇÃO**

Avaliar as reações histológicas, decorrentes do movimento dentário induzido ortodonticamente, em ratos da espécie *Rattus norvegicus* submetidos à fototerapia laser, analisando qualitativamente aspectos como densidade vascular-polpa, inflamação-polpa, densidade vascular-periodonto, inflamação-periodonto, hialinização, osteoclastos, osteoblastos, colágeno-pressão, colágeno-tensão e reabsorção radicular.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a realização desta pesquisa, foram utilizados 30 ratos saudáveis da espécie *Rattus norvegicus*. Os animais eram todos machos, adultos jovens, com três meses de idade e peso variando entre 250g e 300g, obtidos no Biotério da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal da Bahia - UFBA.

O protocolo de pesquisa foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa do Laboratório de Experimentação Animal da Faculdade de Odontologia da UFBA, recebendo o parecer favorável da comissão (Anexo A).

Foi utilizado o método experimental, com todos os procedimentos, obedecendo às recomendações éticas e legais especificadas para a experimentação animal (*CANADIAN COUNCIL ON ANIMAL CARE*, 1980; *COLÉGIO BRASILEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL*, 1991).

Os animais foram distribuídos em três grupos, contendo dez em cada um, sendo cinco do Grupo Controle e cinco pertencentes ao Grupo Laser, os quais foram submetidos à irradiação com GaAAs. Os do Grupo Controle foram utilizados para caracterizar a movimentação ortodôntica normal, sem irradiação laser, servindo de parâmetro para comparação com os animais do Grupo Laser.

#### **4.1 Condições Ambientais**

Os animais foram mantidos no laboratório de experimentação animal da Faculdade de Odontologia da UFBA, em gaiolas coletivas contendo no máximo cinco animais cada, com temperaturas entre 22°C e 26°C, e iluminação dia e noite. Cada gaiola foi forrada com raspas de madeira (maravalha), que foram substituídas, a cada dois dias, propiciando, assim, condições favoráveis de higiene e preenchendo os requisitos físico-químicos necessários para a saúde e bem-estar dos animais (FINEP, 1996).

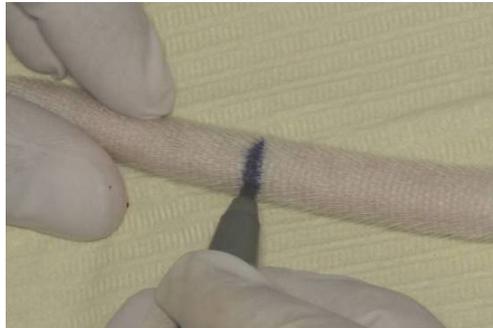
A alimentação se constituiu de ração apropriada (Purina Labina – Ratos) e água *ad libitum*. A ração foi triturada por um processador de alimentos, a fim de se evitar eventuais danos à aparelhagem ortodôntica, durante a mastigação.

Os animais foram pesados no início da pesquisa, e semanalmente, até sua conclusão, com o objetivo de se observar quaisquer alterações de peso relacionadas à alimentação e/ou às condições experimentais.

#### **4.2 Caracterização e Manipulação da Amostra**

Considerando que o laser em baixa potência é um recurso de ação sistêmica, para avaliar o efeito do mesmo, foi necessário estabelecer um grupo controle distinto de cada grupo irradiado. Desta forma, os grupos foram constituídos de dez animais cada, denominados de G7, G13 e G19, de acordo com o tempo experimental de sete, 13 e 19 dias, sendo cinco para controle e cinco para a movimentação ortodôntica associada à fototerapia laser.

Os animais foram identificados, em sua cauda, com um lápis hidrocor (Pilot Color 850) nas cores preto (Grupo Controle) e vermelho (Grupo Laser), fazendo-se a quantidade de círculos correspondente ao seu número no experimento (Fig. 1)



**Figura 1** Identificação do animal quanto ao grupo pertencente (HABIB, 2008).

#### **4.3 Configuração e Montagem do Aparelho**

A fórmula dental do rato, no arco superior, se caracteriza pela presença de dois incisivos na região anterior e seis molares (três de cada lado) na região posterior.

Para a realização da movimentação dentária, foi utilizado um modelo de aparelho desenvolvido por King *et al.* (1991), com modificações sugeridas por Sobral (1999), e o mesmo instalado no arco dentário superior dos animais.

O sistema de forças aplicado foi composto de duas secções de fio de amarelo 0,010" (Morelli<sup>®</sup>, Sorocaba, SP, Brasil), o qual foi fixado em ambas as extremidades de uma mola fechada de níquel-titânio (Reflex<sup>®</sup> Closed Coil Springs, light, 150g, 3mm, TP Orthodontics, Inc., La Porte, IN, United States of America).

Antes dos procedimentos de montagem do aparelho, os animais foram anestesiados mediante uma associação de 12ml/100g de cloridrato de cetamina (Vetaset<sup>®</sup>, São Paulo, SP, Brasil), com 6ml/100g de xilazina (Coopazine<sup>®</sup> - Coopers, São Paulo, SP, Brasil), por via intramuscular. Em seguida, foi instalado um abridor de boca confeccionado com fio ortodôntico de aço inoxidável, diâmetro 0,09" (Morelli<sup>®</sup>, Sorocaba, SP, Brasil), com a finalidade de facilitar o acesso à cavidade oral do animal durante os procedimentos operatórios. Com o auxílio de uma pinça *Mathieu* (Zatty<sup>®</sup>, Jacanga, SP, Brasil), um dos lados do conjunto (mola e fios de amarrilho) foi adaptado na região cervical do primeiro molar superior esquerdo, passando abaixo da ameia distal e trançado o fio ao redor do dente (Fig. 2).



**Figura 2** Primeiro molar superior esquerdo com fio de amarrilho trançado na região cervical (HABIB, 2008).

Com o objetivo de se obter retenção para fixação da outra extremidade do conjunto na região anterior, foi realizada uma perfuração entre os incisivos, próxima à papila interdental, com o auxílio de uma broca esférica nº2 (KG

Sorensen, São Paulo, SP, Brasil), montada em peça reta (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil) adaptada a um motor elétrico BLM 600 (Driller, Jaguaré, SP, Brasil). As secções do fio de amarrilho restantes foram trançadas visando sua fixação na região anterior. Após esta etapa, procedeu-se ao condicionamento do esmalte dos incisivos superiores, com ácido fosfórico a 37% (Alpha Acid<sup>®</sup> - DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), por 15 segundos, posteriormente removido com bolinhas de algodão embebidas em soro fisiológico e secado com o auxílio de uma pera de látex sem válvula.

Concluída esta fase, o abridor de boca foi removido e o fio de amarrilho, já trançado, foi passado pelo orifício interincisal. Com o animal posicionado sobre a maca cirúrgica, horizontalmente, de forma que a linha de ação da força estivesse paralela ao solo, a extremidade mesial do fio foi fixada a um dinamômetro de precisão (25-250 dial type – HALDA<sup>®</sup> Halmstad, Swenden) e a força aferida em 40g/F (Fig. 3 A e B). Após a aferição, para se garantir a continuação da fidelidade da medida, o fio foi marcado justo à face palatina dos incisivos superiores e mantido com a pinça *Mathieu* (Zatty<sup>®</sup>, Iacanga, SP, Brasil) nesta posição (Fig. 3 C e D). E, desta forma, foi posicionado ao redor dos incisivos e fixado com resina fotopolimerizável (Fill Magic Ortodôntico com Flúor, Vigodent<sup>®</sup>, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) (Fig. 4).

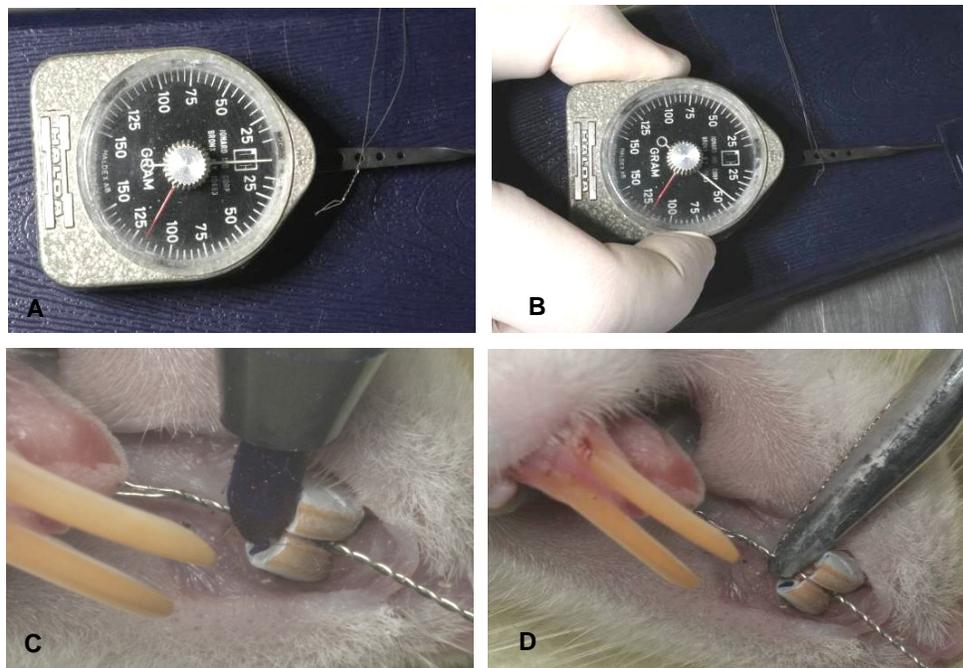


Figura 3 A: dinamômetro de precisão antes da aplicação da força. B: força aferida em 40g/F. C: marcação realizada justo à face palatina dos incisivos superiores. D: apreensão do fio com a pinça *Mathieu* na marcação (HABIB, 2008).

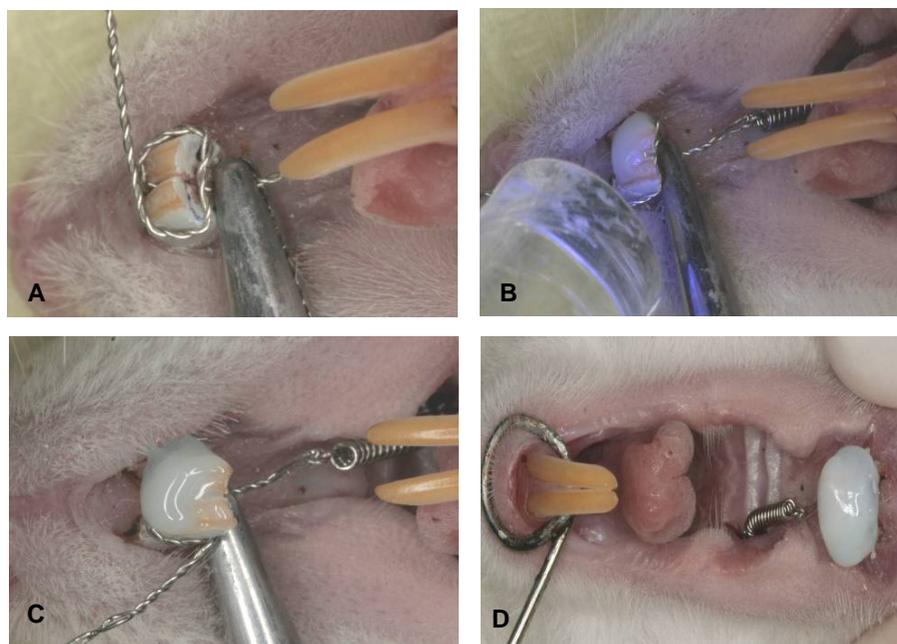
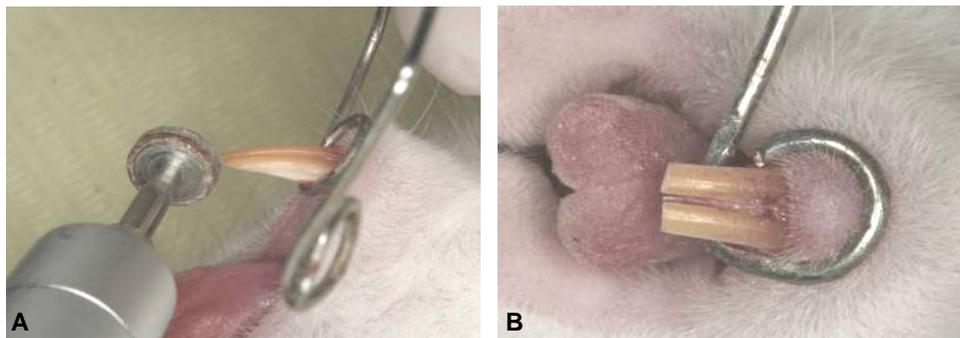


Figura 4 A: posicionamento do fio trançado ao redor dos incisivos. B e C: fixação com resina fotopolimerizável. D: sistema de forças confeccionado (HABIB, 2008).

Os incisivos inferiores foram desgastados com uma ponta diamantada tipo roda nº 3053 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) montada numa peça reta (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil) adaptada ao motor elétrico BML 600 (Driller), para se evitar danos ao aparelho durante o experimento (Fig. 5). Com o objetivo de eliminar fatores mecânicos, como a força mastigatória, que pudessem impedir a movimentação mesial do primeiro molar superior esquerdo, foi extraído o antagonista correspondente, utilizando-se uma pinça mosquito (Golgran, São Caetano do Sul, SP, Brasil).



**Figura 5 A: desgaste dos incisivos inferiores. B: aspecto dos incisivos inferiores após o desgaste (HABIB, 2008).**

Finalizada a montagem do aparelho, foi procedida a lavagem dos olhos dos animais, com soro fisiológico. Este procedimento é recomendado para conforto do animal, evitando o ressecamento da região ocular.

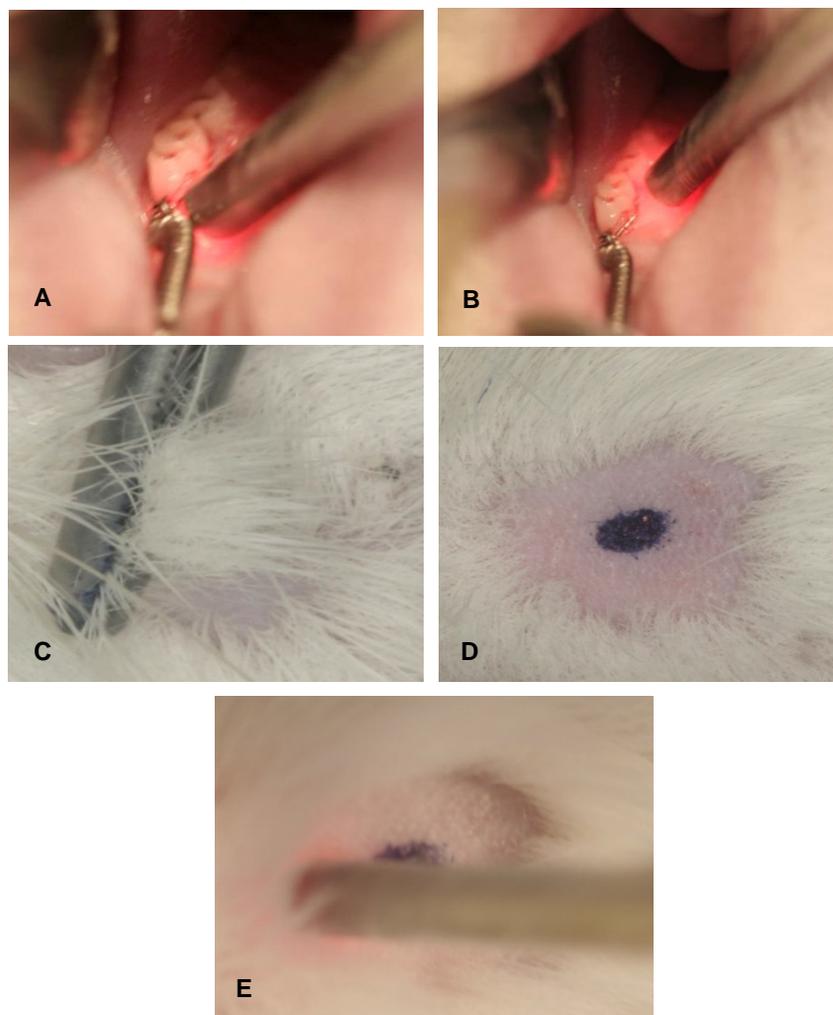
#### **4.4 Aplicação do Laser**

O equipamento utilizado nessa pesquisa foi o laser diodo, modelo Unit (Kondortech, São Carlos, SP, Brasil) com emissão de radiação infravermelha, comprimento de onda de  $\lambda 790\text{nm}$ , 40mW de potência, diâmetro do feixe de

2mm, dose total de irradiação de  $20\text{J}/\text{cm}^2$ , sendo  $4,5\text{J}/\text{cm}^2$  nos pontos mesial e distal da região palatina e  $11\text{J}/\text{cm}^2$  por vestibular, o qual foi aplicado via extra-oral. Isto se deu devido a impossibilidade de obter-se o perpendicularismo ideal, para aplicação do laser, intra-oralmente, o que, nos fez aumentar a dose, neste ponto, em 20% por tratar-se de uma irradiação transcutânea. Para obtenção deste valor, foi levado em consideração que ocorre uma perda da irradiação entre 8 a 10% graças à reflexão da luz e mais 10% para compensar a barreira mecânica que o tecido representa.

Ao início de cada sessão de irradiação, os animais foram anestesiados com a mesma substância utilizada para a montagem do aparelho, sendo aplicado um terço da dose recomendada, para aquela situação, uma vez que a duração do procedimento demandava um tempo bem menor do que o necessário para instalação do sistema de forças.

Todas as irradiações foram realizadas pelo mesmo operador e ocorreram a cada 48 horas, ao longo de sete, 13 e 19 dias, a depender do grupo ao qual o animal pertencia. A ponta do laser foi mantida perpendicular e em contato com a mucosa durante o procedimento, com a finalidade de atingir as fibras periodontais e o processo alveolar em torno do elemento dental em questão. Para a aplicação extra-oral, foi necessário realizar tricotomia prévia da região e a marcação de um ponto de referência imediatamente distal (o laser foi posicionado mesial a este ponto) ao primeiro molar superior esquerdo (Fig. 6).

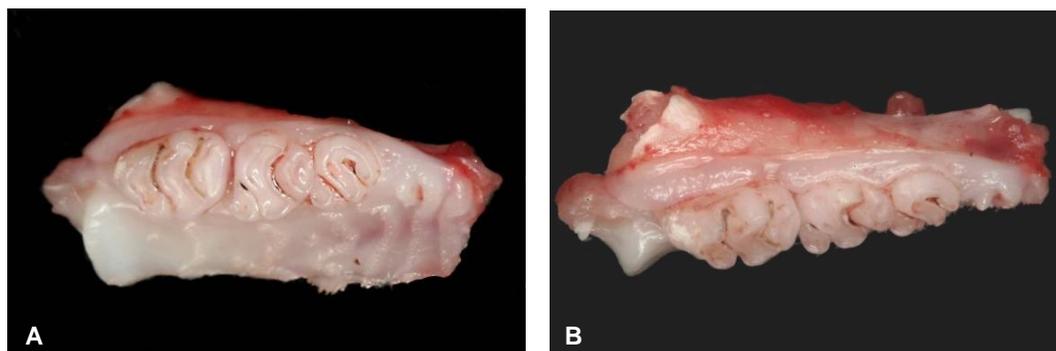


**Figura 6 A: aplicação na face mesial por palatino. B: aplicação na face distal por palatino. C: tricotomia. D: marcação do ponto de referência para aplicação extra-oral. E: aplicação extra-oral do laser (HABIB, 2008).**

#### **4.5 Morte dos Animais e Processamento Histológico**

A morte dos animais ocorreu ao final de cada período experimental (sete, 13 e 19 dias). Para tanto, foi utilizado overdose anestésica, através da associação de cloridrato de cetamina (Vetaset<sup>®</sup>, São Paulo, SP, Brasil), com xilazina (Coopazine<sup>®</sup> - Coopers, São Paulo, SP, Brasil), via intramuscular. Após a morte, o aparelho ortodôntico foi removido com auxílio de alicate de corte de fio de amarelo (900-753), da 3M - Unitek<sup>®</sup> (Monrovia, CA, United States of

America) e os ossos maxilares dissecados e osteotomizados para obtenção de secções teciduais das regiões dos primeiros molares superiores do lado esquerdo, englobando estruturas periodontais e dentárias (Fig. 7).



**Figura 7** Peça anatômica analisada. **A:** face oclusal. **B:** face vestibular (HABIB, 2008).

As peças foram imersas em solução de formol a 10%, para fixação, por 24h. Após esse período, foram descalcificadas, por mais 24h, em solução contendo ácido fórmico a 5%. Realizada a descalcificação, as peças foram incluídas em parafina. Cortes sagitais seriados de 4 $\mu$ m, foram usados para observações gerais em microscopia óptica e processadas para coloração com hematoxilina e eosina – HE e picro-sirius. As lâminas coradas com o picro-sirius foram realizadas, especificamente, para análise da presença do colágeno.

#### **4.6 Coleta de Dados e Análise das Lâminas**

A leitura das secções histológicas foi realizada em Microscópio ZEISS, binocular - modelo Axiolab (Thornwood, NY, United States of America), do Laboratório de Anatomia Patológica da Faculdade de Odontologia da UFBA.

Os cortes foram fotomicrografados por meio de sistema Digital Color Camera SCC-131 da Samsung® (South Korea), acoplado ao microscópio utilizado.

Através dessas observações, foram realizadas análises descritiva e semi-quantitativa dos cortes histológicos obtidos, por um único observador, devidamente calibrado, com experiência na área, levando em consideração os seguintes aspectos: densidade vascular; inflamação; hialinização; osteoclastos; osteoblastos, colágeno e reabsorção radicular. Assim, foram avaliadas as áreas de pressão e tensão do ligamento periodontal na região da raiz mesial, distal e zona de furca do primeiro molar superior esquerdo. A padronização da análise semi-quantitativa, usada na análise microscópica, foi obtida pelos critérios descritos na Tabela 1, a qual foi criada baseada no trabalho de Soares (2006).

Concluída a análise semi-quantitativa, os dados foram tabulados e receberam tratamento estatístico, por meio do *software Analyse-it for Excel 1.68*. Os testes de Kruskal-Wallis e exato de Fisher foram utilizados para determinação das diferenças entre os grupos. Os resultados foram considerados significantes quando foi encontrado  $p = 0,05$ . Inicialmente, foi feita uma análise intra-grupo dos dados obtidos nos Grupos Controle e Laser, avaliando cada parâmetro histológico em relação aos tempos de sete, 13 e 19 dias. Em seguida, foi realizada uma análise comparativa intergrupos, destes mesmos aspectos, buscando identificar as alterações em cada tempo estudado (Anexo D).

Tabela 1

Critérios utilizados para análise semi-quantitativa de microscopia óptica (HABIB, 2008).

	Ausente	Discreta	Moderada	Severa
Densidade vascular	—	Presença de vasos em até 25% da área observada	Presença de vasos de 25% a 50% da área observada	Presença de vasos em mais de 50% da área observada
Inflamação	—	Presença de células mononucleares em até 25% da área observada	Presença de células mononucleares de 25% a 50% da área observada	Presença de células mononucleares em mais de 50% da área observada
Hialinização	—	Presença em uma área associada à zona pressão	Presença em duas áreas associada à zona pressão	Presença em mais de duas áreas associada à zona pressão
Osteoclastos	—	Presença de osteoclastos em até 25% da área observada	Presença de osteoclastos de 25% a 50% da área observada	Presença de osteoclastos em mais de 50% da área observada
Osteoblastos	—	Presença de osteoblastos em até 25% da área observada	Presença de osteoblastos de 25% a 50% da área observada	Presença de osteoblastos em mais de 50% da área observada
Colágeno	—	Presença de colágeno em até 25% da área observada	Presença de colágeno de 25% a 50% da área observada	Presença de colágeno em mais de 50% da área observada
Reabsorção radicular	—	Presença de pontos de reabsorção em até 25% da área observada	Presença de pontos de reabsorção de 25% a 50% da área observada	Presença de pontos de reabsorção em mais de 50% da área observada

## **5 RESULTADOS**

### **Análise Histológica Descritiva**

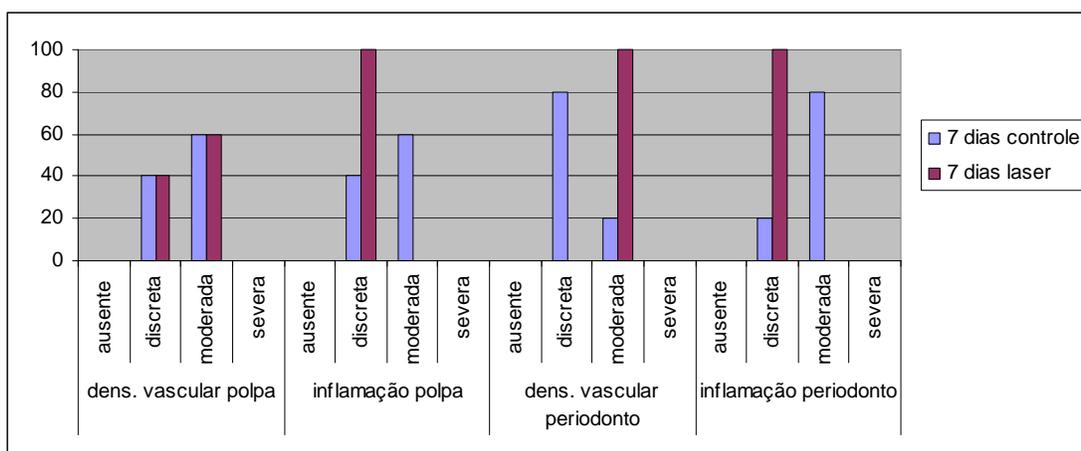
As secções histológicas exibiram fragmento de tecido ósseo, com implantação de três dentes caracterizados como molares superiores, do lado esquerdo. Estas secções coradas com hematoxilina-eosina (HE) e micro-sirius, dos Grupos G7, G13 e G19 (Controle e Laser), tiveram como área de análise a região localizada entre a raiz mesial do primeiro molar superior e a crista óssea alveolar, situada entre esta unidade e o segundo molar. Assim, foi possível observar os aspectos histológicos de cada lâmina e estabelecer um valor percentual para cada dado analisado (Anexos B e C).

Na região submucosa gengival, entre o primeiro e o segundo molar superior esquerdo, observou-se infiltrado inflamatório, de intensidade variável entre discreta e moderada, atribuído à presença de artefato ortodôntico, em todos os animais pertencentes ao experimento.

#### **G7 - Controle e Laser**

Como pode ser visto na figura 8, no Grupo Controle, a polpa coronária apresentou hiperemia vascular moderada, em 60% dos casos e discreta, em 40%. Em relação ao tecido periodontal, a densidade vascular foi considerada discreta, em 80%, e moderada, em 20% dos casos. O tecido conjuntivo apresentou inflamação, predominantemente, crônica caracterizada pela supremacia da população de células mononucleares (linfócitos, plasmócitos e macrófagos), em 100% dos casos, sendo a intensidade considerada moderada, em 60%, e discreta, em 40%. Apesar do predomínio de quadro proliferativo e

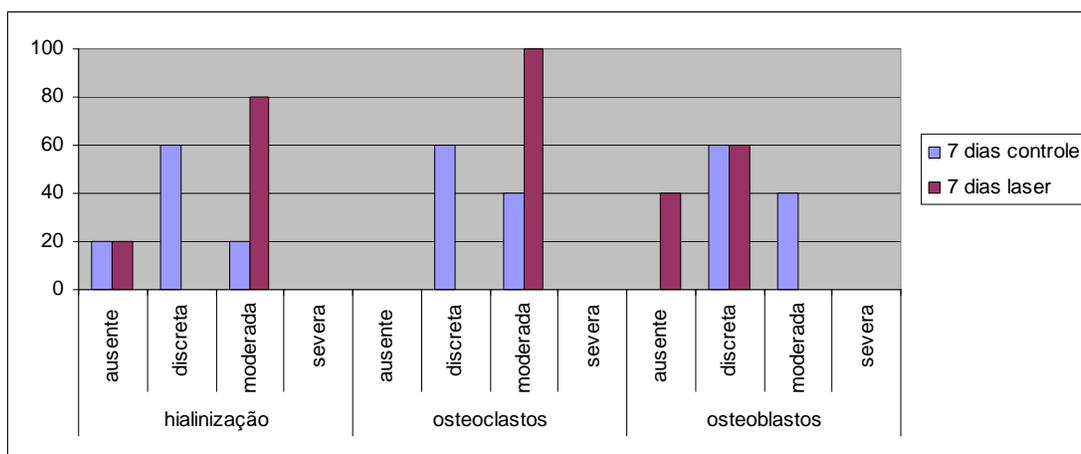
inflamação crônica, foi verificada a presença de células inflamatórias do tipo polimorfonucleares, neste tempo experimental, com intensidade moderada, em 60% dos casos e discreta, em 40%. No Grupo Laser, a polpa coronária também apresentou hiperemia vascular moderada, em 60% dos casos e discreta, em 40%. Em relação ao tecido periodontal, a densidade vascular foi considerada moderada, em 100% dos casos. O tecido conjuntivo também apresentou inflamação, predominantemente, crônica caracterizada pela supremacia da população de células mononucleares (linfócitos, plasmócitos e macrófagos), em 100% dos casos, sendo a intensidade considerada discreta em todos eles.



**Figura 8 Demonstração gráfica da densidade vascular na polpa, inflamação na polpa, densidade vascular no periodonto e inflamação no periodonto, no Grupo G7 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).**

A figura 9 demonstra que, no Grupo Controle, a hialinização foi discreta, em 60% dos casos, moderada, em 20%, e ausente, nos 20% restantes, localizando-se, principalmente, nas áreas apicais das raízes mesial e distal. Quanto à presença dos osteoclastos, esta se fez de maneira discreta, em 60% dos casos e moderada, em 40%, principalmente, no osso adjacente à raiz

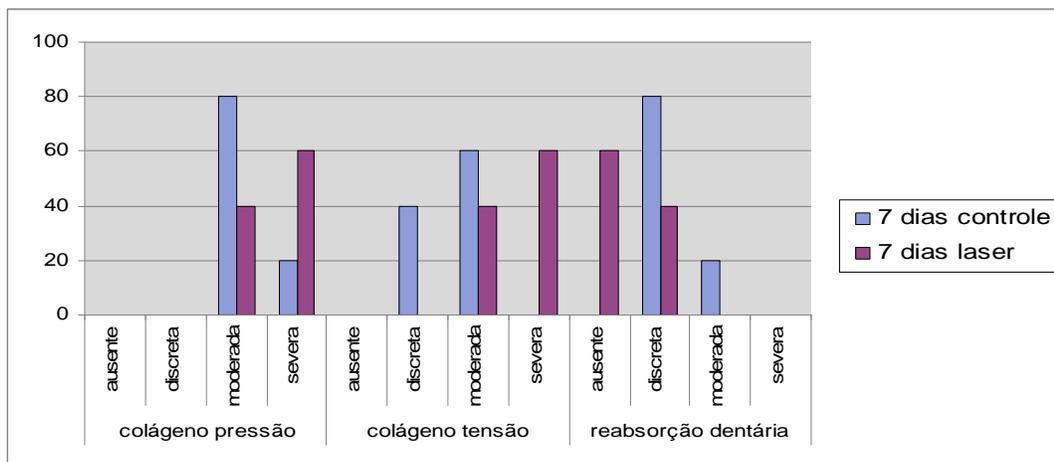
mesial e no septo intra-radicular. Já os osteoblastos tiveram presença discreta, em 60% dos casos e moderada, em 40%, principalmente, no osso alveolar adjacente à raiz distal. No Grupo Laser, observou-se que a hialinização foi moderada, em 80% dos casos e ausente, em 20%. A presença dos osteoclastos foi moderada, em 100% dos casos, associados à periferia das áreas de hialinização, enquanto os osteoblastos tiveram presença discreta, em 60% dos casos, principalmente, no osso alveolar adjacente à face distal das raízes mesial e mediana, e estavam ausentes, em 40%.



**Figura 9 Demonstração gráfica da quantidade de hialinização, presença de osteoclastos e osteoblastos, no Grupo G7 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).**

Pode ser observado na figura 10, que no Grupo Controle, a presença de colágeno, ocorreu de forma moderada, em 60% dos casos e severa, em 40%. Na área de pressão, esta se mostrou moderada, em 80% dos casos e severa, em 20%; na de tensão, foi considerada moderada, em 60% dos casos e discreta, em 40%. Quanto à reabsorção radicular nos primeiros molares, foi de forma discreta, em 80% dos casos, restringindo-se às regiões das raízes mesial e distal e intensa, em 20%, na raiz distal, envolvendo a face mesial da

mesma. No Grupo Laser, a presença de colágeno na área de pressão, foi de maneira severa, em 60% dos casos e moderada, em 40%; na área de tensão, foi severa, em 60% dos casos, e moderada, em 40%. Em 60% dos casos, não foi observada reabsorção radicular em qualquer das raízes dos primeiros molares. Nos 40% restantes, apareceu de forma discreta, restringindo-se à raiz mesial.

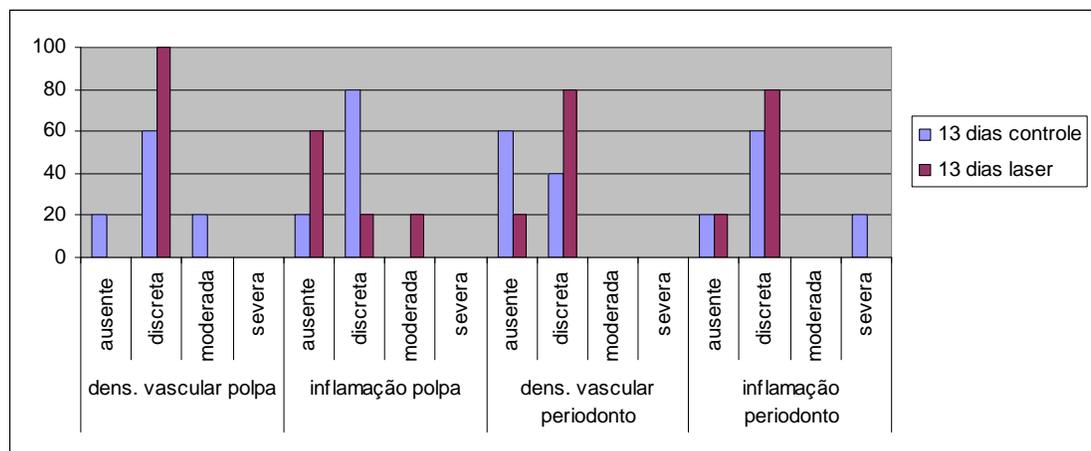


**Figura 10 Demonstração gráfica da quantidade de colágeno nas áreas de pressão, tensão e expressão da reabsorção radicular, no Grupo G7 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).**

### G13 – Controle e Laser

Conforme pode ser visto na figura 11, no Grupo Controle, a polpa coronária apresentou hiperemia vascular discreta, em 60% dos casos, moderada, em 20% e ausente, nos 20% restantes. Em relação ao tecido periodontal, a densidade vascular foi considerada ausente, em 60% dos casos e discreta, em 40%. Apesar do predomínio de quadro proliferativo e inflamação crônica, neste tempo experimental, foi verificada a presença de células inflamatórias do tipo polimorfonucleares com intensidade discreta, em 60% dos casos, severa, em 20% e ausente, nos 20% restantes. No Grupo Laser,

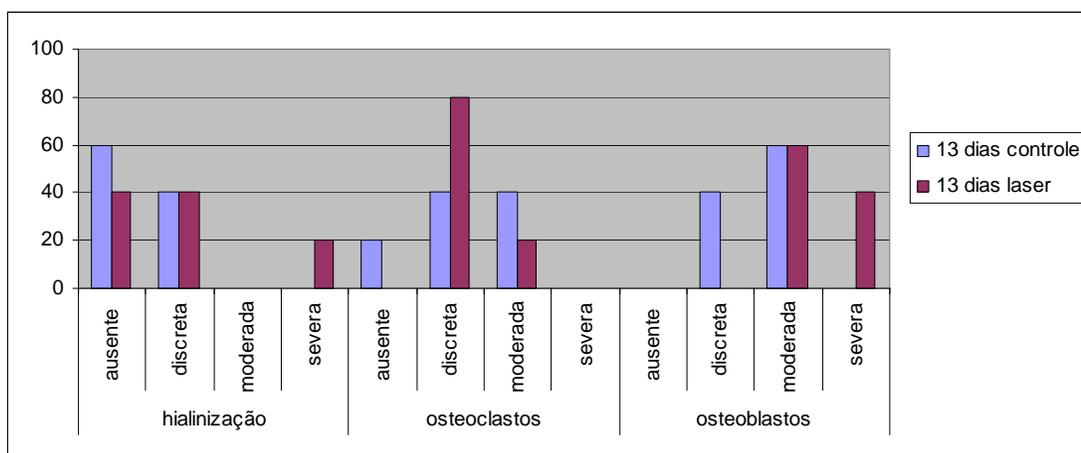
observou-se que a polpa coronária apresentou hiperemia vascular discreta, em 100% dos casos. Em relação ao tecido periodontal, a densidade vascular foi considerada discreta, em 80% dos casos e ausente, em 20%. O tecido conjuntivo apresentou inflamação, predominantemente, crônica caracterizada pela supremacia da população de células mononucleares (linfócitos, plasmócitos e macrófagos), sendo a intensidade considerada ausente, em 60% dos casos, moderada, em 20% e discreta, em 20%.



**Figura 11 Demonstração gráfica da densidade vascular na polpa, inflamação na polpa, densidade vascular no periodonto e inflamação no periodonto, no Grupo G13 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).**

Pode-se observar na figura 12, que no Grupo Controle, a hianilização foi ausente, em 60% dos casos e discreta, em 40%, localizando-se, principalmente, nas faces mesial da raiz distal e face distal da raiz mesial. A presença dos osteoclastos se fez de maneira discreta, em 40% dos casos, moderada, em 40% e ausente em 20%, principalmente, nas regiões da face mesial da raiz mesial e osso interradicular. Já os osteoblastos tiveram uma presença moderada, em 60% dos casos, principalmente, no osso interradicular e crista óssea intermediária, e discreta, em 40%. No Grupo Laser, em relação à

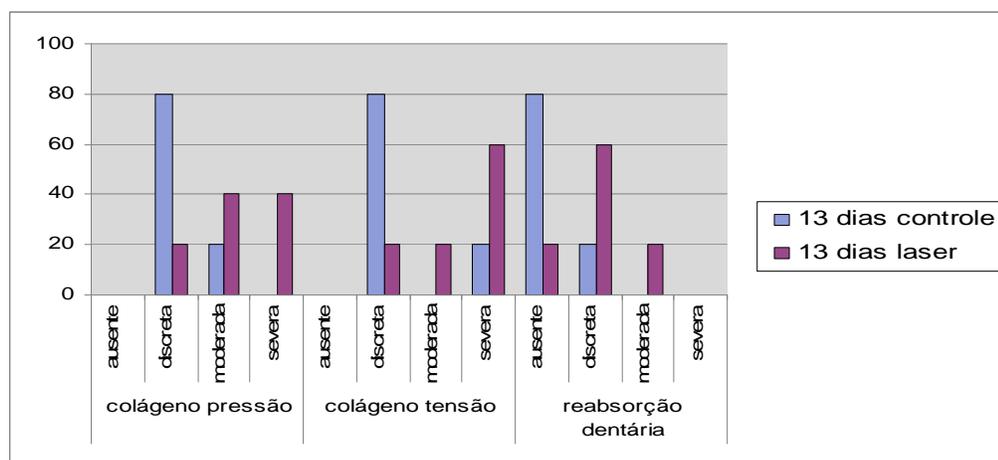
hialinização, observou-se que esta foi discreta, em 40% dos casos, ausente, em 40% e severa, em 20%. A presença dos osteoclastos se fez de maneira discreta, em 80% dos casos e moderada, em 20%, associado à região da face mesial das raízes mesial e distal e osso interradicular. Já os osteoblastos tiveram uma presença moderada, em 60% dos casos e severa, em 40%, principalmente, na área distal da raiz distal e porção distal do osso interradicular.



**Figura 12 Demonstração gráfica da quantidade de hialinização, presença de osteoclastos e osteoblastos, no Grupo G13 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).**

Na figura 13, pode-se observar que a da presença de colágeno, no Grupo Controle, na área de pressão, foi de maneira discreta, em 80% dos casos e moderada, em 20%; na área de tensão, foi discreta, em 80% dos casos e severa, em 20%. Quanto à análise da reabsorção radicular dos primeiros molares, esta demonstrou que foi ausente, em 80% dos casos e moderada, em 20%, restringindo-se às regiões das raízes mesial e distal. No Grupo Laser, a presença de colágeno, na área de pressão, se mostrou severa, em 40% dos casos, moderada, em 40% e discreta em 20%; na área de tensão,

foi severa, em 60% dos casos, moderada, em 20% e discreta em 20%. Em 60% dos casos, foi observada a reabsorção radicular de maneira discreta, em 60% dos casos, moderada, em 20%, restringindo-se às regiões mesiais das raízes mesial e distal, e ausente, em 20%.

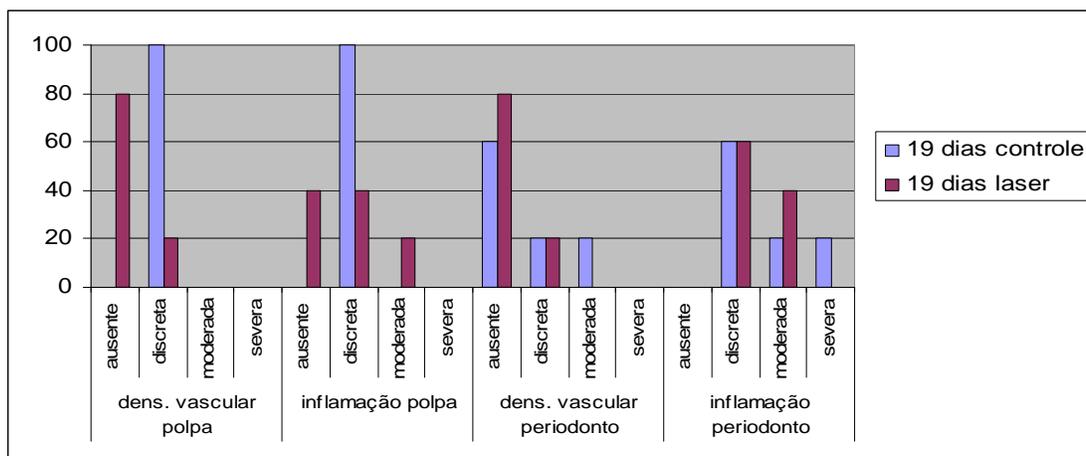


**Figura 13 Demonstração gráfica da quantidade de colágeno nas áreas de pressão, tensão e expressão da reabsorção radicular, no Grupo G13 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).**

#### G19 – Controle e Laser

De acordo com a figura 14, no Grupo Controle, a polpa coronária apresentou hiperemia vascular discreta em 100% dos casos. Em relação ao tecido periodontal, a densidade vascular foi considerada ausente, em 60% dos casos, moderada, em 20% e discreta, nos 20% restantes. O tecido conjuntivo apresentou inflamação, predominantemente, crônica caracterizada pela supremacia da população de células mononucleares (linfócitos, plasmócitos e macrófagos), em todos os casos, sendo a intensidade considerada discreta, em 100% deles. Apesar do predomínio de quadro proliferativo e inflamação crônica, neste tempo experimental, foi verificada a presença de células inflamatórias do tipo polimorfonucleares com intensidade discreta, em 60% dos

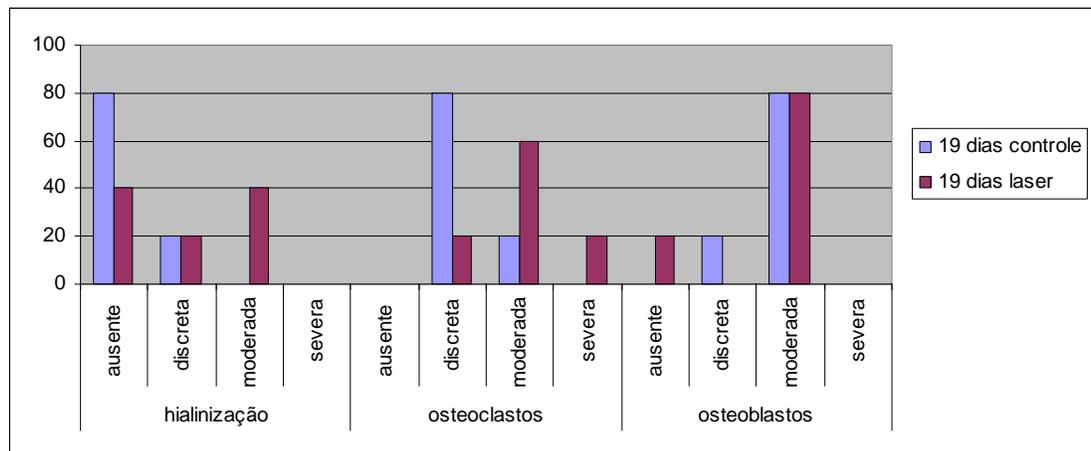
casos, moderada, em 20% e severa, em 20%. No Grupo Laser, a polpa coronária apresentou hiperemia vascular ausente, em 80% dos casos e discreta, em 20%. Em relação ao tecido periodontal, a densidade vascular foi considerada ausente, em 80% dos casos e discreta, em 20%. O tecido conjuntivo apresentou inflamação, predominantemente, crônica caracterizada pela supremacia da população de células mononucleares (linfócitos, plasmócitos e macrófagos), sendo a intensidade considerada discreta, em 40% dos casos, ausente em 40% e moderada, em 20%.



**Figura 14 Demonstração gráfica da densidade vascular na polpa, inflamação na polpa, densidade vascular no periodonto e inflamação no periodonto, no Grupo G19 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).**

Pode-se observar na figura 15, que a hialinização, no Grupo Controle, foi ausente, em 80% dos casos e discreta, nos 20% restantes, localizando-se, principalmente, na área distal da raiz palatina. A presença dos osteoclastos se fez de maneira discreta, em 80% dos casos e moderada, em 20%, principalmente, no osso adjacente à raiz mesial e espaço interradicular. Os osteoblastos tiveram uma presença moderada, em 80% dos casos, principalmente, na área distal do osso alveolar e espaço interradicular, e

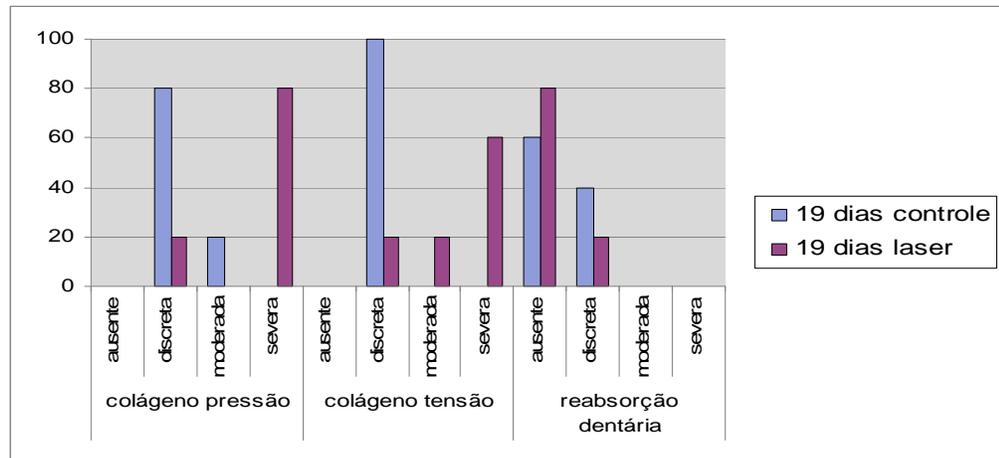
discreta, em 20%. No Grupo Laser, em relação à hialinização, observou-se que esta foi moderada, em 40% dos casos, ausente, em 40% e discreta, em 20%. A presença dos osteoclastos se fez de maneira moderada, em 60% dos casos, discreta, em 20% e severa, nos 20% restantes, associado à periferia das áreas de hialinização. Os osteoblastos tiveram uma presença moderada, em 80% dos casos, principalmente, no osso interradicular e distal da raiz mesial e ausente em 20%.



**Figura 15 Demonstração gráfica da quantidade de hialinização, presença de osteoclastos e osteoblastos, no Grupo G19 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).**

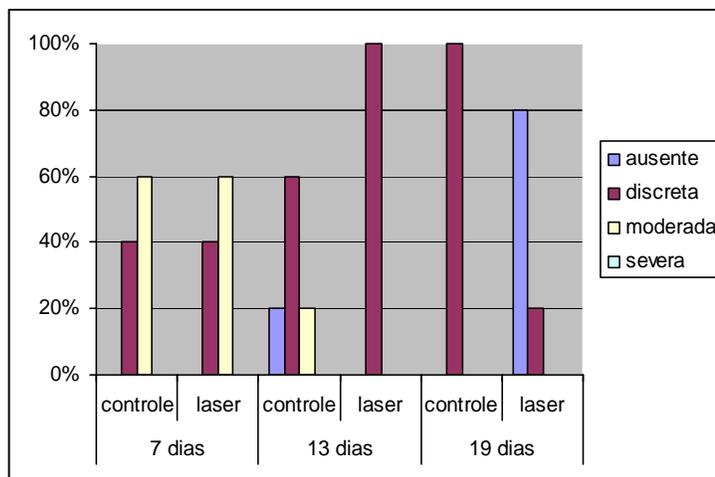
Na figura 16, pode-se observar que a presença de colágeno, no Grupo Controle, na área de pressão, foi de maneira discreta, em 80% dos casos e moderada, em 20%; na área de tensão, foi discreta, em 100% dos casos. Quanto à análise da reabsorção radicular dos primeiros molares superiores, esta demonstrou que foi ausente, em 60% dos casos e discreta, em 40%, restringindo-se à região da raiz mesial. No Grupo Laser, a análise da presença de colágeno, demonstrou a existência desta proteína, na área de pressão, de maneira severa, em 80% dos casos e discreta, em 20%; na área de tensão, foi

severa, em 60% dos casos, moderada, em 20% e discreta, em 20%. Quanto à análise da reabsorção radicular dos primeiros molares superiores, esta demonstrou que foi ausente, em 80% dos casos e discreta, em 20%, restringindo-se à região da raiz mesial.



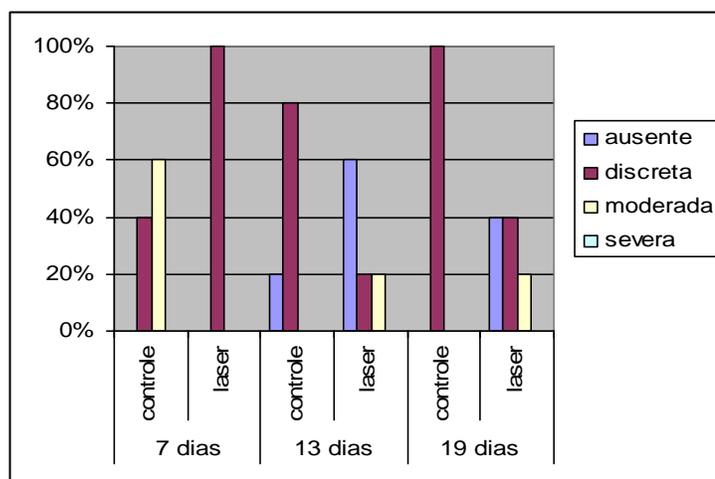
**Figura 16 Demonstração gráfica da quantidade de colágeno nas áreas de pressão, tensão e expressão da reabsorção radicular, no Grupo G19 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).**

Após a análise estatística dos dados, verificou-se que a densidade vascular na polpa foi significativamente menor no Grupo Controle G19 que no G7 ( $p= 0,048$ ). Já no Grupo Laser, esta diferença foi observada no 13º dia do experimento, apresentando-se significativamente reduzida em relação ao Grupo G7 ( $p= 0,015$ ). Esta redução foi ainda mais expressiva no Grupo G19 ( $p= 0,001$ ). Na comparação entre os Grupos Controle e Laser, notou-se redução da densidade vascular da polpa ( $p= 0,001$ ) no Grupo Laser G19 (Fig. 17).



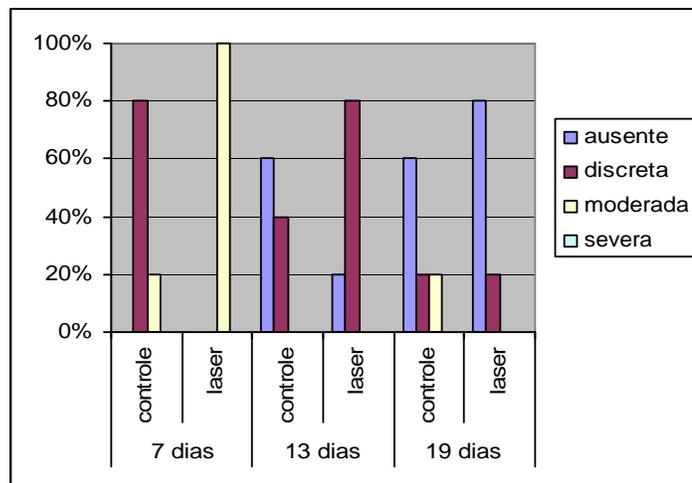
**Figura 17 Demonstração gráfica da densidade vascular na polpa, observada nos Grupos G7, G13 e G19 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).**

Como pode ser observado na figura 18, houve uma redução estatisticamente significativa ( $p= 0,048$ ) no nível de inflamação da polpa, no Grupo Controle do 7<sup>o</sup> ao 19<sup>o</sup> dia. No Grupo Laser, esta redução não foi estatisticamente significativa. Na comparação entre os grupos, observou-se que a inflamação da polpa, no Grupo Laser, foi significativamente menor que no Grupo Controle, nos tempos de sete e 13 dias ( $p= 0,015$ ).



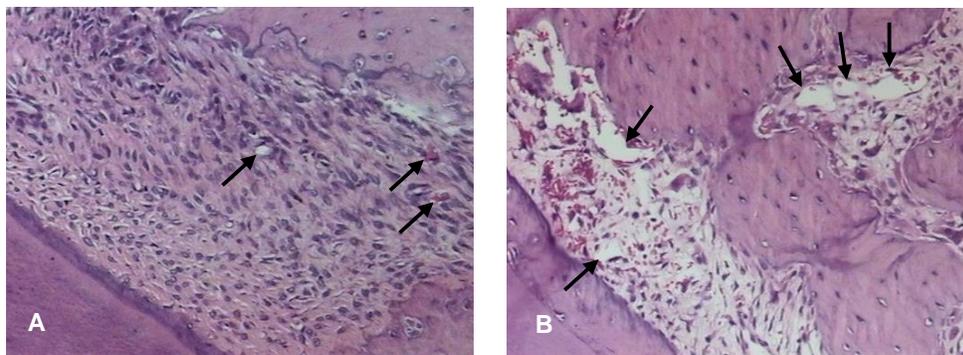
**Figura 18 Demonstração gráfica do nível de inflamação da polpa, observada nos Grupos G7, G13 e G19 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).**

A densidade vascular no periodonto do Grupo Controle sofreu uma redução estatisticamente significativa ( $p= 0,03$ ) do 7<sup>o</sup> ao 19<sup>o</sup> dia. No Grupo Laser, esta redução foi estatisticamente significativa do 7<sup>o</sup> para o 13<sup>o</sup> dia ( $p= 0,001$ ) e do 13<sup>o</sup> para o 19<sup>o</sup> dia ( $p= 0,015$ ). Na análise comparativa entre os Grupos Controle e Laser, houve aumento estatisticamente significativo ( $p= 0,001$ ) da densidade vascular no periodonto do Grupo Laser, somente aos sete dias (Fig. 19).



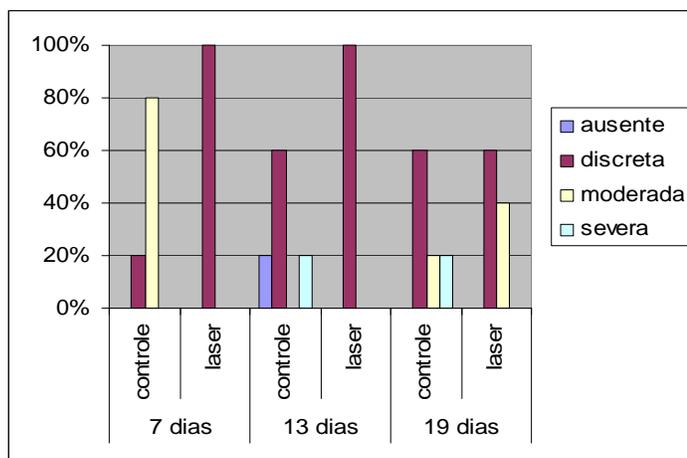
**Figura 19 Demonstração gráfica da densidade vascular no periodonto, observada nos Grupos G7, G13 e G19 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).**

Sendo assim, pode-se observar que, no periodonto dos animais controle (Fig. 20 A), a quantidade de vasos é significativamente menor que nos animais irradiados (Fig. 20 B).



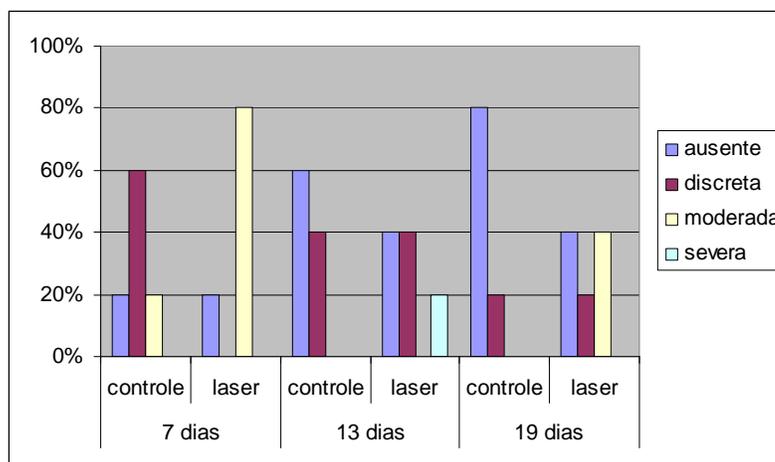
**Figura 20** Fotomicrografias demonstrando aumento da densidade vascular no periodonto, quando comparado os Grupos G7, Controle (A) e Laser (B), conforme indicam as setas. HE, aumento aproximado de 10x (HABIB, 2008).

Na figura 21, pode-se observar que o nível de inflamação do periodonto, tanto no Grupo Controle como no Laser, não apresentou diferença estatisticamente significativa quando comparado os tempos sete, 13 e 19 dias. Porém, na análise comparativa intergrupos, esta foi significativamente menor no Grupo Laser que no Controle, se utilizado como referência o tempo de sete dias ( $p= 0,001$ ).



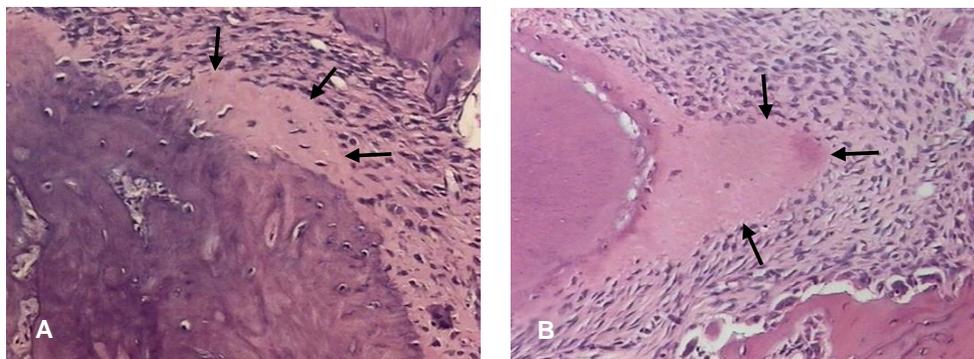
**Figura 21** Demonstração gráfica do nível de inflamação do periodonto, observada nos Grupos G7, G13 e G19 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).

A hialinização teve sua expressão reduzida, de forma estatisticamente significativa ( $p= 0,000$ ) no Grupo Controle, de sete para 19 dias, enquanto no Laser esta redução se processou de sete para 13 dias, com valor também estatisticamente significativo ( $p= 0,015$ ). Na análise comparativa entre os grupos, verificou-se que o Grupo Laser apresentou índice de hialinização significativamente maior que o Controle nos tempos de sete ( $p= 0,007$ ) e 19 dias ( $p= 0,048$ ) (Fig. 22).



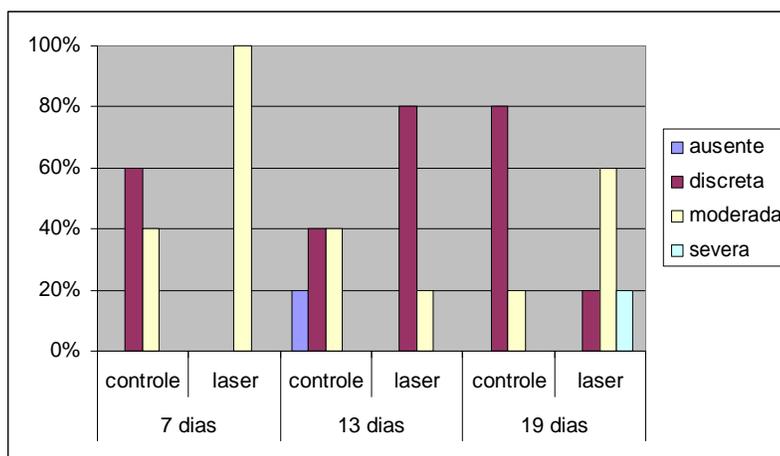
**Figura 22 Demonstração gráfica do grau de hialinização no periodonto, observada nos Grupos G7, G13 e G19 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).**

Assim, sete dias após a aplicação da força, por exemplo, ocorreu maior índice de hialinização nos animais irradiados, como pode ser observado nas figuras 23 A e B.



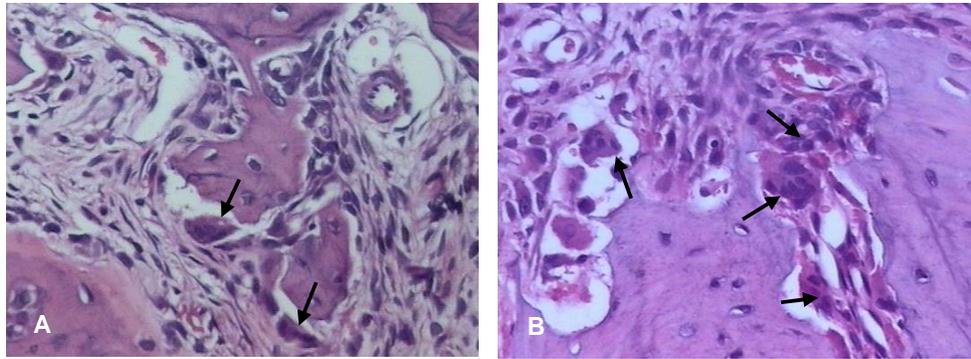
**Figura 23** Fotomicrografias demonstrando aumento da área de hialinização, quando comparado os Grupos G7, Controle (A) e Laser (B), conforme indicam as setas. HE, aumento aproximado de 10x (HABIB, 2008).

A presença de osteoclastos nos Grupos G7 para G19, tanto no Controle como no Laser, não sofreu alteração estatisticamente significativa. Porém, a análise comparativa entre os Grupos Controle e Laser revelou presença de osteoclastos significativamente maior no Grupo Laser, nos tempos sete dias ( $p= 0,015$ ) e 19 dias ( $0,007$ ) (Fig. 24).



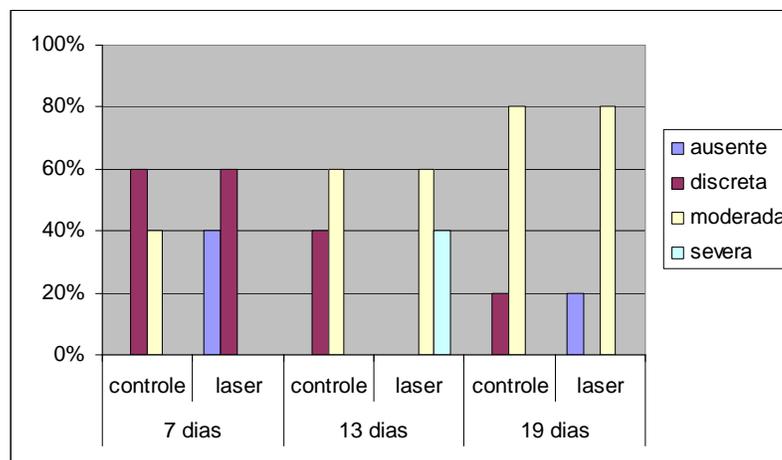
**Figura 24** Demonstração gráfica do grau de expressividade da presença de osteoclastos, observada nos Grupos G7, G13 e G19 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).

Como exemplo da maior presença de osteoclastos nos animais irradiados, em comparação ao Grupo Controle, ao tempo de sete dias, pode-se observar as figuras 25 A e B.



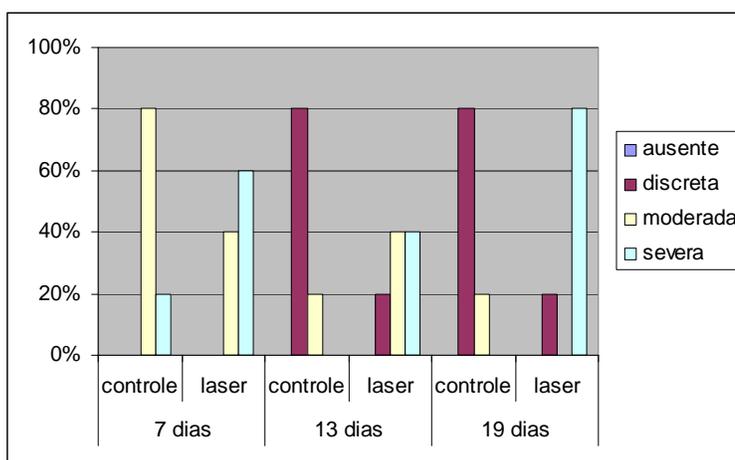
**Figura 25** Fotomicrografias demonstrando maior presença de osteoclastos, quando comparado os Grupos G7, Controle (A) e Laser (B), conforme indicam as setas. HE, aumento aproximado de 20x (HABIB, 2008).

A presença de osteoblastos, no Grupo Controle, não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os tempos sete, 13 e 19 dias. No Grupo Laser, a presença de osteoblastos aumentou, significativamente ( $p=0,015$ ), de sete para 13 dias. Contudo, ao comparar-se a presença destas células entre os Grupos Controle e Laser, foi encontrada diferença, estatisticamente significativa ( $p=0,009$ ), ao tempo experimental de 13 dias (Fig. 26).



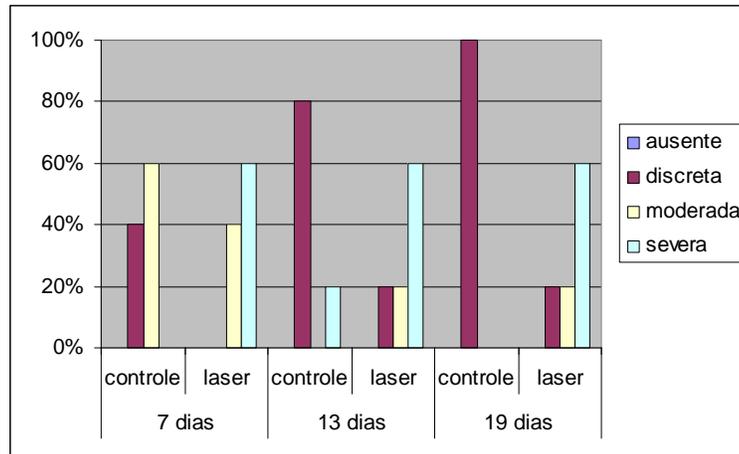
**Figura 26** Demonstração gráfica do grau de expressividade da presença de osteoblastos, observada nos Grupos G7, G13 e G19 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).

A quantidade de colágeno na área de pressão sofreu redução significativa ( $p= 0,015$ ), do 7<sup>o</sup> para o 13<sup>o</sup> dia, no Grupo Controle. Quando analisado o Grupo Laser, nesta mesma região, não houve alteração estatisticamente significativa. A análise comparativa entre os grupos revelou que o Grupo Laser apresentou quantidade significativamente maior de colágeno que o Controle, na área de pressão, nos tempos 13 dias ( $p= 0,007$ ) e 19 dias ( $p= 0,001$ ) (Fig. 27).



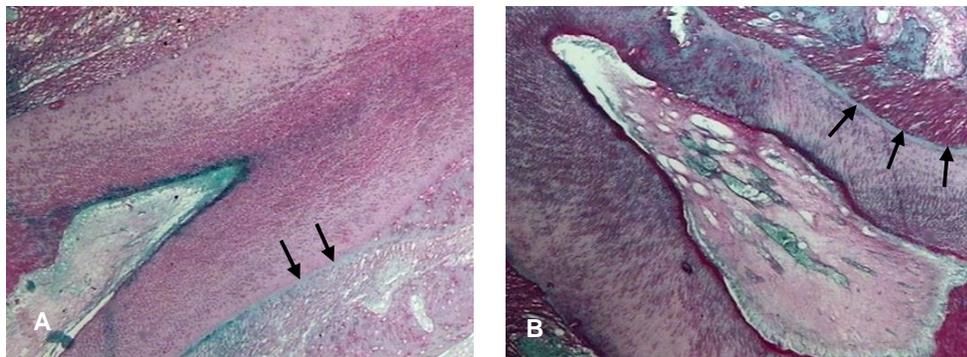
**Figura 27** Demonstração gráfica da quantidade de colágeno na área de pressão, observada nos Grupos G7, G13 e G19 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).

Na área de tensão do Grupo Controle, a quantidade de colágeno aumentou significativamente ( $p= 0,048$ ), do 7<sup>o</sup> ao 19<sup>o</sup> dia. No Grupo Laser, contudo, não houve alteração estatisticamente significativa. A análise comparativa intergrupos revelou maior quantidade de colágeno na área de tensão, nos Grupos Laser G7 ( $p= 0,015$ ) e G19 ( $p= 0,015$ ), em relação ao Grupo Controle (Fig. 28).



**Figura 28** Demonstração gráfica da quantidade de colágeno na área de tensão, observada nos Grupos G7, G13 e G19 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).

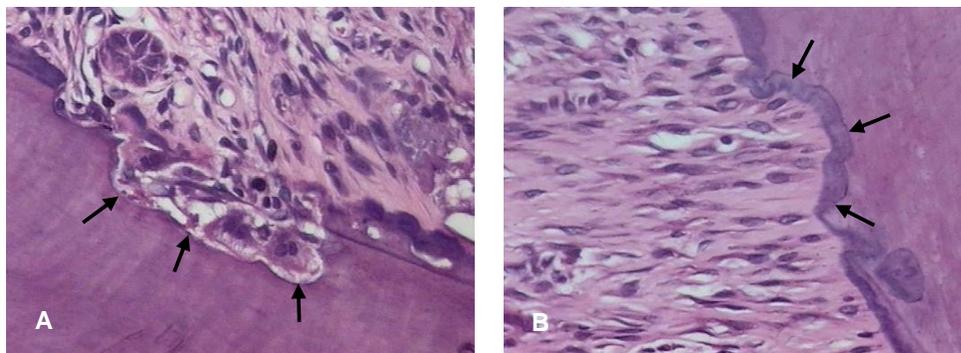
Exemplificando a maior quantidade de colágeno existente na área de tensão, nos animais irradiados, do G7, em relação aos que serviram de controle, pode-se observar as figuras 29 A e B.



**Figura 29** Fotomicrografias demonstrando aumento da presença de colágeno, na área de tensão, quando comparado os Grupos G7, Controle (A) e Laser (B), conforme indicam as setas. Picro-sírius, aumento aproximado de 4x (HABIB, 2008).

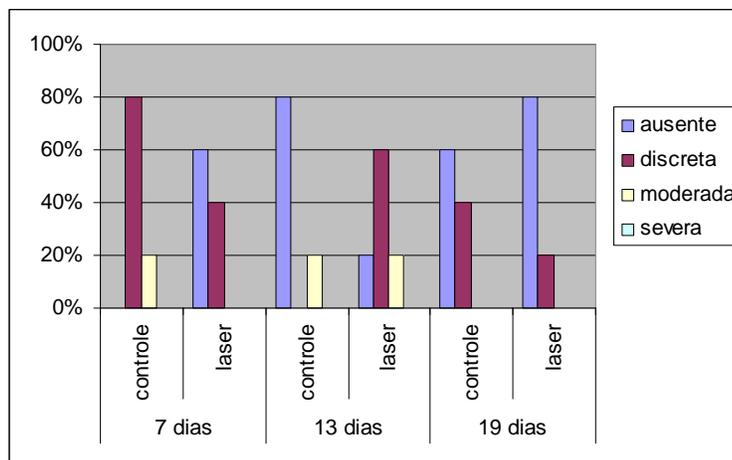
A intensidade de reabsorção radicular não apresentou variação, estatisticamente significante ( $p= 0,03$ ), nos diferentes tempos do Grupo Controle. Contudo, houve diminuição, estatisticamente significante ( $p= 0,03$ ), no Grupo Laser, do 13<sup>o</sup> ao 19<sup>o</sup> dia. A análise comparativa entre os Grupos Controle e Laser revelou que, aos sete dias, houve maior reabsorção radicular,

estatisticamente significativa ( $p= 0,015$ ), no Grupo Controle, como pode ser observado nas figuras 30 A e B.



**Figura 30** Fotomicrografias demonstrando alteração na quantidade de reabsorção radicular, quando comparado os Grupos G7, Controle (A) e Laser (B), conforme indicam as setas. HE, aumento aproximado de 20x (HABIB, 2008).

Já no tempo experimental de 13 dias, foi significativamente maior ( $p= 0,015$ ) no Grupo Laser, como demonstra a figura 31.



**Figura 31** Demonstração gráfica da intensidade de reabsorção radicular, observada nos Grupos G7, G13 e G19 – Teste Kruskal-Wallis (HABIB, 2008).

## 6 DISCUSSÃO

Várias pesquisas têm sido realizadas, na busca pela redução do tempo do tratamento ortodôntico, utilizando para isto a ação de mediadores químicos, hormônios, fármacos e outras modalidades terapêuticas (COOMBE *et al.*, 2001; COLLINS; SINCLAIR, 1988; DREVENSEK *et al.*, 2006; GOKCE *et al.*, 2008; KAWASAKI; SHIMIZU, 2000; PINHEIRO, 2006; PINHO, 2007; SPROGAR *et al.*, 2007).

O modelo de experimentação animal, nestes trabalhos, tem sido, em sua grande maioria, o rato, graças especialmente, à maior velocidade do metabolismo destes animais em relação aos humanos (MEIKLE, 2006; REN *et al.*, 2004).

Os resultados obtidos, em vários estudos, sugerem que a fotobiomodulação laser é capaz de promover alterações histológicas em questões importantes da movimentação dentária (AIHARA, 2006; LIMPANICHKUL *et al.*, 2006; MENDES, 2005; UEDA; SHIMIZU, 2003; YOUSSEF, 2008).

Considerando a fototerapia laser um procedimento terapêutico de ação sistêmica (TUNÉR; HODE, 2002), foi criado, na presente pesquisa, um Grupo Controle, distinto do grupo que sofreu irradiação, como ocorreu em alguns trabalhos citados na literatura (KAWASAKI; SHIMIZU 2000; SEIFI *et al.* 2007), mesmo existindo pesquisas que foram realizadas sem este critério (CRUZ *et al.*, 2004; GOULART *et al.*, 2006; LIMPANICHKUL *et al.*, 2006; YOUSSEF *et al.*, 2008). Para a fototerapia laser, foram utilizados equipamento e parâmetros já descritos em pesquisas anteriores (CRUZ *et al.*, 2004; FERREIRA FILHO,

2006; GOULART *et al.*, 2006; KAWASAKI; SHIMIZU, 2000; LIMPANICKUL *et al.*, 2006).

A força inicial incorporada à mola foi de 40g/F, de forma contínua, de acordo com estudos anteriores (PINHEIRO, 2006; PINHO, 2007). Foram utilizados os incisivos superiores como ancoragem para o movimento dentário, levando em consideração o tamanho da raiz destas unidades e o aspecto de irrupção contínua que os mesmos apresentam.

A aplicação do laser intra-oral ocorreu na face palatina, nos pontos mesial e distal. Contudo, pela impossibilidade de conseguir o paralelismo ideal na face vestibular do animal, esta aplicação se deu por via extra-oral. Foi realizada tricotomia da área correspondente, para que o máximo de energia fosse absorvida. Entretanto, em trabalho semelhante, utilizou-se fibra óptica com 0,6mm de diâmetro para atingir tal objetivo (KAWASAKI; SHIMIZU, 2000)

A densidade vascular do periodonto, nos animais que sofreram irradiação, apresentou aumento estatisticamente significativo no 7<sup>o</sup> dia após a aplicação da força (Fig. 19, pág. 68; Fig. 20, pág. 69). O resultado que foi encontrado neste trabalho coincide com o relato, na literatura, de que a aplicação do laser em baixa potência otimiza a micro-circulação (WALSH, 2003). Quanto à densidade vascular na polpa, ocorreu comportamento semelhante ao apresentado pela densidade vascular do periodonto, havendo expressiva redução no Grupo Laser G19, em relação ao Grupo Controle do mesmo tempo (Fig. 17, pág. 67).

A inflamação na polpa, nos animais pertencentes ao Grupo Laser, foi menor que nos animais utilizados como Controle, já no 7<sup>o</sup> dia (Fig. 18, pág. 67). Tais resultados, mais uma vez, concordam com a afirmativa de que a aplicação do laser em baixa potência otimiza a micro-circulação (WALSH, 2003) e que a fotobiomodulação é capaz de controlar a inflamação e o edema, estimulando o reparo tecidual (TUNÉR; HODE, 2002). Da mesma forma, a inflamação no periodonto foi menor no Grupo Laser do que no Grupo Controle, tomando como referência o tempo de sete dias (Fig. 21, pág. 69).

Existe alteração no processo inflamatório através de alteração vascular com acúmulo de eritrócitos e leucócitos no interior dos vasos, especialmente, na área mesial da polpa, tanto coronária quanto radicular, quando o dente está sendo movimentado ortodonticamente (SANTAMARIA JR. *et al.*, 2007). Sabe-se que a ação do laser nestas situações, contribui para a redução da resposta inflamatória, além do que é importante lembrar que o movimento do dente através do osso, depende da reação inflamatória local do tecido dento-alveolar (MILLER *et al.*, 2007).

A zona de hialinização é uma área de necrose estéril, impossibilitando a ação dos osteoclastos, no sentido de realizarem a reabsorção óssea. Assim, pode-se afirmar que, quanto menor for sua duração, durante o processo de remodelação óssea, mais rapidamente ocorrerá o movimento dentário (CONSOLARO, 2002; MELSEN, 2001; PROFFIT, 2002; REITAN, 1960;1985).

Neste trabalho, os animais utilizados como controle, tiveram a expressão da hialinização reduzida, significativamente, após 19 dias (Fig. 22, pág. 70). Contudo, os animais irradiados apresentaram maior índice de hialinização sete

dias após a aplicação da força, sofrendo redução significativa já após 13 dias (Fig. 23, pág. 71).

Quando ocorre compressão do ligamento periodontal, ante a ação de uma força ortodôntica, estímulos geradores de inflamação local são desencadeados favorecendo o surgimento de um micro-ambiente favorável à reabsorção óssea (CONSOLARO, 2002; WAGLE *et al.*, 2005). Pode-se imaginar as unidades de absorção óssea caracterizadas, principalmente, pelos osteoclastos e macrófagos (STAINS; CIVITELLI, 2005; MORAES *et al.*, 2002). Neste trabalho, ocorreu maior presença de osteoclastos nos animais irradiados, nos tempos de sete e 19 dias, quando comparado aos animais utilizados como controle (Fig. 24, pág. 71; Fig. 25, pág. 72). Acredita-se que este resultado seja decorrente dos efeitos da fotobiomodulação laser, que atua estimulando ou inibindo as atividades enzimáticas e fotoquímicas (BRUGNERA JÚNIOR; PINHEIRO, 1998; GENOVESE, 2000).

Existem trabalhos na literatura que afirmam que o recrutamento de células mesenquimais indiferenciadas, presentes na corrente sanguínea, está envolvido no processo de remodelação óssea, após a ativação ortodôntica (RODY JR. *et al.*, 2001). Onde existe distensão no ligamento periodontal, o estímulo promoverá a diferenciação destas células em osteoblastos e fibroblastos (FERREIRA, 2002; MORAES *et al.*, 2002; NOJIMA; GONÇALVES, 1996). A aposição óssea ocorre pela ação dos osteoblastos, na área de tensão (GOTZ *et al.*, 2006).

Nesta pesquisa, observou-se que a presença de osteoblastos, apesar de ter aumentado significativamente do 7<sup>o</sup> ao 13<sup>o</sup>, dia após a aplicação da força nos animais irradiados, não apresentou diferença estatisticamente significativa quando comparados os diferentes Grupos (Fig. 26, pág. 72). Tal resultado, concorda, em parte, com a afirmativa de que o efeito da fotobiomodulação laser promove o aumento da atividade dos osteoblastos (NINOMIYA *et al.*, 2007). Além disso, pesquisas têm mostrado resultados positivos em relação ao reparo ósseo, diminuindo a dor e o período de regeneração (CASALECHI *et al.*, 2007). Nessas situações, o osso neoformado apresenta qualidade superior àquele que não sofreu o mesmo procedimento terapêutico (SAITO; SHIMIZU, 1997), podendo ocorrer aceleração do movimento dentário, acompanhado de remodelação do osso alveolar (KAWASAKI; SHIMIZU, 2000; KHADRA, 2005; NICOLAU *et al.*, 2003; SILVA JUNIOR *et al.*, 2002). Outros estudos indicam que o efeito da fotobiomodulação sobre a regeneração óssea não depende somente da dose total de irradiação mas, também, do tempo e do modo de irradiação (PINHEIRO; GERBI, 2006). Além disso, fatores como comprimento de onda, densidade de energia e dosimetria, são parâmetros importantes, que necessitam de melhor compreensão (COOMBE *et al.*, 2001). Silva Jr. *et al.* (2002) afirmam que os efeitos da FBML em osso, ainda, não são bem conhecidos devido a resultados conflitantes, não sabendo se ocorre no osso, em geral, ou se é apenas uma estimulação de células isoladas.

Neste trabalho, a quantidade de colágeno, na área de pressão, no grupo irradiado, foi maior que nos animais utilizados como controle, observados no 13<sup>o</sup> e 19<sup>o</sup> dias (Fig. 27, pág. 73). Já na área de tensão, esta proteína

apresentou aumento significativo nos animais irradiados, observados no 7<sup>o</sup> e no 19<sup>o</sup> dias (Fig. 28, pág. 74; Fig. 29, pág. 74). Acredita-se que este resultado ocorreu graças à fotobiomodulação laser, a qual possui a capacidade de estimular a proliferação de fibroblastos, ocorrendo aumento na deposição de colágeno, além da diminuição do edema local, de maneira a favorecer a neovascularização (GUPTA *et al.*, 2001; KREISLER *et al.*, 2003; PINHEIRO; GERBI, 2006; RENDELL *et al.*, 1997).

Não houve diferença significativa quanto à reabsorção radicular nos G13 e G19. Contudo, nos animais do G7, esta ocorreu em menor intensidade nos irradiados, que nos controles (Fig. 30, pág. 75; Fig. 31, pág. 75). Este resultado foi semelhante ao de pesquisas que utilizaram fármacos, como clodronato e cloreto de gadolínio, aplicados em ratos, para verificar a movimentação dentária induzida, onde ocorreu, também, diminuição da reabsorção radicular (PINHEIRO, 2006; PINHO, 2007).

Os cementoblastos, presentes na superfície do cimento, são células que não têm receptores para os mediadores químicos indutores de reabsorção óssea (CONSOLARO, 2002). Uma vez que o processo inflamatório induzido, ortodonticamente, pode causar reabsorção radicular, a fotobiomodulação laser pode atuar como elemento inibidor deste processo (FOO *et al.*, 2007), como sugerem os resultados da presente pesquisa. Além disto, sabe-se que a reabsorção radicular acontece, geralmente, em áreas adjacentes à zona de hialinização (HARRIS, 2000), e foi demonstrado, neste estudo, que os animais irradiados apresentaram maior índice de hialinização no 7<sup>o</sup> dia, enquanto nos animais utilizados como Controle, esta só diminuiu no 19<sup>o</sup> dia.

## **7 CONCLUSÃO**

A fototerapia laser ( $\lambda 790\text{nm}$ ,  $40\text{mW}$ ,  $20\text{J}/\text{cm}^2$ ,  $\varnothing \sim 2\text{mm}$ ) demonstrou a possibilidade de ocorrer alterações histológicas em aspectos importantes do movimento dentário induzido, como 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.

## **SUGESTÃO**

Sugere-se que os aspectos analisados, nesta pesquisa, sejam avaliados, também, com a utilização de marcadores imunohistoquímicos específicos.

## **REFERÊNCIAS**

AIHARA, N.; YAMAGUCHI, M.; KASAI, K. Low-energy irradiation stimulates formation of osteoclast-like cells via RANK expression in vitro. **Lasers Med Sci**, v.21, n.1, p.24-33, Apr. 2006.

AMAT, A. et al. The electric field induced by light can explain cellular responses to electromagnetic energy: A hypothesis of mechanism. **J Photochem Photobiol B**, v.82, n.2, p.152-60, Feb. 2006.

BENAFE-OLIVEIRA, L.; FALTIN, R.M.; ARANA-CHAVEZ, V.E. Ultrastructural and histochemical examination of alveolar bone at the pressure areas of rat molars submitted to continuous orthodontic force. **Eur J Oral Sci**, v.111, n.5, p.410-6, Oct. 2003.

BILDIT, M.M. et al. CMT-3 inhibits orthodontic tooth displacement in the rat. **Arch Oral Biol**, v.52, n.6, p.571-78, Jun. 2007.

BJORDAL, J.M. et al. A systematic review of low level laser therapy with location-specific doses for pain from chronic joint disorders. **Aust J Physiother**. v.49, p.107-116, 2003

BRIDGES, T.; KING, G.; MOHAMMED, A. The effect of age on tooth movement and mineral density in the alveolar tissues of the rat. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.93, n.3, p.245-50, Mar. 1988.

BRUGNERA JÚNIOR, A.; PINHEIRO, A.L.B. **Lasers na Odontologia Moderna**. São Paulo: Pancast, 1998. 356p.

CAMPANHA, B.P. **Luz Polarizada 400-2000 nm e laser não ablativo 685nm: avaliação do processo de reparo através de análise morfológica e imunohistoquímica**. 2002. Dissertação Mestrado em Odontologia (Cirurgia e Traum. Buco-Maxilo Facial) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

CASALECHI, V.L. et al. O uso da fotobiomodulação na reparação óssea. **Revista Univap**, v.14, p.1841-1844, 2007.

CERQUEIRA, A. et al. Bone Tissue microscop findings related to the use of diode laser (830nm) in ovine mandible submitted to distraction osteogenesis. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v.22, n.2, p.92-7, Mar./Apr. 2007.

CONSOLARO, A. Movimentação dentária induzida: biologia aplicada à prática clínica. In: CONSOLARO, A. **Reabsorções Dentárias nas Especialidades Clínicas**. Maringá: Dental Press, 2002. Cap.11/12, p. 221-57.

COLLINS, M. K.; SINCLAIR, P. M. The local use of vitamin D to increase the rate of orthodontic tooth movement. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 94, n. 4, p. 278-284, Apr. 1988.

COOMBE, A.R. et al. The effects of low level laser irradiation on osteoblastic cells. **Clin Orthod Res**, v.4, n.1, p.3-14, Feb. 2001.

CRUZ, D.R. et al. Effects of low-intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: a preliminary study. **Lasers Surg Med**, n.35: p.117-120, Aug. 2004.

DAMANTE, C.A. et al. Avaliação clínica dos efeitos do laser em baixa intensidade (GaAIAs) na cicatrização de gengivoplastia em humanos. **J Appl Oral Sci**, v.2, n.2, p.133-6, abr./jun. 2004.

DREVENSEK, M.; SPROGAR, S.; BORAS, I. et al. Effects of endothelin antagonist tezosentan on orthodontic tooth movement in rats. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 129, p. 555-558, Apr. 2006.

DUNN, M.D. et al. Local delivery of osteoprotegerin inhibits mechanically mediated bone modeling in orthodontic tooth movement. **Bone**, v.41, n.3, p.446-455, Sept. 2007.

FERREIRA, A.N.S. Ação do laser terapêutico de Arseneto de Gálio e Alumínio (GaAIAs) na indução da dentinogênese reacional em dentes humanos. **Dissertação de mestrado apresentado no programa de Pós-Graduação em Bioengenharia**. 2002.

FERREIRA, A. N. S.; SILVEIRA, L.; GENOVESE, W. J. et al. Effect of GaAIAs laser on reactional dentinogenesis induction in human teeth. **Photomed Laser Surg**, v. 24, n. 3, p. 358-356, Jun. 2006.

FERREIRA FILHO, R. F. A. **Avaliação clínica da ação do laser de baixa potência após ativação ortodôntica**. 2006. 76p. Dissertação (Especialização em Ortodontia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2006.

FOO, M.; JONES, A.; ALI DARENDELILER, M. Physical properties of root cementum: Part 9. Effect of systemic fluoride intake on root resorption in rats. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.131, n.1, p.34 -43, Jan. 2007.

FURSETH, R.; SELVIG, K.; MJOR, I.A. O periodonto. In: MJOR, I.A. & FEJERSKOV, O. **Embriologia e Histologia Oral Humana**. São Paulo: Editora Panamericana, 1990. p.131-175,

GALVÃO, L.A.P. et al. Comparative study of how low-level laser therapy and low-intensity pulsed ultrasound affect bone repair in rats. **Photomed Laser Surg**, v.24, n.6, p.735-40, Dec. 2006.

GENOVESE, W.J. **Laser de baixa intensidade: aplicações terapêuticas em Odontologia**, Ed. Lovise, São Paulo, 2000. 175p.

GIANELLY, A.A.; GOLDMAN, H.M. **Biologic basis of orthodontics**, Philadelphia: Lea & Febiger, 1971. 414p.

GOKCE, S. et al. Effects of hyperbaric oxygen during experimental tooth movement. **Angle Orthod**, v.78, n.2, p.304-308, Mar. 2008.

GÖTZ, S. et al. Insulin-like growth factor system components in the periodontium during tooth root resorption and early repair processes in the rat. **Eur J Oral Sci**, v. 114, n.4, p.318-327, Aug. 2006.

GOULART, C.S. et al. Photoradiation and orthodontic movement: experimental study with canines. **Photomed Laser Surg**, v.24, n.2, p.192-6, Apr. 2006.

GUPTA, A.K. et al. The Influence of photodynamic therapy on the wound healing process in rats. **J Biomat Appl**, v.15, n.3, p.176-186, Jan. 2001.

HAMAYA, M. et al. Cell death of osteocytes occurs in rat alveolar bone during experimental tooth movement. **Calcif Tissue Int.** v.70, n.2, p.117-126, Jan. 2002.

HARRIS, E.F. Root Resorption During Orthodontic Therapy. **Semin Orthod**, v.6, n.3, p.186-194, Sept. 2000.

HASHIMOTO, F. et al. Administration of osteoclain accelerates orthodontic tooth movement induced by a closed coil spring in rats. **Eur J Orthod**, v. 23, p. 535-545, 2001.

KARU, T. I. et al. Irradiation with HeNe laser increases ATP level.in cells cultivated in vitro, **J Photochem Photobiol B**, v.27, n.3, p.21-23, Mar. 1995.

KARU, T. I. Photobiology of low-power laser effects. **Health Physics**, v.56, n.5, p.691-704, May 1989.

KARU, T. I. Primary and Secondary mechanisms of action of visible to near I-R irradiation on cells. **J Photochem Photobiol B**, v.49, n.1, p.1-17, Mar. 1999.

KAWASAKI, K.; SHIMIZU, N. Effects of low-energy laser irradiation on bone remodeling during experimental tooth movement in rats. **Laser Surg Med**, v.26, n.3, p.282-91, Mar. 2000.

KHADRA, M. Effect of low-level laser irradiation on implant-tissue interaction. In vivo and in vitro studies. **Swed Dent J Suppl**, v.172, p.1-63, 2005.

KING, G. et al. Measuring dental drift and orthodontic tooth movement in response to various initial forces in adult rats. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 99, n. 5, p. 456-465, May 1991.

KOHNO, S. et al. Expression of vascular endothelial growth factor and the effects on bone remodeling during experimental tooth movement. **J Dent Res**, v.82, n.3, p.177-82, Mar. 2003.

KOHNO, T. et al. Experimental tooth movement under light orthodontic forces: rates of tooth movement and changes of the periodontium. **J Orthod**, v.29, n.2, p.129-135, Jun. 2002.

KREISLER, M. et al. Effect of Diode Laser Irradiation on Root Surfaces *in Vitro*. **J Clin Laser Med Surg**, v.20, n.2, p.63-69, Apr. 2002.

KREISLER, M. et al. Effect of low-level GaAlAs laser irradiation on the proliferation rate of human periodontal ligament fibroblasts: an in vitro study. **J Clin Periodontol**, v.30, n.4, p.353-8, Apr. 2003.

LIM, H.; LEW, K.; TAY, D. A clinical investigation of the efficacy of low level laser therapy in reducing orthodontic postadjustment pain. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.108, n.6, p.614-22, Dec. 1995.

LIMPANICHKUL, W. et al. The effects of low level laser therapy on the rate of orthodontic tooth movement. **Orthod Craniofac Res**, v.9, n.1, p.38-43, Feb. 2006.

LOPES, L.A. Laserterapia na Odontologia. **Biodonto**, v.1, n.1, p.21-4, Nov./Dec. 2004.

LOPES, L.A. **Análise in vitro da proliferação celular de fibroblastos da gengiva humana tratados com laser de baixa potência**. Dissertação Apresentada ao Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale da Paraíba, 1999.

LOW, E. et al. Expression of mRNA for osteoprotegerin and receptor activator of nuclear factor kappa beta ligand (RANKL) during root resorption induced by the application of heavy orthodontic forces on rat molars. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.128, n.4, p.497-503, Oct. 2005.

LUCAS, V.S. et al. The relationship between odontogenic bacteraemia and orthodontic treatment procedures. **Eur J Orthod**, v.24, n.3, p.293-301, Jun. 2002.

MATERA, J.M.; TATARUNAS, A.C.; OLIVEIRA, S.M. Uso do laser arseneto de gálio (904nm) após excisão artroplástica da cabeça do fêmur em cães. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v.18, n.2, p.102-06, mar./abr. 2003.

MEIKLE, M. C. The tissue, cellular, and molecular regulation of orthodontic tooth movement: 100 years after Carl Sandstedt. **Eur J Orthod**, v. 28, p.221-240, 2006.

MELSEN, B. Tissue reaction to orthodontic tooth movement: a new paradigm. **Eur J Orthod**, v.23, n.6, p.671-81, Dec. 2001.

MENDES, O.F. **Influência do laser de baixa potência na movimentação ortodôntica: estudo experimental em ratos**. 2005. 121f. Tese para obtenção do título de Mestre em Odontologia - Ortodontia. Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MERMUT, S. et al. Effects of Interferon-Gamma on Bone Remodeling during Experimental Tooth Movement. **Angle Orthod**, v.77, n.1, p.135-141, Jan. 2007.

MILLER, J.R.; DAVILA, J.E.; HODGES, J.S. et al. Effect of surgical denervation on orthodontic tooth movement in rats. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.131, n.5, p.620-626, May 2007.

MISAWA-KAGEYAMA, Y. et al. Histomorphometric study on the effects of age on orthodontic tooth movement and alveolar bone turnover in rats. **Eur J Oral Sci**, v.115, n.2, p.124-130, Apr. 2007.

MISERENDINO, L.J.; PICK, R.M. **Lasers in Dentistry**. Chicago: Quintessence. 1995. 341p.

MORAES, F.F.; CHAVES, V.E.A.; FAVA, M. Fundamentos Histológicos Aplicados à Ortodontia. In: Interlandi S. Ortodontia: bases para iniciação. 5ª ed. **São Paulo: Artes Médicas**. 2002. p.89-100.

NEVES, L.S. et al. A utilização do laser em ortodontia. **R Dental Press Ortodon. Ortop. Facial**, v.10, n.5, p.149-156, set./out. 2005.

NICOLAU, R.A. et al. Effect of low-power GaAlAs laser (660nm) on bone structure and cell activity: the: an experimental animal study. **Lasers Med Sci**. v.18, n.2, p.89-94, May 2003.

NINOMIYA, T. et al. Increase of bone volume by a nanosecond pulsed laser irradiation is caused by a decreased osteoblast number and an activated osteoblasts. **Bone**. v.40, n.1, p.140-8, Jan. 2007.

NOJIMA, L I; GOLÇALVES, M.C. Mudanças tissulares decorrentes do movimento ortodôntico. Medcenter.com - Odontologia. Disponível em: <http://www.odontologia.com.br>./ Acesso em: 24 de agosto de 2007.

PASSARELLA, S. et al. Increase of proton electrochemical and ATP synthesis in rat liver mitochondria irradiated in vitro by Helium-Neon laser. **FEBS Lett**, v.175, n.1, p.95, Sept.1984.

PINHEIRO, A.L.B. Bases Físicas dos Lasers. In: BRUGNERA JÚNIOR, A.; PINHEIRO, A.L.B. **Lasers na Odontologia Moderna**. 1. ed. São Paulo: Pancast, 1998. Cap.II, p. 28-44.

PINHEIRO, A.L.B.; GERBI, M.E.M.M. Photoengineering of bone repair processes. **Photomed Laser Surg**, v.24, n.2, p.169-178, Apr. 2006.

PINHEIRO, A. M. T. **Avaliação dos efeitos do clodronato na movimentação dentária e reabsorção radicular em *Rattus norvegicus***. 2006. 93p. Dissertação (Especialização em Ortodontia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2006.

PINHO, C. B. **Influência do cloreto de gadolínio no periodonto de inserção de *Rattus norvegicus* submetidos a movimentação ortodôntica**. 2007. 86p. Dissertação (Especialização em Ortodontia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2007.

PROFFIT, W.R. **Ortodontia Contemporânea**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. 596p.

PROFFIT, W.R.; FIELDS JÚNIOR, H.W. **Ortodontia Contemporânea**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 3ª ed., cap. 9: As bases biológicas da terapia ortodôntica. 2002.

REITAN, K. Biomechanical principles and reactions. In GRABER, T.M., SWAIN, B.F. **Orthodontics: current principles and technique**, St. Louis: The C.V Mosby Co., 1985. Cap.3, p.193-227.

REITAN, K. Tissue behavior during orthodontic tooth movement. **Am J Orthod and Dent Orthop**, St. Louis, v.46, n.12, p.881-900, Dec. 1960.

REN, Y.; KUIJPERS-JAGTMAN, A.; MALTHA, A.C. Immunohistochemical evaluation of osteoclasts recruitment during experimental tooth movement in young and adults rats. **Arch Oral Biol**. v.50, p.1032-1039, 2005.

REN, Y.; MALTHA, J. C.; KUIJPERS-JAGTMAN, A. M. The rat as a model for orthodontic tooth movement – a critical review and a proposed solution. **Eur J Orthod**, v. 26, p. 483-490, 2004.

RENDELL, M.S. et al. The skin blood flow response in wound healing. **Microvasc Res**, v.53, n.3, p.222-234, May 1997

RODY JR. W.; KING, G.; GU, G. Osteoclast recruitment to sites of compression in orthodontic tooth movement. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. v.120, n,5, p.477-89, Nov. 2001.

RYGH, D.D.S. et al. Activation of the vascular system: a main mediator of periodontal fiber remodeling in orthodontic tooth movement. **Am J Orthod**, v.89, n.6, p.453-468, Jun. 1986.

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 Dent Orthop**, v.111, n. 5, p.525-532, May 1997.

SANTAMARIA JR., M. et al. Initial pulp changes during orthodontic movement: histomorphological evaluation. **Braz Dent J**, v.18, n.1, p.34-39, Oct. 2007.

SANTAMARIA JR., M. et al. Initial changes in pulpal microvasculature during orthodontic tooth movement: a stereological study. **Eur J Orthod**, v.28, n.3, p.217-220, Jun. 2006.

SEIFI, M. et al. Effects of two types of low-level laser wave lengths (850 and 630 nm) on the orthodontic tooth movements in rabbits. **Lasers Med Sci**, v.22, n.4, p.261-264, Nov. 2007.

SHIRAZI, M. et al. The role of nitric oxide in orthodontic tooth movement in rats. **Angle Orthod**, v.72, n.3, p.211-5, Jun. 2002.

SILVA JR., A.N. et al. Computerized morphometric assessment of the effect of low-level laser therapy on bone repair: an experimental animal study. **J Clin Laser Med Surg**, v.20, n.2, p.83-7, Apr. 2002.

SILVEIRA, D. et al. Alterações periodontais durante a movimentação dentária induzida em ratos. **Revista Odonto Ciência**. v.21, n.54, p.332-337, out./dez. 2006.

SOARES, E.S. **Efeitos da laserterapia de 660 nm na cicatrização de feridas cirúrgicas: estudo histológico e imunocitoquímico**. 2006. 128f. Tese para obtenção do título de Doutor em Odontologia. Faculdade de Odontologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

SOBRAL, M.C. **Avaliação do movimento dentário em coelhos com osteoporose induzida por corticosteróides**. 1999. 100f. Tese para obtenção do título de Mestre em Odontologia - Ortodontia. Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

SPROGAR, S.; VOLK, J.; DREVENSEK, M. et al. The effects of TBC3214, a selective endothelin ET<sub>A</sub> receptor antagonist, on orthodontic tooth movement in rats. **Eur J Orthod**, v. 29, p. 605-608, 2007.

STAINS, J.P.; CIVITELLI, R. Cell-Cell Interactions in Regulating Osteogenesis and Osteoblast Function. **Birth Defects Res C Embryo Today**. v.75, p.72-80, 2005.

TAWEECHAISUPAPONG, S. et al. Evening primrose oil effects on osteoclasts during tooth movement. **Angle Orthod**. v.75, n.3, p.356-360, May 2005.

TEN CATE, A.R. **Oral histology: development, structure and function**. 4ed., St. Louis: The C.V. Mosby Company, 1994. 532p.

TOMIZUKA, R. et al. Histological evaluation of the effects of initially light and gradually increasing force on orthodontic tooth movement. **Angle Orthod**, v.77, n.3, p.410-6, May 2007.

TUNÉR, J.; HODE L. **Laser Therapy: Clinical Practice and Scientific Background**. Sweden: Prima Books, 2002. 571p.

VON BÖHL, M. et al. Changes in the periodontal ligament after experimental tooth movement using high and low continuous forces in beagle dogs. **Angle Orthod**, v.74, n.1, p.16-25, Feb. 2004.

UEDA, Y.; SHIMIZU, N. Effects of pulse frequency of low-level laser therapy (LLT) on bone nodule formation in rat calvarial cells. **J Clin Laser Med Surg**, v.21, n.5, p.271-277, Oct. 2003.

WAGLE, N. Fractal analysis of the PDL-bone interface and implications for orthodontic tooth movement. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.127, n.6, p.655-661, Jun. 2005.

WALSH, L.J. The current status of laser applications in dentistry. **Aust Dental J**, v.48, n.3, p.146-155, Feb. 2003.

WEBER, J. B. **Avaliação do Efeito da Laserterapia (GaAIs) nos Enxertos ósseos Autógenos em Ratos: Estudo Morfológico**. 2003, Porto Alegre. Tese (Doutorado em Cirurgia e Traumatologia Bucocomaxilofacial) – Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

WHITSON, S.W. Bone. In: TEN CATE, A.R. **Oral Histology – Development, Structure and Function**. 4 Ed. St. Louis. Mosby, 1994, p.120-146.

YAMAMOTO, T. T.; KAWAKAMI, M.; YAMASHIRO, T. Effect of age on the rate of tooth movement in combination with local use of 1,25 (OH)<sub>2</sub> D<sub>3</sub> and mechanical force in the rat. **J Dent Res**, v. 71, n. 1, p. 487-492, 1992.

YAMASAKI, K. et al. Clinical application of prostaglandin E (PGE<sup>1</sup>) upon orthodontic tooth movement. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 85, p. 508-518, Jun. 1984.

YOUSSEF, M. et al. The effect of low-level laser therapy during orthodontic movement: a preliminary study. **Lasers Med Sci**, v.23, n.1, p.27-33, Jan. 2008.

**ANEXOS**

# ANEXO A



## UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA FACULDADE DE ODONTOLOGIA

### Comissão de Ética na Experimentação Animal

UFBA - Faculdade de Odontologia - Av. Araújo Pinho, 62 - Canela  
CEP: 40.140-110 - Salvador - BA - Tel: (71) 336-5976  
Home-page: www.ufba.br

## CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto de Pesquisa "INFLUÊNCIA DO LASER INFRAVERMELHO NO OSSO ALVEOLAR DURANTE O MOVIMENTO DENTÁRIO EM RATOS - 017/06" de autoria de ANTONIO LUIZ BARBOSA PINHEIRO, foi analisado pela Comissão de Ética na Experimentação Animal e considerado **APROVADO** em reunião ordinária realizada nesta data.

Salvador, 29 de MAIO de 2007

**Prof. Antonio Luiz B. Pinheiro**  
Presidente

*Prof. Antonio Luiz B. Pinheiro, PhD*  
Mat. 1749908  
Presidente - CEEA

LACERANDO TAMBÉM CONSERVANDO

**ANEXO B****Tabela 2**

Distribuição do percentual de animais cujos cortes histológicos exibiram ausente, discreta, moderada ou severa, presença da densidade vascular-polpa, inflamação-polpa, densidade vascular-periodonto, inflamação-periodonto, hialinização, osteoclastos, osteoblastos, colágeno pressão, colágeno tensão e reabsorção radicular, no Grupo Controle – Teste exato de Fisher (HABIB, 2008).

		<b>7 dias controle</b>	<b>13 dias controle</b>	<b>19 dias controle</b>
<b>Densidade vascular polpa</b>	ausente	0	20	0
	discreta	40	60	100
	moderada	60	20	0
	severa	0	0	0
Valor de p= 0,048 (7/19)				
<b>Inflamação polpa</b>	ausente	0	20	0
	discreta	40	80	100
	moderada	60	0	0
	severa	0	0	0
Valor de p= 0,048 (7/19)				
<b>Densidade vascular periodonto</b>	ausente	0	60	60
	discreta	80	40	20
	moderada	20	0	20
	severa	0	0	0
Valor de p= 0,03 (7/19)				
<b>Inflamação periodonto</b>	ausente	0	20	0
	discreta	20	60	60
	moderada	80	0	20
	severa	0	20	20
<b>Hialinização</b>	ausente	20	60	80
	discreta	60	40	20
	moderada	20	0	0
	severa	0	0	0
Valor de p= 0,000 (7/19)				
<b>Osteoclastos</b>	ausente	0	20	0
	discreta	60	40	80
	moderada	40	40	20
	severa	0	0	0
<b>Osteoblastos</b>	ausente	0	0	0
	discreta	60	40	20
	moderada	40	60	80
	severa	0	0	0
<b>Colágeno pressão</b>	ausente	0	0	0
	discreta	0	80	80
	moderada	80	20	20
	severa	20	0	0
Valor de p= 0,015 (7/13)				
<b>Colágeno tensão</b>	ausente	0	0	0
	discreta	40	80	100
	moderada	60	0	0
	severa	0	20	0
Valor de p= 0,048 (7/19)				
<b>Reabsorção radicular</b>	ausente	0	80	60
	discreta	80	0	40
	moderada	20	20	0
	severa	0	0	0

**ANEXO C****Tabela 3**

Distribuição do percentual de animais cujos cortes histológicos exibiram ausente, discreta, moderada ou severa, presença da densidade vascular-polpa, inflamação-polpa, densidade vascular-periodonto, inflamação-periodonto, hialinização, osteoclastos, osteoblastos, colágeno pressão, colágeno tensão e reabsorção radicular, no Grupo Laser – Teste exato de Fisher (HABIB, 2008).

		<b>7 dias laser</b>	<b>13 dias laser</b>	<b>19 dias laser</b>
<b>Densidade vascular polpa</b>	ausente	0	0	80
Valor de p= 0,015 (7/13)	discreta	40	100	20
Valor de p= 0,001 (13/19)	moderada	60	0	0
	severa	0	0	0
<b>Inflamação polpa</b>	ausente	0	60	40
	discreta	100	20	40
	moderada	0	20	20
	severa	0	0	0
<b>Densidade vascular periodonto</b>	ausente	0	20	80
Valor de p= 0,001 (7/13)	discreta	0	80	20
Valor de p= 0,015 (13/19)	moderada	100	0	0
	severa	0	0	0
<b>Inflamação periodonto</b>	ausente	0	0	0
	discreta	100	100	60
	moderada	0	0	40
	severa	0	0	0
<b>Hialinização</b>	ausente	20	40	40
	discreta	0	40	20
Valor de p= 0,015 (7/13)	moderada	80	0	40
	severa	0	20	0
<b>Osteoclastos</b>	ausente	0	0	0
	discreta	0	80	20
	moderada	100	20	60
	severa	0	0	20
<b>Osteoblastos</b>	ausente	40	0	20
	discreta	60	0	0
Valor de p= 0,015 (7/13)	moderada	0	60	80
	severa	0	40	0
<b>Colágeno pressão</b>	ausente	0	0	0
	discreta	0	20	20
	moderada	40	40	0
	severa	60	40	80
<b>Colágeno tensão</b>	ausente	0	0	0
	discreta	0	20	20
	moderada	40	20	20
	severa	60	60	60
<b>Reabsorção radicular</b>	ausente	60	20	80
	discreta	40	60	20
Valor de p= 0,03 (13/19)	moderada	0	20	0
	severa	0	0	0

**ANEXO D****Tabela 4**

Distribuição do percentual de animais cujos cortes histológicos exibiram ausente, discreta, moderada ou severa, presença da densidade vascular-polpa, inflamação-polpa, densidade vascular-periodonto, inflamação-periodonto, hialinização, osteoclastos, osteoblastos, colágeno pressão, colágeno tensão e reabsorção radicular, nos Grupos Controle e Laser – Teste exato de Fisher (HABIB, 2008).

		7 dias		13 dias		19 dias	
		controle	laser	controle	laser	controle	Laser
<b>Densidade vascular polpa</b>	ausente	0	0	20	0	0	80
	discreta	40	40	60	100	100	20
	moderada	60	60	20	0	0	0
	severa	0	0	0	0	0	0
<b>Inflamação polpa</b>	ausente	0	0	20	60	0	40
	discreta	40	100	80	20	100	40
	moderada	60	0	0	20	0	20
	severa	0	0	0	0	0	0
<b>Densidade vascular periodonto</b>	ausente	0	0	60	20	60	80
	discreta	80	0	40	80	20	20
	moderada	20	100	0	0	20	0
	severa	0	0	0	0	0	0
<b>Inflamação periodonto</b>	ausente	0	0	20	0	0	0
	discreta	20	100	60	100	60	60
	moderada	80	0	0	0	20	40
	severa	0	0	20	0	20	0
<b>Hialinização</b>	ausente	20	20	60	40	80	40
	discreta	60	0	40	40	20	20
	moderada	20	80	0	0	0	40
	severa	0	0	0	20	0	0
<b>Osteoclastos</b>	ausente	0	0	20	0	0	0
	discreta	60	0	40	80	80	20
	moderada	40	100	40	20	20	60
	severa	0	0	0	0	0	20
<b>Osteoblastos</b>	ausente	0	40	0	0	0	20
	discreta	60	60	40	0	20	0
	moderada	40	0	60	60	80	80
	severa	0	0	0	40	0	0
<b>Colágeno pressão</b>	ausente	0	0	0	0	0	0
	discreta	0	0	80	20	80	20
	moderada	80	40	20	40	20	0
	severa	20	60	0	40	0	80
<b>Colágeno tensão</b>	ausente	0	0	0	0	0	0
	discreta	40	0	80	20	100	20
	moderada	60	40	0	20	0	20
	severa	0	60	20	60	0	60
<b>Reabsorção radicular</b>	ausente	0	60	80	20	60	80
	discreta	80	40	0	60	40	20
	moderada	20	0	20	20	0	0
	severa	0	0	0	0	0	0