

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
MESTRADO EM CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS  
CIRURGIA E TRAUMATOLOGIA BUCO-MAXILO-FACIAIS

HENRIQUE VOLTOLINI DE AZAMBUJA

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE UM CAMPO MAGNÉTICO PERMANENTE  
SEPULTADO EM ÁREA DE ENXERTO ÓSSEO ALÓGENO  
E DENTO-ALVEOLAR-  
ESTUDO EXPERIMENTAL EM RATOS**

PORTO ALEGRE  
2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
MESTRADO EM CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS  
CIRURGIA E TRAUMATOLOGIA BUCO-MAXILO-FACIAIS

HENRIQUE VOLTOLINI DE AZAMBUJA

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE UM CAMPO MAGNÉTICO PERMANENTE  
SEPULTADO EM ÁREA DE ENXERTO ÓSSEO ALÓGENO  
E DENTO-ALVEOLAR -  
ESTUDO EXPERIMENTAL EM RATOS**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos obrigatórios para a obtenção do título de Mestre em Clínicas Odontológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Ênfase: Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais.

Profa. Dra. DEISE PONZONI  
Orientadora

Profa. Dra. EDELA PURICELLI  
Co-orientadora

PORTO ALEGRE  
2007

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

A991a

Azambuja, Henrique Voltolini de

Avaliação da aplicação de um campo magnético permanente sepultado em área de enxerto ósseo alógeno e dento-alveolar: estudo experimental em ratos / Henrique Voltolini de Azambuja. - 2007.

87 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Odontologia. Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Clínica Odontológica (Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais ), Porto Alegre, 2007.

Orientadora: “Profa. Dra. Deise Ponzoni”.

Co-Orientadora: “Profa. Dra. Edela Puricelli”.

1. Cirurgia Buco-Maxilo-Facial 2. Traumatologia buco-maxilo-facial  
3. Campo magnético estático 4. Cicatrização alveolar 5. Enxerto ósseo alógeno liofilizado I. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Odontologia II. Título.

CDU 616.31-089

Bibliotecária: Eloisa Futuro Pfitscher CRB 10/598

**À Profa. Dra. Edela Puricelli**

por me oportunizar a realização deste sonho,  
por acreditar na minha capacidade,  
pelos exemplos de ética, respeito, competência e profissionalismo,  
pelo lado humano,  
por ensinar a amar e lutar pelo crescimento de nossa classe .

Muito Obrigado!

À senhora dedico este trabalho.

**À Profa. Dra Deise Ponzoni,**

pela incansável e competente orientação deste trabalho,  
pela paciência, amizade e fundamental apoio  
e incentivo durante todas as fases deste trabalho,

Muito obrigado pela orientação!

Aos meus pais, Paulo e Waleska,  
pela dedicação de suas vidas em prol dos filhos,  
pelos maravilhosos exemplos de vida,  
e profissionais que sempre tive dentro de casa,  
pela educação, amor, carinho e  
por sempre me incentivarem, na realização de meus sonhos.

Aos meus irmãos Letícia e Fernando,  
pelo carinho, união, apoio, amizade e companheirismo.

À minha Vó Yedda,  
pelo carinho e incentivo de sempre.

Aos meus avós Raul, Zefinha e Paulo,  
por terem me deixado excelentes exemplos de vida  
e lembranças maravilhosas.

Aos meus tios, tias, primos e primas,  
pelo espírito de família e apoio.

Aos meus amigos,  
pelo incentivo e apoio.

Ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
na pessoa do Prof. Dr. Manoel Sant'Ana Filho  
e Prof. Dr. Pantelis Varvaki Rados.

Ao Prof. João Batista,  
pelo auxílio na confecção e interpretação da parte histológica do trabalho,  
pela amizade, pelo Gremismo, pelo ótimo relacionamento e pelos ensinamentos.

Aos Prof. João Julio e Marcel  
pela amizade, conhecimento e coleguismo  
no decorrer de toda esta caminhada.

Aos colegas e amigos Carlos, Baraldi, Gustavo,  
pela confiança e incentivo dados em todas  
as etapas deste trabalho  
e na vida profissional.

Aos colegas e amigos Mauro e Dada,  
pela união, incentivo e apoio.

Aos amigos Tati e Nardier  
pela orientação e incentivo.

Ao Instituto Puricelli e Associados e seus funcionários,  
pelos ensinamentos e dedicação oferecidos.

À Isabel Pucci,  
pelo carinho,  
por me apoiar, incentivar e acreditar  
no meu crescimento profissional.

À colega Jéssica,  
pelo apoio.

À amiga e colega Vica,  
pela amizade, disponibilidade, paciência, incentivo  
e ajuda indispensável para realização desse trabalho.

Aos colegas ex-alunos do Programa de Capacitação em CTBMF da FO-UFRGS,  
Marcos, Tiago, Deon e Klippel, pela amizade  
e disponibilidade em colaborar com este trabalho.

Aos meus colegas de mestrado,  
pela amizade e convívio durante os anos de curso.

Ao Prof. Carlos Eduardo Galia,  
Coordenador Técnico do Banco de Tecidos do  
Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA),  
pela disponibilidade e orientação.

À Srta. Tielle Müller de Mello,  
pela gentil colaboração.

Ao Prof. Luis Gustavo,  
pela disponibilidade e pelos ensinamentos  
na área de magnetismo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação,  
pelo empenho em passar seus conhecimentos e elevar o nome desta Instituição.

Aos meus professores da UPF pela minha formação. Especialmente a  
Profa. Waleska, por ser mais do que mestre,  
mostrando-me valores profissionais e  
humanos, que servem de exemplo e  
pelo constante incentivo na busca pela excelência.

Aos pacientes,  
pela confiança depositada.



Às Enfermeiras e Auxiliares de Enfermagem do Bloco Cirúrgico,  
CME, SAC, Unidades de Internação e Emergência  
do Hospital de Clínicas de Porto Alegre,  
pela dedicação prestada a nós e aos nossos pacientes.

Aos funcionários do Hospital de Clínicas de Porto Alegre,  
por toda a colaboração.

À Dona Vera, Dona Marli, Seu Lopes,  
Eduardo e Eliane, pela disponibilidade, carinho e amizade.

Aos funcionários do Biotério da UFRGS,  
em especial à Dona Geni, Seu Carmona, Paula e Márcio,  
pela disponibilidade e cuidados aos animais deste experimento.

Ao Fábio pelo auxílio prestado na elaboração gráfica do trabalho.

A todos, meus mais sinceros agradecimentos.

## RESUMO

**Proposição:** O presente trabalho propõe o estudo histológico descritivo da aplicação de um campo magnético sepultado, estático e permanente em área de enxerto ósseo alógeno liofilizado e dento-alveolar associada a defeito cirúrgico em mandíbulas de ratos. **Metodologia:** estudo experimental *in vivo*, randomizado. Amostra foi composta por 21 ratos, da espécie *Rattus norvegicus albinus*, linhagem *Wistar*, machos, divididos em três grupos, correspondendo aos tempos experimentais de sete, 21 e 45 dias. Foram realizadas ostectomias associadas a odontosecções, na face lateral externa do corpo mandibular e no ramo ascendente, atingindo transversalmente a raiz do incisivo inferior e os ápices dos molares. Este defeito cirúrgico permitiu a adaptação de dispositivos metálicos magnetizados (grupo teste) e não magnetizados (grupo controle) associados às regiões apicais dos molares e ao coto distal do incisivo inferior, local este onde realizou-se enxertia óssea alógena liofilizada. A intensidade média do campo magnético sepultado e permanente foi de 250 gauss. **Resultados:** observou-se no grupo teste e controle, nos diferentes tempos experimentais a gradativa integração do enxerto ósseo alógeno liofilizado, a manutenção da vitalidade pulpar dos molares e coto proximal do incisivo inferior, além da contínua erupção do incisivo inferior do rato. Nos grupos teste, principalmente aos 45 dias, constatou-se uma diferenciada e exuberante neoformação óssea centrípeta em direção aos dispositivos metálicos imantados. **Conclusão:** o campo magnético sepultado *in vivo* foi capaz de favorecer o processo de cicatrização óssea no defeito cirúrgico criado.

**Palavras-chave:** Cirurgia Buco-Maxilo-Facial; Campo magnético estático; Cicatrização alveolar; Enxerto ósseo alógeno liofilizado.

## ABSTRACT

**Purpose:** The present study provides a descriptive histological analysis of the use of a buried, static and permanent magnetic field in lyophilized bone allografts in a dentoalveolar area associated with surgical defects in rat mandibles. **Method:** a randomized *in vivo* experimental study was carried out with 21 male *Wistar* rats (*Rattus norvegicus albinus*), which were split into three groups, corresponding to 7, 21 and 45 experimental days. Osteotomies associated with odontotomies were performed on the outer lateral face of the mandibular body and in the ascending branch, cross-sectionally to the root of the lower incisor and to the molar apices. This surgical defect allowed for the use of magnetized (test group) and non-magnetized (control group) metal devices associated with molar apices and with the distal stump of the lower incisor, where the lyophilized bone allograft was performed. The intensity of the buried and permanent magnetic field amounted to 250 gauss. **Results:** In the test and control groups, there was gradual integration of the lyophilized bone allograft, maintenance of pulp vitality of the molars and of the proximal stump of the lower incisor, in addition to continuous eruption of the lower incisor. In the test groups, especially at 45 days, there was distinct and pronounced centripetal new bone formation in a direction toward the magnetized metal devices. **Conclusion:** the *in vivo* buried magnetic field favored bone healing at the site of the surgical defect.

**Keywords:** Oral and maxillofacial surgery; Static magnetic field; Alveolar wound healing; Lyophilized bone allograft.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Representação gráfica da vista lateral da hemimandíbula direita de rato. Segmento proximal (P). Segmento distal (D). Observa-se esquematicamente o defeito dento-alveolar resultante de ostectomias e odontosecções. Dispositivos metálicos posicionados em regiões apicais de molares e coto incisal proximal. Partículas de enxerto ósseo alógeno liofilizado adjacentes ao dispositivo metálico no coto incisal distal. .... 43
- Figura 2:** Imagem trans-cirúrgica, região submandibular direita do rato. Segmento proximal (P). Segmento distal (D). Defeito dento-alveolar, em forma de 'L', resultante de ostectomias e odontosecções..... 44
- Figura 3:** Imagem trans-cirúrgica, região submandibular direita do rato. Segmento proximal (P). Segmento distal (D). Dispositivos metálicos posicionados e enxerto ósseo alógeno liofilizado compactado na proximidade do dispositivo metálico distal. .... 44
- Figura 4:** Radiografia de perfil, grupo controle aos sete dias. É possível observar as partículas de enxerto ósseo alógeno liofilizado compactadas contra o dispositivo metálico associado à região do coto distal do incisivo inferior direito. Observa-se a estabilidade dos dispositivos metálicos e o defeito cirúrgico criado..... 48
- Figura 5:** Radiografia de perfil, grupo teste aos sete dias. É possível observar as partículas de enxerto ósseo alógeno liofilizado compactadas contra o dispositivo metálico imantado associado à região do coto distal do incisivo inferior direito. Observa-se a estabilidade dos dispositivos metálicos imantados e o defeito cirúrgico criado..... 49
- Figura 6:** Radiografia de perfil, grupo controle aos 45 dias. Segmento dentário proximal mantém sua configuração anatômica curvilínea e o crescimento. Observa-se a presença dos dispositivos metálicos. Discreta extrusão do coto distal do incisivo inferior direito..... 49
- Figura 7:** Radiografia de perfil, grupo teste aos 45 dias. Segmento dentário proximal mantém sua configuração anatômica curvilínea e o crescimento. Observa-se a estabilidade dos dispositivos metálicos imantados. Grande extrusão do coto

	distal do incisivo inferior direito.....	49
<b>Figura 8:</b>	Raiz do 1º molar (M), osso alveolar (O), defeito cirúrgico experimental (DC). Grupo controle aos sete dias. HE. Aumento original 64x.....	51
<b>Figura 9:</b>	Raiz do 1º molar (M), osso alveolar (O), tecido de granulação em área de defeito cirúrgico experimental (DC). Grupo controle aos sete dias. HE. Aumento original 64x.....	51
<b>Figura 10:</b>	Raiz do 1º molar (M), tecido pulpar (P). Observa-se a deposição de dentina secundária e a presença de odontoblastos adjacentes à cavidade pulpar (seta). Grupo controle aos sete dias. HE. Aumento original 160x.....	52
<b>Figura 11:</b>	Fragmentos do enxerto ósseo alógeno liofilizado (EO) associados à área incisiva, coto distal. Enxerto levemente basófilo. Observa-se presença de hemorragia e infiltrado inflamatório. Grupo controle aos sete dias. HE. Aumento original 160x.....	52
<b>Figura 12:</b>	Raízes do 1º molar (M), defeito cirúrgico experimental (DC), tecido de granulação (TG), hemorragia (H), neoformação óssea (seta) em direção centrípeta em direção à área ocupada pelo magneto. Grupo teste aos sete dias. HE. Aumento original 64x.....	53
<b>Figura 13:</b>	Raiz do incisivo (I), coto distal, osso alveolar (O), defeito cirúrgico experimental (DC). Presença de neoformação óssea centrípeta (seta) e tecido de granulação (TG). Grupo teste aos sete dias. HE. Aumento original 64x.....	54
<b>Figura 14:</b>	Fragmentos do enxerto ósseo alógeno liofilizado (EO), associados à área incisiva, coto distal. Observa-se a presença de osteoblastos (seta) associados à matriz óssea jovem. Grupo teste aos sete dias. HE. Aumento original 64x.....	54
<b>Figura 15:</b>	Raiz do molar (M), tecido fibroso (TF), defeito cirúrgico experimental (DC), estrutura pulpar (P). Discreta neoformação óssea (seta). Presença de tecido fibroso e coágulo. Grupo controle aos 21 dias. HE. Aumento original 64x.....	55

<b>Figura 16:</b>	Raiz do incisivo (I), coto distal, tecido conjuntivo fibroso (TF), fragmentos do enxerto ósseo alógeno liofilizado (EO) e defeito cirúrgico experimental (DC). Grupo controle aos 21 dias. HE. Aumento original 64x.....	56
<b>Figura 17:</b>	Área de neoformação óssea centrípeta (seta) associada às raízes dos molares (seta), tecido conjuntivo fibroso (TF) circundando o magneto, defeito cirúrgico experimental (DC). Grupo teste aos 21 dias. HE. Aumento original 64x.....	56
<b>Figura 18:</b>	Área de neoformação óssea centrípeta (seta) associada às raízes dos molares, tecido conjuntivo fibroso (TF) circundando o magneto, defeito cirúrgico (DF). Grupo experimento aos 21 dias. HE. Aumento original 64x.....	57
<b>Figura 19:</b>	Raiz do incisivo (I), coto distal, tecido fibroso (TF), vasos sangüíneos (seta) invadindo a área do enxerto ósseo alógeno liofilizado (EO). Grupo teste aos 21 dias. HE. Aumento original 64x.....	58
<b>Figura 20:</b>	Estrutura pulpar (P) do coto proximal do incisivo inferior. Presença de dentina terciária (DT). Grupo teste aos 21 dias. HE. Aumento original 64x.....	58
<b>Figura 21:</b>	Estrutura pulpar. Detalhe, presença de dentina terciária (DT). Grupo teste aos 21 dias. HE. Aumento original 160x.....	59
<b>Figura 22:</b>	Área de neoformação óssea (O) associada ao dispositivo metálico na região de molares (M). Tecido conjuntivo. (TC). Defeito cirúrgico experimental (DC). Grupo controle aos 45 dias. HE. Aumento original 64x.....	60
<b>Figura 23:</b>	Área de neoformação óssea (O) associada ao dispositivo metálico em área de enxerto ósseo alógeno liofilizado. Cápsula fibrosa (CF). Região incisivo, coto distal. Grupo teste aos 45 dias. HE. Aumento original 64x.....	61
<b>Figura 24:</b>	Área de exuberante neoformação óssea (O) associada ao dispositivo metálico em sentido centrípeto, região de molares. Presença de cápsula fibrosa (CF). Grupo teste aos 45 dias. HE. Aumento original 64x.....	62

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIDS - Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (SIDA)

AlNiCo – alumínio, níquel, cobalto

Atm - atmosfera

BMP - *bone morphogenetic protein* (proteína morfogenética óssea)

*et al* – *et alli* (e colaboradores)

F - flúor

FDA - *Food and Drug Administration*

g - grama(s)

G - gauss

GC - grupo controle

GT - grupo teste

HA - hidroxiapatita

HCPA - Hospital de Clínicas de Porto Alegre

HE - hematoxilina e eosina

HIV - *Human Immunodeficiency Virus* (Vírus da Imunodeficiência Humana)

Kv - quilovolts

mA - miliampéres

NdFeB – neodímio, ferro, boro

μm - micrometro(s)

rpm - rotações por minuto

SmCo – samário, cobalto

Zn - zinco



## SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	15
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISAO DE LITERATURA.....	18
2.1 TECIDO ÓSSEO.....	18
2.1.1 REPARO ÓSSEO ALVEOLAR.....	20
2.2 TECIDOS DENTÁRIOS.....	22
2.3 ENXERTOS ÓSSEOS.....	24
2.3.1 ENXERTO ÓSSEO AUTÓGENO.....	25
2.3.2 ENXERTO ÓSSEO XENÓGENO.....	26
2.3.3 ENXERTO ÓSSEO ALÓGENO.....	26
2.3.3.1 ENXERTO ÓSSEO ALÓGENO LIOFILIZADO.....	28
2.4 MAGNETISMO E REPARO ÓSSEO.....	29
2.5 MODELO ANIMAL.....	33
2.5.1 ERUPÇÃO E CRESCIMENTO DENTÁRIO.....	35
3 OBJETIVOS.....	38
3.1 OBJETIVO GERAL.....	38
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	38
4 METODOLOGIA.....	39
4.1 PARADIGMA .....	39
4.2 MODELO DO ESTUDO .....	39

4.3 LOCAL .....	39
4.4 AMOSTRA.....	40
4.5 MATERIAL.....	40
4.6 DELINEAMENTO CIRURGICO EXPERIMENTAL.....	41
4.7 MÉTODO RADIOGRÁFICO.....	45
4.8 MÉTODO HISTOLÓGICO.....	46
5 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS .....	47
6 RESULTADOS.....	48
7 DISCUSSÃO.....	63
8 CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS.....	70
ANEXOS.....	82



## 1 INTRODUÇÃO

A constante busca por soluções que possam oferecer os melhores resultados clínico-cirúrgicos aos pacientes está presente na prática diária da Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais. Dentro deste contexto, faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas, fundamentais para o aparecimento e consolidação científica das condutas terapêuticas.

Dessa maneira, os enxertos ósseos já consagrados são amplamente utilizados no tratamento de várias afecções do esqueleto, no preenchimento de cavidades ou como suporte estrutural nas falhas ósseas segmentares, nas reconstruções buco-maxilo-faciais, no tratamento de defeitos ósseos após cirurgias de tumores benignos e cistos, entre outros (GASDAG *et al*, 1995; PURICELLI; BARALDI; CARDOSO, 2004; GALIA *et al*, 2005; MOZELLA *et al*, 2005; PURICELLI; BARALDI; PARIS, 2005).

Contribuindo com os diferentes tratamentos, as pesquisas avançam na investigação dos efeitos biológicos dos campos magnéticos. O campo magnético permanente e sepultado apresenta-se como um importante auxiliar na aceleração do reparo e neoformação óssea, além de favorecer o processo de integração de enxertos ósseos (ULBRICH, 2003; DUTRA, 2005; PURICELLI *et al*, 2006).

O presente trabalho propõe o estudo histológico da aplicação de um campo magnético sepultado, estático e permanente em área de enxerto ósseo alógeno liofilizado e dento-alveolar associada a defeito cirúrgico em mandíbulas de ratos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 TECIDO ÓSSEO

O osso é um tecido conjuntivo mineralizado cuja função está relacionada com a constituição do esqueleto, sustentação e fixação dos músculos, suporte para as partes moles e proteção de órgãos vitais. Aloja a medula óssea e funciona como depósito de íons cálcio, fosfato e outros (ROSS; REITH; ROMRELL, 1993; JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004; MARKS; HERMEY, 1996).

O tecido ósseo pode ser descrito, segundo a microestrutura, em quatro componentes: células, matrizes orgânica e inorgânica e fatores sinalizadores solúveis (fatores de crescimento) (HOLLINGER; BUCK; BRUDER, 1999).

Os osteoblastos, osteócitos e as células osteoprogenitoras derivam de células-tronco do mesênquima ou ectomesênquima, sendo encontradas na medula óssea e em uma região de células proliferativas adjacente à camada osteoblástica no periósteo. Os osteoblastos são responsáveis pela síntese e secreção da camada inicial não mineralizada da matriz orgânica, denominada osteóide (BURKITT *et al*, 1994; WHITSON, 2001). Quando em atividade de síntese são cubóides, com citoplasma basófilo. O contrário ocorre quando estão em pouca atividade, onde apresentam-se achatados e a basofilia do citoplasma diminui (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004).

Os osteoclastos, por sua vez, são derivados do sistema mononuclear/fagocitário-sistema hematopoiético. Histologicamente apresentam citoplasma granuloso, fracamente basófilo e acidófilo, em células jovens e maduras respectivamente. Sua superfície ativa está voltada para a matriz óssea com vilosidades, circundados por um citoplasma pobre em organelas. Os osteoclastos estão presentes nos processos fisiológicos e patológicos de reabsorção (BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004).

O tecido ósseo é constituído por uma matriz orgânica colagênica (colágeno Tipo I), contém aproximadamente 60% de material inorgânico, 25% de material orgânico e 15% de água. A matriz orgânica que compõe o material extracelular é formada por

proteínas associadas, glicoproteínas e polissacarídeos (BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004).

A fase inorgânica é composta por hidroxiapatita carbonatada (HA) –  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , na forma de cristais de comprimentos variáveis distribuídos entre as fibrilas colágenas tanto no interior quanto na superfície da matriz (MARKS; HERMEY, 1996; BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004). Ainda, de acordo com Kessel (2001) compõem esta matriz, fosfato de cálcio não cristalino, íons citrato, bicarbonato, fluoreto, magnésio, potássio e sódio em menores quantidades.

Os fatores de crescimento também compõem a microestrutura do tecido ósseo. São compostos por polipeptídeos de diversas famílias. Para exercerem sua função, as células devem expressar receptores em sua superfície. Quando reconhecidos, interagem tanto com os componentes presentes na membrana quanto com os ligados no citoplasma (TEN CATE, 2001a).

Os fatores de crescimento elaborados pelos osteoblastos são fundamentais no desenvolvimento das células ósseas. Estes fatores auxiliam na regulação do metabolismo celular. Osteoblastos secretam vários membros da superfamília das proteínas morfogenéticas ósseas (BMP), incluindo BMP2, BMP7 e o fator de transformação de crescimento beta (TGF-  $\beta$ ) em adição ao fator de crescimento insulina-dependente (IGF-I e IGF-II), fator de crescimento derivado das plaquetas (PDGF- AA) e fator fibroblástico de crescimento beta (FGF-  $\beta$ ) (TEN CATE, 2001a).

Os componentes da microestrutura, quando unidos, formam a macroestrutura óssea, composta de osso cortical e osso esponjoso (HOLLINGER; BUCK; BRUDER, 1999; BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004).

O tecido ósseo localizado na maxila e mandíbula, que constitui com o ligamento periodontal e o cemento, o sistema de ancoragem dentária, é denominado tecido ósseo alveolar (ARANA; KATCHBURIAN, 2004). Ele apresenta espessura que varia entre 0,1 e 0,4mm (ARANA; KATCHBURIAN, 2004). Limita-se entre os ápices radiculares e os processos alveolares do corpo da mandíbula e da maxila. Funciona como tecido mineralizado de suporte, oferece inserção aos músculos, promove arcabouço para a medula óssea e atua como reservatório para íons, especialmente o cálcio. Além disso, possui plasticidade, permitindo remodelamento conforme as demandas funcionais. Seu

desenvolvimento e manutenção estão diretamente relacionados à presença dentária, para preservação de sua massa óssea (BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004).

Internamente, uma fina camada de osso compacto reveste o alvéolo dentário e fornece inserção às fibras do ligamento periodontal. Externamente, sobre as superfícies vestibular e lingual/palatina, há presença de camadas de osso compacto formando a lâmina alveolar externa e interna. Entre elas, existem quantidades variáveis de osso esponjoso dependendo de sua localização (BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004).

O tecido ósseo é revestido por um tecido conjuntivo denso e fibroso denominado periósteo. Quando localizado internamente, é chamado endósteo. Este é mais celular e vascular, garantindo a nutrição do periósteo. As fibras de Sharpey (fibras colágenas do tecido ósseo) unem firmemente o periósteo ao tecido ósseo. As células do periósteo diferenciam-se facilmente em osteoblastos e têm papel importante no crescimento e reparo ósseo (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004).

### 2.1.1 REPARO ÓSSEO ALVEOLAR

As lesões no tecido ósseo podem ser causadas por eventos locais ou sistêmicos (PETERSON *et al.*, 2004).

O tecido ósseo, após injúria, ativa um processo de cicatrização, que envolve uma cascata de eventos, desde o reparo até a remodelação, descrita no modelo clássico de fratura (MASTERS, 1988; BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004).

O remodelamento é reconhecido como um processo cíclico, pelo qual o osso deve manter um equilíbrio dinâmico entre reabsorção e neoformação (MASTERS, 1988; BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004).

Segundo Carvalho e Okamoto (1987), após uma exodontia, o alvéolo dentário é preenchido por sangue. O sangue coagulado isola a ferida óssea do ambiente da cavidade bucal (HUPP, 1996). A cicatrização alveolar ocorre em dois grandes estágios, inicialmente reparo e posteriormente remodelação. O reparo é caracterizado pela presença de um osso imaturo, rapidamente formado por osteoblastos em atividade e

fibras colágenas entrelaçadas orientadas aleatoriamente. As propriedades biomecânicas do osso imaturo são pobres se comparadas ao osso maduro, devido ao menor grau de mineralização e organização (RASMUSSEN, 1998).

No segundo estágio da cicatrização óssea, inicia-se o processo de remodelação, o osso imaturo será substituído por um osso organizado e lamelar (RASMUSSEN, 1998). Durante esse processo, há uma íntima relação entre deposição e reabsorção. A superfície óssea alveolar, onde está acontecendo a formação óssea, apresenta numerosos nódulos calcificados no interior e em torno das fibras colágenas. Na área de reabsorção, há presença de lacunas denominadas lacunas de Howship (BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004).

No osso alveolar imediatamente após a exodontia, evidenciam-se radiograficamente os limites do alvéolo por um tecido radiopaco contínuo que caracteriza a presença da lâmina dura. Em média, após 63 dias, podem ser observadas áreas radiopacas nas proximidades da lâmina dura em formação centrípeta (TEN CATE, 2001a).

Carvalho e Okamoto (1987) consideram completa a reparação do alvéolo quando este encontra-se totalmente preenchido por tecido ósseo neoformado e a crista alveolar remodelada. Isto ocorre por volta dos 21 dias pós exodontia em ratos e 48 dias em cães.

No homem esse processo de reparo pode ser acompanhado radiograficamente. São utilizados métodos histométricos e radiográficos. Entretanto, exames radiográficos de rotina podem apenas detectar mudanças na densidade mineral óssea entre 30-40% (JEFFCOAT, 1992), já que sua sensibilidade é limitada (ELSUBEIH; HEERSCH, 2004).

O processo de cicatrização em ratos é basicamente similar ao humano, em relação à seqüência de eventos, porém, ocorre mais rapidamente (AMLER; JOHNSON; SALMAN, 1960; BOYNE, 1966; AMLER, 1969).

Muitos estudos são realizados para avaliação da cicatrização óssea alveolar em animais. Entretanto, na maioria deles, a avaliação quantitativa do reparo alveolar em ratos torna-se restrita a alguns dentes e a períodos que não excedem 60 dias pós exodontia (GUGLIELMOTTI ; CABRINI , 1985; BODNER *et al*, 1993).



## 2.2 TECIDOS DENTÁRIOS

Os dentes são compostos por três tecidos mineralizados: esmalte, dentina e cimento. No interior dessas estruturas encontra-se a polpa dental. O suporte das estruturas dentárias é feito pelo periodonto (BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004).

O esmalte dentário, em condições fisiológicas, recobre a parte do dente que está exposta ao meio bucal. É o tecido mais mineralizado e, portanto, mais duro do corpo humano. Cerca de 86% é constituído por material inorgânico, 12% de água e em torno de 2% é formado pela matriz orgânica (FEJERSKOV; THILSTRUP, 1990).

A composição da dentina é estimada em cerca de 70% de material inorgânico, 18% de material orgânico e 12% de água. A porção inorgânica constitui-se, principalmente, de cristais de hidroxiapatita. Outros sais inorgânicos, tais como carbonatos, fosfato de cálcio, diferentes da hidroxiapatita e sulfatos, estão presentes. Ainda, registram-se elementos como F, Cu, Zn, Fe e outros. A porção orgânica consiste, principalmente, de colágeno, que representa 17% do tecido e 93% de todo material orgânico. Frações de lipídios, glicosaminoglicanas e compostos não identificados de proteína constituem, cada um, cerca de 0,2% (MJÖR, 1990). A dentina e a polpa constituem a maior parte do dente (BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004).

A polpa é um tecido conjuntivo frouxo e especializado. É considerada de natureza imatura e indiferenciada. Suas entidades estruturais básicas são: células de tecido conjuntivo, fibras e substância fundamental amorfa (MJÖR, 1990).

As células mais características da polpa dentária são os odontoblastos, que formam uma camada de revestimento em sua periferia. Outras células encontradas no tecido pulpar são células ectomesenquimais indiferenciadas, macrófagos e linfócitos T. Entretanto, as células mais numerosas são os fibroblastos, cuja função é formar e manter a matriz pulpar que consiste em colágeno e substância fundamental (ARANA; KATCHBURIAN, 2004; TEN CATE, 2001b).

A substância fundamental é composta principalmente de glicosaminoglicanos, glicoproteínas e água, sendo responsável pelo suporte das células e atuando como

meio de transporte de nutrientes (TEN CATE, 2001b). A polpa comunica-se com o ligamento periodontal através dos forames apicais ou por eventuais canais laterais, pelos quais passam os elementos vasculares e nervosos (SOARES; GOLDBERG, 2001).

Nervos contendo fibras sensitivas provenientes do nervo trigêmeo e ramos simpáticos do gânglio cervical superior penetram através do forame apical e dos forames acessórios como grossos feixes. Esses feixes, constituídos tanto por axônios mielínicos como amielínicos, atravessam a polpa do canal radicular, chegando à câmara pulpar. Nessa região, ramificam-se em direção à periferia pulpar, onde constituem um plexo nervoso característico denominado plexo de Raschkow (ARANA; KATCHBURIAN, 2004). A polpa é um tecido conjuntivo com resposta específica a lesões cirúrgicas e traumáticas, assim como a agressões bacterianas. As diferentes agressões que interferem com o suprimento neurovascular da polpa dão origem a várias respostas de cicatrização e defesa que variam desde a formação localizada ou generalizada de dentina secundária até uma inflamação pulpar, reabsorção interna e necrose, com e sem infecção (ANDREASEN; ANDREASEN, 2001).

A característica geral da resposta de cicatrização da lesão pulpar é a substituição do tecido danificado por um tecido pulpar recém-formado. Ocorre a invasão de macrófagos, novos vasos e células progenitoras pulpares na zona traumatizada, através da qual o tecido pulpar é gradualmente substituído por um novo tecido pulpar (ANDREASEN; ANDREASEN, 2001).

O cemento é o tecido que recobre a dentina radicular e tem como principal função a inserção das fibras do ligamento periodontal na raiz dentária (KATCHBURIAN; ARANA, 1999). É um tecido conjuntivo especializado, estruturalmente semelhante ao osso compacto, porém avascular. O conteúdo mineral é de aproximadamente 65% do peso, a matriz orgânica constitui 23%, e os 12% restantes são de água. Como no osso e na dentina, a porção mineral do cemento é constituída por cálcio e fosfato, presentes, principalmente, sob a forma de hidroxiapatita (FURSETH, SELVIG; MJÖR, 1990).

Suas células, cementoblastos e cementócitos, são similares aos osteoblastos e osteócitos. Por ser avascular, sua nutrição se dá por difusão através do ligamento periodontal. O cemento normalmente não sofre remodelação, embora seja passível de

reabsorção e neoformação com uma intensidade muito menor que a do tecido ósseo (ARANA; KATCHBURIAN, 2004).

O ligamento periodontal contém os precursores osteogênicos associados a pequenos vasos sanguíneos (BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004). Trata-se de um tecido conjuntivo mole e especializado, situado entre o cimento e o osso alveolar. Tem como função suportar o dente em seu alvéolo, permitir que ele resista às forças mastigatórias e atuar como receptor sensorial (TEN CATE, 2001b).

### 2.3 ENXERTOS ÓSSEOS

Enxerto ósseo é o tecido ósseo transplantado de uma área doadora para uma área receptora (PURICELLI, 2000).

A base científica do transplante ósseo foi estabelecida em meados do século XIX, com as observações de Ollier (1867) sobre as propriedades osteogênicas do osso e do perióstio.

Os enxertos ósseos podem ser utilizados nas diferentes estruturas anatômicas na forma estrutural esponjosa, cortical ou córtico-esponjosa (PURICELLI; BARALDI; CARDOSO, 2004).

A integração dos enxertos ósseos pode ser obtida através de três mecanismos: a osteogênese, a osteoindução e a osteocondução (PROLO; RODRIGO, 1985, GOLDBERG; STEVENSON, 1987, CAICOYA, 2004; PURICELLI; BARALDI; PARIS, 2005).

A osteogênese refere-se à capacidade de formar osso a partir da transformação de células mesenquimais indiferenciadas em osteoblastos ou condroblastos, aumentando o crescimento ósseo ou mesmo formando osso onde não era esperado (URIST, 1980).

A osteocondução é caracterizada por uma neoformação óssea por aposição. Sobre o enxerto, os materiais osteocondutores formam um arcabouço para deposição e

proliferação celular da atividade osteoblástica (MASTERS, 1988; BEZERRA; LENHARO, 2002).

Osteoindução é o processo de recrutamento de células progenitoras do leito receptor até o enxerto ósseo, onde se diferenciam em osteoblastos (CYPHER; GROSSMANN, 1996). Elementos estimuladores do enxerto, (proteínas morfogenéticas, fatores derivados de plaquetas, fatores de crescimento de fibroblastos, etc), estimulam o leito receptor a invadir a estrutura com elementos osteogênicos ativos. Esse processo necessita de um estímulo indutor e um ambiente favorável para a osteogênese (CAICOYA, 2004).

Os enxertos ósseos, a partir do doador, podem ser classificados em três tipos: autógenos, alógenos ou xenógenos (MASTERS, 1988; MISCH; DIETSH, 1993; MARTINEZ; WALKER, 1999; MOZELLA *et al*, 2005).

### 2.3.1 ENXERTO ÓSSEO AUTÓGENO

O enxerto ósseo retirado de um sítio para outro, num mesmo indivíduo, denomina-se enxerto ósseo autógeno (STEVENSON, 1999; MOZELLA, *et al*, 2005 ).

Devido às propriedades de osteogenicidade, osteocondução e osteoindução este enxerto representa o “padrão ouro” nas enxertias ósseas (PURICELLI; BARALDI; PARIS, 2005). Apresenta excelente potencial de revascularização, além de ser o único a fornecer ao leito receptor células com capacidade de neoformação óssea, fatores de crescimento e um arcabouço ósseo imunologicamente idêntico ao do leito receptor. (PROLO; RODRIGO, 1985; BLOCK, 1998). Entretanto, o aumento da morbidade cirúrgica devido à necessidade de outro sítio cirúrgico e a limitação da quantidade de material para reconstrução de grandes defeitos impulsionaram as pesquisas para desenvolvimento de formulas alternativas de enxertia óssea (LAND *et al*, 2000).

### 2.3.2 ENXERTO ÓSSEO XENÓGENO

O enxerto ósseo proveniente de outra espécie denomina-se enxerto ósseo xenógeno. Atualmente, o enxerto derivado de osso bovino é o mais utilizado. O osso bovino orgânico (constituído principalmente de colágeno tipo I — cerca de 95%, traços de fatores de crescimento e BMPs) é, normalmente, desprovido de células, lipídios e proteínas imunogênicas. O inorgânico (constituído de hidroxiapatita natural com carbonato) é desprovido de proteínas e células, apresentando uma estrutura cristalina, praticamente idêntica ao osso humano. Os produtos derivados do osso bovino apresentam boa biocompatibilidade, com menor risco de antigenicidade ou zoonoses, visto os processos de tratamento pelos quais passam (liofilização, desmineralização e desproteínação) (HERCULIANI *et al*, 2000).

Por sua fácil obtenção e disponibilização em grandes quantidades, esta forma de enxerto fornece boa estrutura de suporte, com propriedades de osteocondução em tecidos com alto conteúdo de cálcio e fósforo, essenciais para a neoformação óssea (DAMIEN; PARSONS, 1991; STEPHAN *et al*, 1999, OLIVEIRA *et al*, 1999). Os resultados observados contribuem para que a utilização de osso bovino como enxerto em seres humanos apresente-se cada vez mais freqüente (SALAMA, 1983, DONATI; GAGLIARDI; CAPANNA, 1990; KÜBLER *et al*, 1993).

### 2.3.3 ENXERTO ÓSSEO ALÓGENO

O enxerto ósseo alógeno é proveniente de doador geneticamente distinto do receptor, porém da mesma espécie, contendo propriedades osteoindutoras e osteocondutoras, (MASTERS, 1988, MARTINEZ; WALKER, 1999; MOZELLA *et al*, 2005).

Da mesma forma que os enxertos ósseos xenógenos, os enxertos ósseos alógenos necessitam de técnicas de preparo para sua obtenção (PAPPAS, 1968; TOMFORD *et al*, 1983; HOBAR; BYRD, 1990).

Albee (1912) iniciou o armazenamento de enxertos ósseos em ambientes refrigerados. Inclan (1942) e posteriormente Wilson (1947) publicaram estudos em que descreveram o uso de osso preservado em cirurgia ortopédica. Friedlaender (1985) observou a influência favorável do frio na preservação das qualidades osteogênicas do enxerto. Hoje rotineiramente são processados e estocados em banco de ossos (CALAPODOPULOS; VOLPON, 1994). Delloy *et al* (1991) afirmaram que os enxertos não sofrem alterações em sua qualidade, podendo ser armazenados por tempo indeterminado, desde que em adequadas condições, protegidos do ar e de contaminações. Entende-se que o modo de armazenamento dos enxertos influencia a osteoindução (DUARTE DA SILVA, 2000).

O sucesso do enxerto ósseo alógeno está relacionado à sua atividade osteoindutora, já que o mesmo não possui células ósseas vivas para iniciar a osteogênese, e na resposta imunológica causada pela histocompatibilidade enxerto-hospedeiro (TOMFORD *et al*, 1983; BURCHARDT, 1987; FRIEDLAENDER, 1987, GOLDBERG; STEVENSON, 1987; HOBAR; BYRD, 1990).

Estão disponíveis em grande escala e não apresentam as complicações relacionadas com a área doadora, como ocorre com o enxerto autógeno. Além de oportunizarem redução do tempo anestésico-cirúrgico, da perda sanguínea e da morbidade cirúrgica (MOZELLA *et al*, 2005). Entretanto, apesar da inferioridade do alógeno, quando comparado ao autógeno, no que se refere ao potencial osteogênico, alguns autores demonstram boa integração do enxerto ósseo alógeno (PHILLIPS *et al*, 1997; VOLPON; COSTA, 2000).

### 2.3.3.1 ENXERTO ÓSSEO ALÓGENO LIOFILIZADO

O enxerto ósseo alógeno liofilizado surgiu como proposta no Banco Naval de Tecidos na cidade de Bethesda, nos Estados Unidos, em 1951, para contribuir com o tratamento ortopédico (ZASACKI, 1990).

O processo de liofilização consiste na remoção da umidade dos tecidos ósseos congelados. O tecido ósseo é previamente desengordurado e a matriz proteica mineral é mantida. Após, este processo, os enxertos são lacrados a vácuo e armazenados à temperatura ambiente por um período de até cinco anos. Estes métodos diminuem a antigenicidade e conseqüentemente reduzem riscos de transmissão de doenças, provocam mínimas alterações bioquímicas, sem efeitos que limitem as propriedades osteoindutivas. Apesar dessas vantagens, apresenta alto custo no processo de preparo (BOYNE, 1968; URIST, 1976; RAAB *et al*, 1991; ZASACKI, 1991; MELLONIG; PREWETT; MOYER, 1992; GASDAG *et al*, 1995; KAKIUCHI; ONO, 1998; GALIA *et al*, 2005).

Apesar de serem controversos, estudos demonstram que a liofilização altera a força mecânica do enxerto, impedindo seu uso em locais do esqueleto ósseo que necessitem de grande suporte (HOBAR; BYRD, 1990; GUO; XIA; LIN, 1991).

Macedo *et al* (1999) compararam a resistência à compressão *in vitro* dos enxertos ósseos congelado, liofilizado e reidratado, de origem bovina. Não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos estudados. Observaram que o enxerto ósseo bovino, congelado e posteriormente descongelado durante uma hora, suporta as mesmas cargas compressivas e possuem a mesma razão de deformação que o osso bovino liofilizado e reidratado. Verificaram também que o processo conjunto de liofilização e reidratação do osso não altera as suas propriedades biomecânicas de compressão.

Galia *et al* (2005) realizaram estudo em ratos onde avaliaram e compararam histologicamente a osteointegração e a antigenicidade dos enxertos ósseos alógeno e xenógeno conservados por meio de congelamento e liofilização. Concluíram não haver diferença estatisticamente significativa na resposta inflamatória e na capacidade de

osteointegração entre os enxertos ósseos. Evidenciaram também, não haver diferença significativa quanto à forma de preservação desses enxertos.

Leite (2005) avaliou em estudo experimental *in vivo*, radiográfica e histologicamente, o comportamento do incisivo inferior de rato frente à realização de uma solução de continuidade em sua porção radicular mediana quanto ao seu trajeto de erupção e vitalidade pulpar; a capacidade do espaço alveolar como leito ósseo para estudo de enxertias; o comportamento do enxerto ósseo liofilizado quanto à integração e cicatrização em relação ao processo físico de compressão provocado por uma força dinâmica resultante da erupção dentária. O autor concluiu que o incisivo inferior do rato submetido à odontosseção em seu segmento dentário segue um processo de crescimento e erupção; o tecido pulpar mantém sua vitalidade, reagindo na forma de cicatrização dentinária compatível com o dente humano; o enxerto ósseo alógeno liofilizado evoluiu favoravelmente no processo de incorporação a partir de um leito receptor criado no alvéolo dentário. A dinâmica da erupção dentária pode criar força em padrão fisiológico para testar a resistência e estabilidade do enxerto ósseo cicatrizado.

## 2.4 MAGNETISMO E REPARO ÓSSEO

As culturas de povos antigos como hebreus, árabes, hindus, egípcios e chineses, já conheciam e aplicavam os fenômenos associados ao magnetismo. A pedra mineral de magnetita era usada com variada finalidade terapêutica. Desde reumatismos, espasmos musculares e prisão de ventre. Os chineses usavam as pedras magnéticas juntamente com a acupuntura, na tentativa de aliviar dores e de restabelecer a saúde de seus pacientes (GUIMARÃES, 2005).

O termo magnetismo deriva do nome “Magnésia”, cidade da antigüidade, então localizada na Ásia Menor, hoje correspondente à Turquia. Nessa região existia um minério chamado magnetita, conhecido como pedra magnética. Esta possuía a propriedade de atrair à distância objetos ferrosos (GUIMARÃES, 2005).



A habilidade que os campos magnéticos possuem de atravessar um determinado material denomina-se permeabilidade magnética. Essas substâncias podem ser classificadas de acordo com esta característica em paramagnéticas, ferromagnéticas ou diamagnéticas. Nos paramagnéticos, entre eles o titânio, a interação entre os dipolos não é forte e encontram-se, normalmente, orientados ao acaso. Na presença de um campo magnético externo, os dipolos se alinham parcialmente. Porém, em temperatura ambiente, é muito pequena a fração de moléculas que permanecem alinhadas uma vez que a agitação térmica tende a randomizar as orientações. Dessa maneira, apresenta pouca capacidade de imantar-se quando exposto a um campo magnético externo. (KITTEL, 1976; TIPPLER, 1995). Nos materiais ferromagnéticos, em virtude da forte interação dos dipolos magnéticos vizinhos, há um elevado grau de alinhamento mesmo quando o campo magnético externo for pequeno, o que provoca um reforço no campo magnético da substância. Os materiais em que as moléculas não apresentam momentos magnéticos permanentes denominam-se diamagnéticas. Isso se deve a presença de um dipolo magnético induzido, que se opõe à direção do campo magnético externo (TIPLER, 1995).

O campo magnético pode ser entendido como o movimento de cargas elétricas (elétrons) ao redor de átomos de ferro que constituem o ímã. Os campos eletromagnéticos, por corrente elétrica. Nos ímãs, uma bobina é enrolada em volta de um núcleo de ferro e uma corrente é estabelecida; a intensidade do campo magnético é determinada pela grandeza da carga (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1994).

Os ímãs permanentes têm a propriedade de criar campos magnéticos constantes e estáveis, sendo a mais antiga aplicação dos materiais magnéticos. Não precisam da aplicação de corrente elétrica para produzirem um campo magnético. A exposição a altas temperaturas e/ou a intensa compressão podem alterar o seu momento magnético (CULLITY, 1972; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1994).

Podem ser classificados em isotrópicos e anisotrópicos. Os primeiros são chamados de não orientados, suas propriedades magnéticas são aproximadamente as mesmas em qualquer direção. Já os anisotrópicos, possuem suas moléculas pré-orientadas aleatoriamente durante o processo de produção. São prensados em um campo magnético onde adquirem a direção magnética preferencial antes da

sinterização final. Devido a essa orientação molecular, seu desempenho magnético é muito superior em relação aos não orientados (CULLITY, 1972).

Comercialmente apresentam-se diferentes, quanto aos grupos de ligas utilizadas em sua composição. São elas: NdFeB (neodímio, ferro, boro), SmCo (samário, Cobalto), AlNiCo (alumínio, níquel, cobalto), ferrite. Os magnetos de NdFeB, apresentam alta intensidade de campo magnético, baixo custo, boa resistência e temperatura crítica de 200°C (CAMPBELL, 1996).

Dividindo o ímã em duas partes, teremos sempre duas substâncias cada qual com os pólos norte e sul. Este fenômeno da inseparabilidade dos pólos dos ímãs denomina-se dipolo magnético fundamental (TIPLER, 1995). No interior do campo magnético, as linhas têm orientação do pólo sul para o pólo norte, enquanto que externamente saem do pólo norte e chegam ao pólo sul. Existe uma força de interação entre os ímãs, onde sempre pólos iguais se repelem e diferentes se atraem (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1994).

O campo magnético é vetorial, está em todo o espaço ao redor do ímã. Os magnetos (ímãs) podem ser posicionados interna ou externamente ao organismo, gerando, assim, campos magnéticos (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1994).

Bruce, Howllet e Huckstep (1987) avaliaram a cicatrização em fraturas de rádio, induzidas em coelhos, sob o efeito de um campo magnético com intensidade entre 220 e 260 gauss (G), produzido por magnetos de samário-cobalto, posicionados externamente. Afirmam que são necessárias maiores intensidades de força para fraturar os rádios expostos ao campo magnético, em relação ao lado controle. No entanto, não foram encontradas diferenças histológicas entre os grupos.

Darendeliler, Sinclair e Kusy (1995) estudaram os efeitos de campos magnéticos produzidos por magnetos de samário-cobalto, e campos eletromagnéticos na movimentação dentária de porcos em relação a grupos não magnetizados. Os grupos estimulados por campos magnéticos evidenciaram maior quantidade de osso neoformado e organização na área da movimentação ortodôntica.

Darendeliler, Darendeliler, Sinclair (1997) demonstraram em porcos, que campos eletromagnéticos pulsado e magnético estático aceleram o reparo ósseo quando

comparados ao grupo controle. Os resultados histológicos demonstraram que no grupo controle, o local osteotomizado apresentava apenas tecido conjuntivo, enquanto que nos grupos submetidos ao campo magnético, já possuía nova formação óssea.

Turk (2001), em um estudo *in vivo*, investigou o efeito do campo magnético no reparo de fraturas ósseas. Foram realizadas osteotomias em fêmures de coelhos, e estes submetidos a um campo magnético externo de baixa intensidade. O grupo teste apresentou aumento da densidade do calo ósseo comparado ao grupo controle, mostrando um efeito positivo do campo magnético no reparo ósseo.

Tengku *et al* (2000) avaliaram o efeito de um campo magnético estático sobre a movimentação ortodôntica, utilizando como modelo experimental ratos. O campo aplicado (100-170 gauss) não favoreceu a movimentação dentária e não alterou a aparência histológica do ligamento periodontal. No entanto, houve reabsorção radicular significativamente maior, aumento da largura do ligamento periodontal e maior atividade de células clásticas, em comparação ao o grupo controle.

Linovitz *et al* (2002) realizaram o primeiro ensaio clínico randomizado, duplo-cego, controlado por placebo, para avaliar o efeito combinado de dois campos magnéticos no reparo primário da fusão da coluna lombar. Concluíram que a utilização deste tratamento coadjuvante acelera o processo de reparo e aumenta a fusão da coluna lombar em humanos.

Ulbrich (2003) e Puricelli *et al* (2006), em estudo experimental em ratos, utilizando campos magnéticos permanentes sepultados, evidenciaram estímulo e aceleração no processo de cicatrização óssea. Nos períodos experimentais de 15 e 30 dias, a cicatrização mostrou-se acelerada em relação aos controles. Já aos 60 dias houve marcada neoformação óssea no grupo teste, propondo um efeito de estimulação magnética continuada durante todo o período experimental.

Dutra (2005) em estudo experimental em ratos, utilizando campos magnéticos permanentes sepultados, observou que a liga de aço inoxidável imantada foi capaz de favorecer o processo de integração do enxerto ósseo autógeno.

Singh, YashRoy e Hoque (2006) estudaram o efeito da estimulação de um campo magnético estático no processo de mineralização do reparo ósseo em caprinos. Uma fratura unilateral transversa foi cirurgicamente criada. Dois magnetos de 800

gauss aproximadamente foram fixados na linha de fratura em pólos opostos de modo a estabelecer o campo magnético. Após 45 dias foram feitas tomadas radiográficas e os resultados mostraram que a formação de matriz extra-celular e de sua micro-estrutura foram estimuladas pela ação do campo magnético, observada pela rápida osteogênese e regeneração do tecido ósseo. Padrões de difração radiográfica para os grupos tratados e controle revelaram a presença e orientação de estruturas cristalinas. O percentual de cristalinidade e tamanhos dos cristais foram maiores no grupo experimental.

## 2.5 MODELO ANIMAL

Atividades de pesquisa que envolvam animais devem ter planejamento e serem realizadas adequadamente seguindo aspectos eticamente corretos, metodológicos e de biossegurança. Devem seguir critérios normativos mínimos, como a definição de objetivos legítimos, imposição de limites à dor e ao sofrimento, garantir um tratamento humanitário aos animais e passar pela aprovação de um comitê de ética independente (RAYMUNDO; GOLDIM, 2006).

Nos estudos com animais, os ratos são os preferidos por serem criados em grandes quantidades com menor custo, ao contrário dos cães e gatos (KIRK; LIM; KHAN, 1989).

Os ratos utilizados em pesquisa devem ser mantidos em biotério, recebendo manejo sanitário e alimentar compatíveis com sua finalidade (SILVA FILHO, 2006).

As técnicas de manuseio e cuidados dos animais de laboratório devem ser corretas, a fim de evitar estresse dos mesmos. (RHODEN *et al*, 2006). Essas medidas estão relacionadas ao ambiente físico, alojamento, temperatura, umidade, ventilação, iluminação, ruídos, alimentação, água e cuidados de higiene recebidos nos biotérios, o que poderia influenciar seus parâmetros fisiológicos e comportamentais, constituindo-se um viés de aferição (HARKNESS; WAGNER, 1993; RHODEN *et al*, 2006).

Os ratos possuem metabolismo diferenciado quando comparados a outros animais de laboratório. Apresentam temperatura corporal entre 35,9°C e 37,5°C, frequência cardíaca que oscila entre 250 e 450 batimentos por minuto e frequência respiratória variando entre 70 e 115 inspirações por minuto, como seus valores fisiológicos normais (SILVA FILHO, 2006).

Os cuidados pré-operatórios e transoperatórios devem atender ao tipo de procedimento a ser desenvolvido. Durante a técnica operatória devem ser seguidos os critérios de biossegurança e propedêutica cirúrgica (SILVA FILHO, 2006)

Nos ratos, por serem dóceis e de fácil manipulação, a medicação pré-anestésica sedativa é dispensável na maioria das situações, exceto para indução intravenosa. Independente do protocolo anestésico adotado, o pesquisador deve estar atento em alguns cuidados prévios e de monitorização do processo, para atingir a resposta anestésica desejada e minimizar seus efeitos adversos (HARKNESS; WAGNER, 1993; SILVA FILHO, 2006) Segundo Harkness e Wagner (1993), o peso corpóreo, percentual de gordura, idade, sexo, linhagem, estado nutricional e de saúde, conteúdo gastrointestinal, hora do dia e os ritmos respiratório e metabólico, podem interferir na resposta anestésica.

Silva Filho (2006) salienta a necessidade de manutenção da temperatura corporal, porque a elevada relação existente entre a superfície corporal e o peso corpóreo faz com que os ratos percam calor de forma muito rápida. Os autores ainda afirmam que os anestésicos injetáveis são potencialmente depressores da termo-regulação, somado às manobras de preparo do animal que incluem tricotomia e uso de líquidos na desinfecção de campo operatório, chega-se facilmente a hipotermia.

Em caso de opção de indução com agentes injetáveis, via intramuscular, a combinação quetamina e xilazina, oferece bons resultados, com uma duração variando entre 30 a 45 minutos de acordo com a dose (HARKNESS; WAGNER, 1993; SILVA FILHO, 2006).

A manutenção ou administração de analgesia pós-operatória é essencial. O paracetamol, por via oral, oferece uma boa analgesia pós-operatória (HARKNESS; WAGNER, 1993). As anestésias regionais infiltrativas são alternativas eficientes para redução do sangramento trans-operatório, além de garantirem analgesia nas primeiras

horas pós-operatórias (MARTINS 2001; KENNER, 2003; ULBRICH, 2003; CORSETTI, 2005; DUTRA, 2005; LEITE, 2005).

Após o término do procedimento cirúrgico, durante os cuidados pós-operatórios, os ratos devem ser colocados em local aquecido e confortável, bem como prover acesso à água e alimentação (SILVA FILHO, 2006).

Os ratos apresentam características anátomo-fisiológicas próprias, fundamentais para determinação de algumas de suas peculiaridades. Possuem dois incisivos e seis molares por arcada (I 1/1; C 0/0; M 3/3), potentes músculos mandibulares e sínfise mandibular articulada (HARKNESS; WAGNER, 1993). Além disso, apresentam esmalte apenas na superfície vestibular do dente, produzindo uma extremidade auto-cortante e diretamente relacionada ao hábito de roer destes animais (POUGH; JANIS; HISER, 2003).

São classificados como heterodontes pela presença de grupos dentários diferentes, cada um possuindo determinada característica adaptada a funções específicas (SMITH, 1975). Quanto à forma, os doze molares são braquiodônticos (coroa curta), situados ao fundo da cavidade bucal e utilizados para mastigação. Já os incisivos são hipsodontes (coroa alongada), em forma de cinzel (HARKNESS; WAGNER, 1993).

### 2.5.1 ERUPÇÃO E CRESCIMENTO DENTÁRIO

O processo de desenvolvimento dos dentes envolve sua formação e chegada na cavidade bucal através da erupção. A taxa de erupção dentária representa um equilíbrio entre a força eruptiva e a força resistente. Embora atualmente sejam restritos os conhecimentos sobre a natureza, a fonte e a magnitude de forças, sabe-se que alterações individuais das mesmas representam uma taxa de erupção. Dessa maneira, nos modelos experimentais, torna-se difícil isolar os possíveis agentes responsáveis pelo processo eruptivo (BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004).

Nenhuma teoria é sustentada suficientemente por evidências experimentais. As teorias eruptivas podem ser divididas em dois grupos principais. Uma visão sugere que o dente seja empurrado como resultado de forças geradas sob e em torno do mesmo, por crescimento de osso alveolar ou proliferação celular. Alternativamente, ganha força a idéia de que o dente pode ser tracionado como resultado de tensão no tecido conjuntivo do ligamento periodontal. Dessa maneira, acredita-se que o mecanismo eruptivo é uma propriedade do ligamento periodontal, ou de seu precursor, o folículo dentário. Trata-se provavelmente de um processo multifatorial pelo fato de que mais de um agente possa contribuir para a força eruptiva global, envolvendo uma combinação de atividade fibroblástica e pressões vasculares e/ou hidrostáticas. Para os autores os experimentos *in vivo* envolvendo transsecção ou ressecção radicular de incisivos de crescimento contínuo, indicam que o ligamento periodontal é a fonte responsável pelas forças eruptivas (BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004).

Os incisivos inferiores dos ratos apresentam crescimento e erupção contínuos ao longo de sua existência (POUGH; JANIS; HISER, 2003). Portanto, todos seus estágios de desenvolvimento estão presentes. Independentemente da idade do animal, as estruturas são renovadas a cada 40 ou 50 dias (SCHOULER; MASSLER, 1949; SHORE *et al*, 1992).

Harari, Hermolin e Harari (2005) afirmaram que a maturidade dos ratos não afeta o potencial de erupção dentária. No entanto, esta função é determinada por forças de oclusão, pelo ligamento periodontal, pela forma e tamanho do dente.

Leite (2005), em modelo proposto por Puricelli, após estudo experimental *in vivo*, concluiu que o incisivo inferior do rato submetido à odontosseção, com brocas cilíndricas e esféricas, segue um processo de crescimento e erupção contínuo.

Na literatura, são apresentados diversos métodos para quantificação e comprovação do processo eruptivo continuado nos incisivos inferiores de ratos (MELCHER; FURSETH, 1990; TAVERNE, 1991; LAW *et al*, 2003).

Melcher e Furseth (1990) sugeriram uma quantificação métrica. Para os autores, o incisivo inferior do rato erupciona 2,8mm por semana, e aproximadamente o dobro dessa média se for mantido fora de oclusão através de desgastes coronários repetidos.

Law *et al* (2003), em estudo experimental, investigaram a velocidade de erupção de incisivos inferiores de ratos e sua possível relação com comprimento da coroa clínica. Observaram que dentes submetidos a desgastes repetitivos apresentaram maior velocidade de erupção, cerca de 1,0mm diário. Já os mantidos em oclusão 0,6mm aproximadamente.



### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo é descrever, através das análises histológicas, as respostas teciduais, a partir da aplicação de um campo magnético sepultado, estático e permanente em área de enxerto ósseo alógeno liofilizado e dento-alveolar associada a defeito cirúrgico em mandíbulas de ratos.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são descrever:

- o comportamento do incisivo inferior do rato frente à realização de uma solução de continuidade em sua porção radicular mediana, quanto ao seu trajeto de erupção e vitalidade pulpar;
- o comportamento dos molares inferiores do rato frente à realização de uma solução de continuidade em sua porção apical;
- o comportamento do enxerto ósseo alógeno liofilizado quanto à integração e cicatrização em relação ao processo físico de compressão por uma força dinâmica resultante da erupção dentária.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 PARADIGMA

Este trabalho foi desenvolvido dentro do paradigma tradicional quantitativo descritivo.

### 4.2 MODELO DO ESTUDO

Foi realizado um estudo experimental *in vivo*, controlado em modelo animal, com amostra selecionada de forma randomizada.

### 4.3 LOCAL

As cirurgias foram realizadas no Laboratório de Cirurgia Experimental da Disciplina de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais, da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

#### 4.4 AMOSTRA

A amostra para o estudo foi composta por 21 ratos, da espécie *Rattus norvegicus albinus*, linhagem *Wistar*, machos, advindos do Biotério Central da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. No momento da cirurgia, os animais encontravam-se com quatro meses de idade e peso médio de 400g. Foram sorteados sete ratos para cada grupo, conferindo, desta forma, a aleatoriedade de cada uma das amostras. Cada grupo foi submetido à intervenção cirúrgica, dentro da idade e peso previstos.

Durante todo o período do experimento, os animais foram mantidos nas dependências do Biotério Central da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, acomodados em gaiolas de polietileno com tampas de aço inoxidável, regularmente higienizadas. Sendo mantidos à temperatura ambiente de 23°C ( $\pm 1^\circ$ ), sendo alimentados com ração comercial e água *ad libitum*.

Os ratos foram subdivididos em três grupos, correspondendo aos tempos experimentais de sete, 21 e 45 dias. Em cada grupo, cinco animais destinados para o experimento e dois animais para o controle.

#### 4.5 MATERIAL

O enxerto ósseo alógeno liofilizado de ratos, obtido a partir de fêmures, utilizado neste estudo foi preparado junto ao Serviço de Ortopedia e Traumatologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). Seguiu processo de liofilização baseado no protocolo de Kakiuchi e Ono (1998). Para o experimento, foi utilizado na forma particulada, obtida através da trituração manual. Foram utilizados ainda, dispositivos metálicos não magnetizados de titânio<sup>1</sup> e magnetos<sup>2</sup> de NdFeB com

---

<sup>1</sup> PROMM, Comércio de Implantes Cirúrgicos Ltda, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Importado por Xu Li Com Exp Imp Ltda.

campo magnético médio de 250G de potência. Os dispositivos apresentavam forma discóide com 3mm de diâmetro e 1mm de espessura.

#### 4.6 DELINEAMENTO CIRÚRGICO EXPERIMENTAL

O protocolo experimental realizado neste trabalho foi idealizado por Puricelli (2003) dentro da linha de pesquisa, já iniciada a partir de Ulbrich (2003) e Leite (2005), na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Durante todos os procedimentos cirúrgicos, foram mantidos os critérios de biossegurança. Os profissionais devidamente paramentados com avental cirúrgico, luvas cirúrgicas estéreis, propés, máscara, gorro e óculos de proteção. O instrumental cirúrgico utilizado foi esterilizado em autoclave à 132°C com 1atm de pressão durante 4min.

Para a anestesia de cada animal, realizaram-se injeções intramusculares de xilazina<sup>1</sup> e quetamina<sup>2</sup>, nas dosagens de 0,01ml/kg e de 0,1ml/kg, respectivamente.

Uma vez anestesiados, os animais foram submetidos à tricotomia manual na região submandibular direita. Após, foram individualmente acomodados sobre um colchão térmico, em uma mesa plana de trabalho de 30X30cm, em posição de decúbito-lateral e cabeça sobrestendida. A antisepsia do campo operatório foi realizada com solução aquosa de clorexedina a 2% e, após, o campo cirúrgico foi isolado com campos estéreis.

A seguir, realizou-se anestesia terminal infiltrativa, na região submandibular direita, com solução de mepivacaína<sup>3</sup> a 2% e adrenalina em concentração de 1:100.000. A dose anestésica não excedeu 0,3ml, que corresponde à dose máxima para um animal de 400g.

---

<sup>1</sup> Anasedan, Sespo. Indústria e Comércio Ltda. Jundiaí, SP.

<sup>2</sup> Ketamina, Anger. União Química Farmacêutica Nacional S/A, São Paulo, SP.

<sup>3</sup> DFL Indústria e Comércio Ltda., Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Com bisturi tipo Bard-Parker<sup>1</sup> e lâmina número 15<sup>2</sup>, foi realizada incisão linear, na pele, em região submandibular direita, com aproximadamente 15mm de comprimento, seguida por divulsão dos planos musculares com uma tesoura de Matzenbaum<sup>3</sup> até o periósteo. Este, após incisado, foi descolado junto ao bordo lateral da mandíbula. O campo cirúrgico estendeu-se do bordo inferior da mandíbula até o rebordo alveolar e no sentido próximo-distal do ramo mandibular até o limite óseo-cérvico-dental. Os afastadores, mantidos pelo assistente, permitiram a retração dos tecidos moles e conseqüentemente a exposição, a visibilidade e o acesso ao campo cirúrgico.

Com a utilização de uma sonda periodontal milimetrada<sup>4</sup>, demarcou-se, com lápis, os limites da ostectomia. Esta etapa permitiu a manutenção da reprodutibilidade das mesmas, nos diferentes animais. Foi realizada uma ostectomia na face lateral externa do corpo mandibular direito, com o auxílio de brocas esféricas e cilíndricas e motor elétrico com 12.000rpm, sob irrigação constante com água destilada. A seguir, realizou-se a odontossecação, atingindo transversalmente a raiz do incisivo inferior direito. Os traços de odontossecação foram determinados a partir do limite óseo-cérvico-dental do alvéolo. O mais distal localizou-se a 3mm deste, e o mais proximal, a 10mm, conferindo, assim, 7mm de comprimento à cavidade alveolar. Após as odontossecações limítrofes, para remoção atraumática do segmento radicular, foi realizada uma odontossecação longitudinal no mesmo. As ostectomias radiculares e odontossecações foram realizadas com brocas esféricas e cilíndricas, sob irrigação constante de soro fisiológico.

Após a remoção dos fragmentos radiculares, a cavidade, em forma retangular, apresenta as seguintes dimensões: altura 2mm, profundidade 2mm e comprimento 7mm. A seguir, com os mesmos padrões técnicos utilizados anteriormente, foi feita uma

---

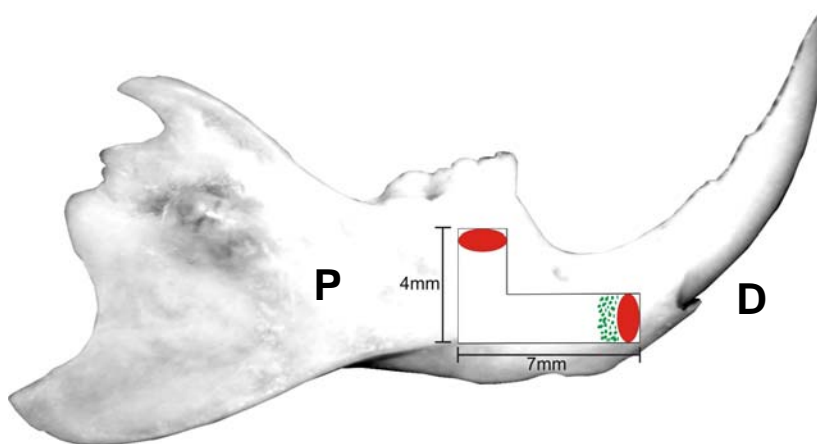
<sup>1</sup> Edlo Stainless. Indústria Gaúcha de Instrumentos Cirúrgicos Ltda, Canoas, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Lamedia Comercial e Serviços Ltda., Barueri, SP, Brasil.

<sup>3</sup> Edlo Stainless. Indústria Gaúcha de Instrumentos Cirúrgicos Ltda, Canoas, RS, Brasil.

ostectomia e uma odontosseção, vertical na porção proximal da cavidade, com 4mm de comprimento e mantendo os mesmos 2mm de altura e de profundidade.

Dessa maneira, atingiu-se os ápices do primeiro e segundo molares. Como resultado, obteve-se uma cavidade óssea alveolar com forma aproximada de 'L'. A seguir foram adaptados dois magnetos, com força de atração, com auxílio de retenções na cavidade cirúrgica. Para a retenção e a estabilidade dos magnetos, em cada limite desta cavidade foram preparados sulcos de retenção nas dimensões correspondentes a cada disco de magneto. Após testada a viabilidade do encaixe dos mesmos, estes foram colados com éster de cianoacrilato<sup>1</sup>, um junto à porção distal da estrutura dental remanescente, e o outro, justaposto aos ápices dos molares. Realizou-se irrigação da ferida dento-óssea, com soro fisiológico para limpeza da cavidade e teste de retenção dos magnetos. O enxerto ósseo liofilizado particulado foi compactado com o auxílio de uma cureta<sup>2</sup>, ocupando os 2mm distais do total da cavidade alveolar cirurgicamente obtida, ficando o mais justaposto possível ao segmento distal e ao magneto (Figuras 1, 2 e 3).



**Figura 1:** Representação gráfica da vista lateral da hemimandíbula direita de rato. Segmento proximal (P) e distal (D). Observa-se o defeito dento-alveolar resultante de ostectomias e odontosseções. Dispositivos metálicos (vermelho) em regiões apicais de molares e coto incisal proximal. Partículas de enxerto ósseo alógeno liofilizado (verde) adjacentes ao dispositivo metálico no coto incisal distal.

<sup>1</sup> Super Bonder. Henkel Ltda, São Paulo, Brasil.

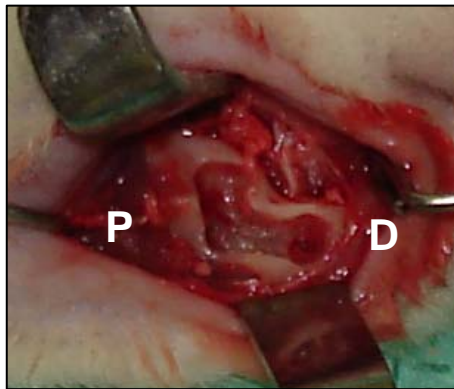
<sup>2</sup> Edlo Stainless. Indústria Gaúcha de Instrumentos Cirúrgicos Ltda, Canoas, RS, Brasil.

As suturas internas, do periósteo e dos músculos, foram realizadas a pontos isolados, com fio reabsorvível de poliglactina<sup>1</sup> 910, 5x0. Na pele, também a pontos isolados, o fio utilizado foi o mononylon<sup>2</sup> 5x0.

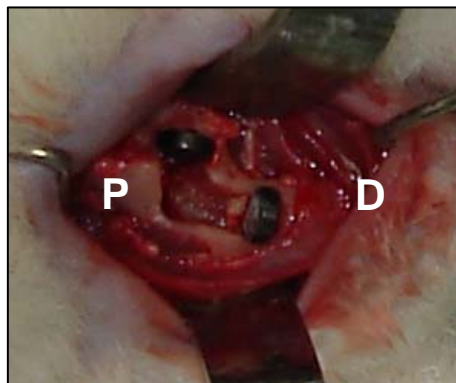
Os animais foram submetidos a desgaste do incisivo inferior direito, com a utilização de brocas diamantadas, objetivando a desocclusão dentária.

A mesma técnica cirúrgica foi realizada no grupo controle, porém com a colocação dos dispositivos metálicos não imantados

No pós-operatório imediato, foi administrado uma gota/kg/peso de paracetamol a cada animal.



**Figura 2:** Imagem trans-cirúrgica, região submandibular direita do rato. Segmento proximal (P). Segmento distal (D). Defeito dento-alveolar, em forma de 'L', resultante de osteotomias e odontoseções.



**Figura 3:** Imagem trans-cirúrgica, região submandibular direita do rato. Segmento proximal (P). Segmento distal (D). Dispositivos metálicos posicionados e enxerto ósseo alógeno compactado na proximidade do dispositivo metálico distal.

<sup>1</sup> Vicryl® Ethicon, Johnson & Johnson, São José dos Campos, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Etchicon, Johnson & Johnson, São José dos Campos, SP, Brasil.

Para a coleta das amostras, os animais correspondentes a cada grupo foram mortos seguindo o cronograma de sete, 21 e 45 dias pós-operatórios. A morte, seguindo orientação do comitê de bioética, foi realizada através de hipóxia por deslocamento cervical. Seguiu-se a necropsia, com a remoção total da mandíbula de cada animal. Tal manobra foi realizada com auxílio de cabo de bisturi nº3<sup>1</sup>, lâmina de bisturi de aço descartável nº15<sup>2</sup>, pinça de Adson<sup>3</sup> com dentes, tesouras reta e curva de Matzemaum<sup>4</sup>.

As peças operatórias, uma vez removidas, foram macroscopicamente examinadas, com o objetivo de avaliar a integridade das mesmas. Seguiu-se a divisão das mandíbulas, individualizando a hemimandíbula direita. Esta foi imediatamente colocada em recipiente plástico, devidamente identificado, individualizado e numerado, caracterizando os grupos teste e controle. Para evitar as alterações *post mortem* dos tecidos, as peças foram conservadas em formalina tamponada a 10%.

#### 4.7 MÉTODO RADIOGRÁFICO

Foram utilizadas as hemimandíbulas obtidas como peças operatórias. Individualmente e de forma seqüencial foram radiografadas, no Setor de Radiologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Utilizou-se um aparelho de Raios-X Spectro 70x<sup>5</sup>, com um regime elétrico de 70kV e, e filmes periapicais *ultra-speed*, de uso odontológico. Foram obtidas imagens radiográficas de perfil de cada hemimandíbula. O posicionamento das peças para obtenção das imagens radiográficas foi padronizada. O aparelho posicionado perpendicularmente mantendo a distância foco-filme de 30cm e tempo de exposição de 0,3s. As radiografias foram processadas automaticamente<sup>6</sup>.

---

<sup>1</sup> Edlo Stainless. Indústria Gaúcha de Instrumentos Cirúrgicos Ltda, Canoas, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Lamedia Comercial e Serviços Ltda., Barueri, SP, Brasil.

<sup>3</sup> Edlo Stainless. Indústria Gaúcha de Instrumentos Cirúrgicos Ltda, Canoas, RS, Brasil.

<sup>4</sup> Edlo Stainless. Indústria Gaúcha de Instrumentos Cirúrgicos Ltda, Canoas, RS, Brasil.

<sup>5</sup> Dabi Atlante S.A. Indústria Médica Odontológica, Ribeirão Preto, SP, Brasil.

<sup>6</sup> Processadora automática 9000<sup>®</sup> (DENT-X, Nova Iorque - EUA), com ciclo seco a seco de 4,5 min.



Os exames radiográficos foram realizados com a finalidade de visualizar a integridade das estruturas anatômicas, o posicionamento dos dispositivos metálicos e do enxerto ósseo alógeno liofilizado.

#### 4.8 MÉTODO HISTOLÓGICO

O processamento do material para estudo histológico foi realizado em laboratório de histopatologia bucal DHP – Diagnóstico em Patologia Bucal.

O material foi descalcificado em solução de ácido nítrico<sup>1</sup> a 5% (10ml), aproximadamente durante oito dias. Foram realizados testes de textura e exame macroscópico para comprovação da descalcificação da peça.

As peças receberam processamento histológico de rotina para inclusão em parafina. Segui-se, a realização de cortes em micrótomo<sup>2</sup>, no sentido sagital ao corpo mandibular, com espessura de 4 $\mu$ m, desde a base óssea incluindo os terços apicais das raízes dentárias.

As lâminas foram coradas pela técnica de hematoxilina e eosina (HE), e fixadas em bálsamo de Canadá e recobertas por lamínula.

Foram feitas descrição das lâminas em cada tempo experimental. A leitura foi realizada em microscópio óptico<sup>3</sup> com aumento de 64 e 160 vezes. A análise do material foi realizada no Setor de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação de patologista bucal e das professoras orientadora e co-orientadora.

---

<sup>1</sup> Nuclear, Casa do Químico, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Leica, Germany.

<sup>3</sup> Llooa. Representante Lupe, São Paulo, SP, Brasil.

## **5 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS**

Este trabalho seguiu as normas de utilização de animais em projetos de pesquisa, conforme Resolução Normativa 04/97, da Comissão de Pesquisa e Ética em Saúde/GPPG/HCPA (Anexo I) e o Código Estadual de Proteção aos Animais Lei Estadual Nº 11.915, 21 de maio de 2003, Rio Grande do Sul (Anexo II).

O projeto desta pesquisa foi submetido à aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Anexo III).

## 6 RESULTADOS

A análise macroscópica objetivou a análise focal do incisivo inferior esquerdo do rato quanto á sua manutenção. Condição esta, fundamental para a sua funcionalidade como roedor. Em todos os animais foi observado o desgaste coronário e erupção linear sem desvio.

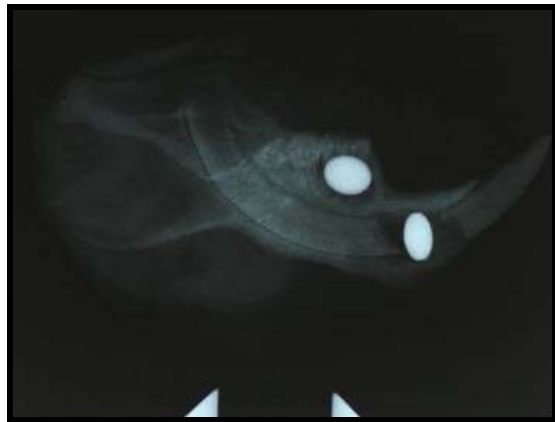
Os exames radiográficos (Figuras 4, 5, 6, 7), realizados a partir das imagens de perfil das hemimandíbulas direitas, em filmes periapicais, permitiram avaliar, a partir da odontossecação, a presença do espaço alveolar, o comportamento do trajeto de erupção do coto radicular proximal, a estabilidade do segmento radicular coronário distal, a presença do enxerto ósseo alógeno e a estabilidade dos dispositivos metálicos associados ao coto distal do incisivo e região apical de molares.



**Figura 4:** Radiografia de perfil, grupo controle aos sete dias. É possível observar as partículas de enxerto ósseo alógeno liofilizado compactadas contra o dispositivo metálico associado à região do coto distal do incisivo inferior direito. Observa-se a estabilidade dos dispositivos metálicos e o defeito cirúrgico criado.



**Figura 5:** Radiografia de perfil, grupo teste aos sete dias. É possível observar as partículas de enxerto ósseo alógeno liofilizado compactadas contra o dispositivo metálico imantado associado à região do coto distal do incisivo inferior direito. Observa-se a estabilidade dos dispositivos metálicos imantados e o defeito cirúrgico criado.



**Figura 6:** Radiografia de perfil, grupo controle aos 45 dias. Segmento dentário proximal mantém sua configuração anatômica curvilínea e o crescimento. Observa-se a presença dos dispositivos metálicos. Discreta extrusão do coto distal do incisivo inferior direito.



**Figura 7:** Radiografia de perfil, grupo teste aos 45 dias. Segmento dentário proximal mantém sua configuração anatômica curvilínea e o crescimento. Observa-se a estabilidade dos dispositivos metálicos imantados. Grande extrusão do coto distal do incisivo inferior direito.

Para melhor entendimento da visualização dos resultados, realizou-se a localização espacial da imagem histológica através da representação gráfica da hemimandíbula direita.

No exame histológico observou-se a reação tecidual alveolar ostectomizada, frente à presença ou não do enxerto, a possível influência dos campos magnéticos, progressiva erupção do incisivo (coto proximal), assim como a discreta extrusão do incisivo (coto distal). Foram observados o comportamento do tecido pulpar nas estruturas radiculares do primeiro molar e incisivo inferiores.

Os resultados obtidos foram descritos histologicamente, respeitando os tempos experimentais e controle de sete, 21 e 45 dias pós-operatórios. A descrição destes segue a seqüência: grupo controle e grupo teste.

## **SETE DIAS**

### *Grupo controle*

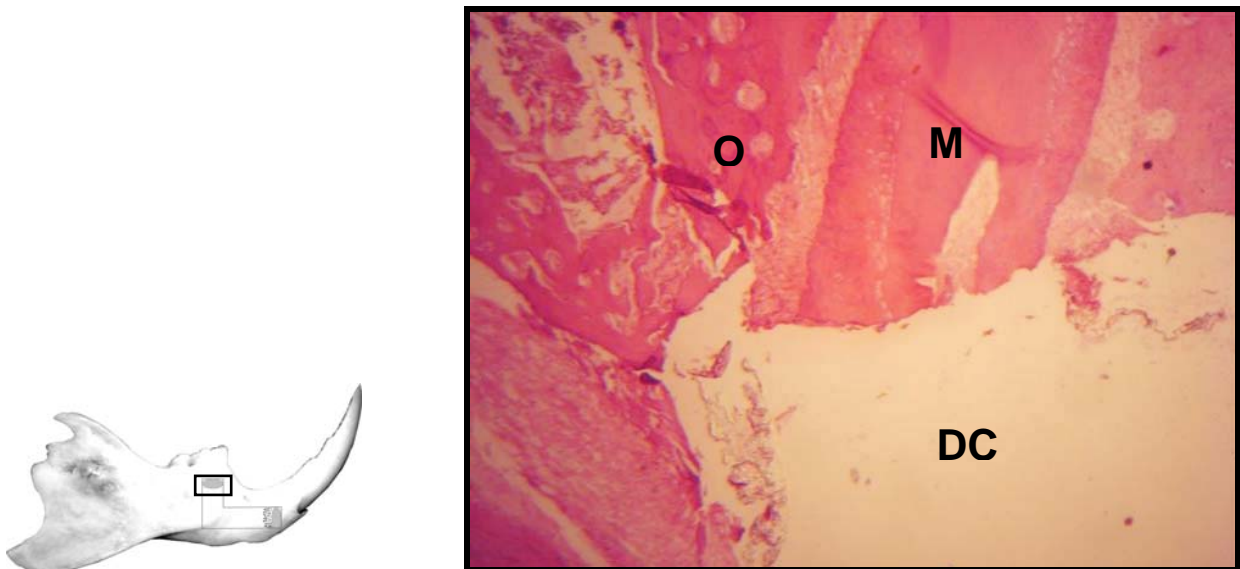
#### Análise histológica

Pode-se observar a região apical dos molares. Identifica-se a solução de continuidade dentária, onde se interpõe uma estrutura tecidual desorganizada, compatível com restos teciduais e coágulo. A estrutura pulpar do primeiro molar, no terço apical evidencia sinais de vitalidade. Presença de tecido de granulação e defeito cirúrgico criado correspondente ao espaço anteriormente ocupado por disco não-imantado, justaposto ao ápice radicular (Figuras 8, 9 e 10).

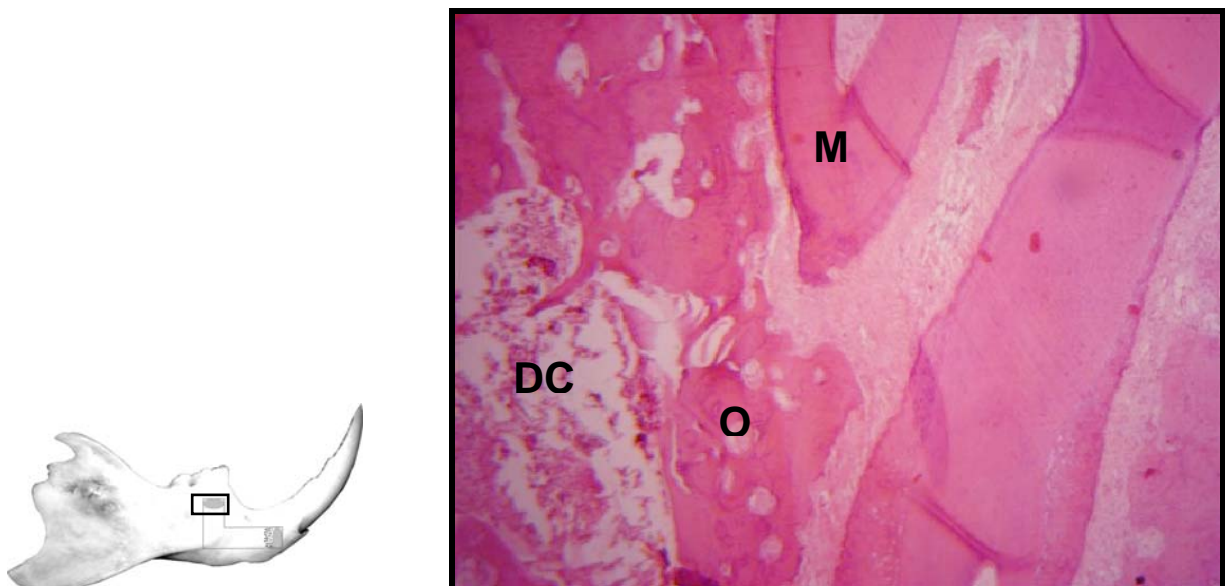
Verifica-se a presença, tanto do segmento incisal proximal quanto do distal, ambos em seus trajetos alveolares. Identifica-se a área de solução de continuidade preenchida por tecido conjuntivo fibroso exuberante, altamente vascularizado. O enxerto ósseo alógeno liofilizado, em continuidade com o coto distal, apresenta-se basófilo (Figura 11).

Em maior aumento, pode-se identificar a invasão vascular no enxerto ósseo alógeno liofilizado, podendo representar a seqüência do processo de angiogênese na osteoindução.

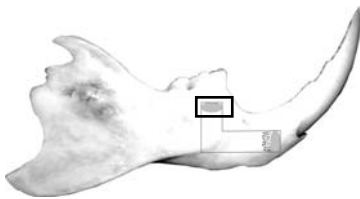
No coto radicular incisal proximal, repete-se o tecido pulpar ricamente celular e com intensa proliferação vascular. Ao contrário, o coto distal reflete desorganização tecidual.



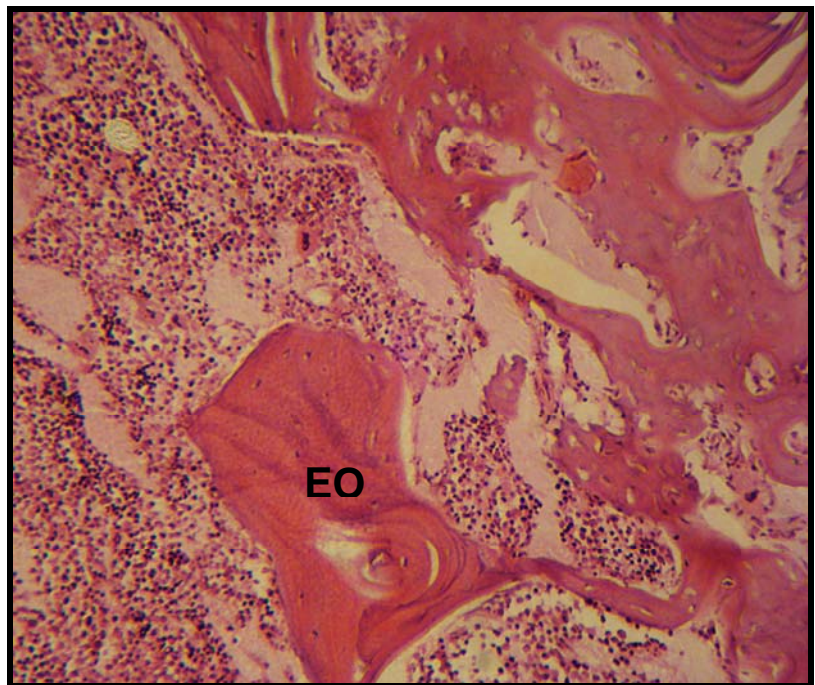
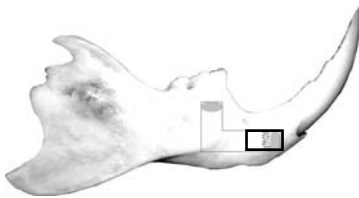
**Figura 8:** Raiz do 1º molar (M), osso alveolar (O), defeito cirúrgico experimental (DC). Grupo controle aos sete dias. HE. Aumento original 64x.



**Figura 9:** Raiz do 1º molar (M), osso alveolar (O), tecido de granulação em área de defeito cirúrgico experimental (DC). Grupo controle aos sete dias. HE. Aumento original 64x.



**Figura 10:** Raiz do 1º molar (M), tecido pulpar (P). Observa-se a deposição de dentina secundária e a presença de odontoblastos adjacentes à cavidade pulpar (seta). Grupo controle aos sete dias. HE. Aumento original 160x.



**Figura 11:** Fragmentos do enxerto ósseo alógeno liofilizado (EO) associados à área incisiva, coto distal. Enxerto levemente basófilo. Observa-se presença de hemorragia e infiltrado inflamatório. Grupo controle aos sete dias. HE. Aumento original 160x.

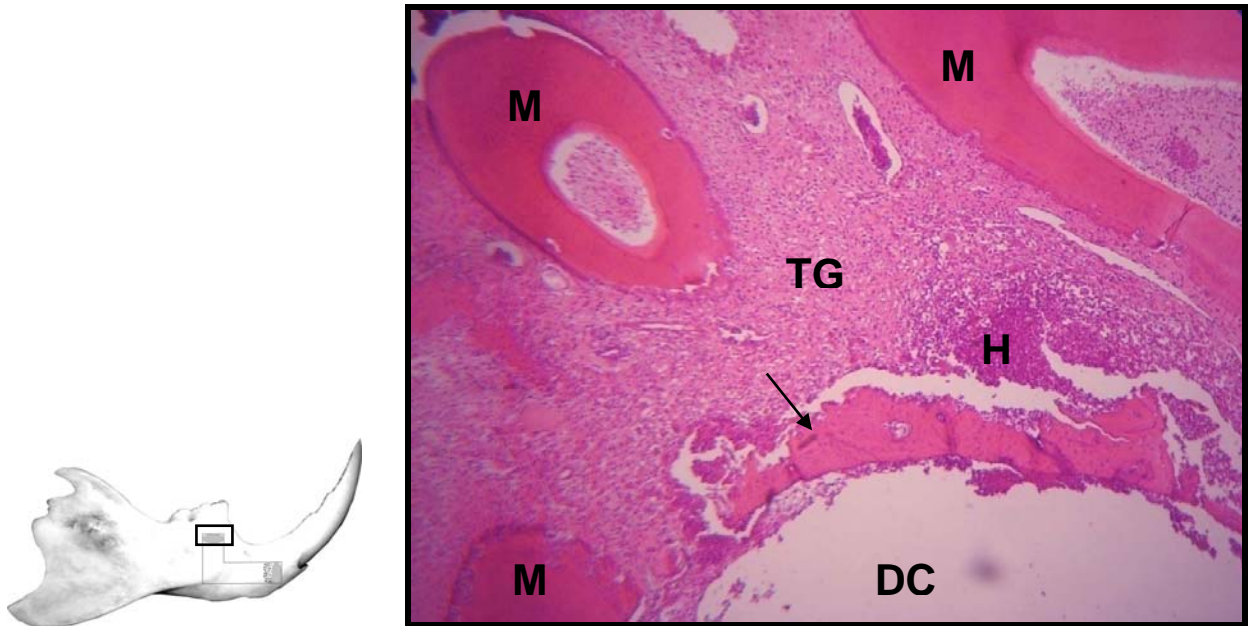
## Grupo teste

### Análise histológica

Observa-se, na região de primeiro molar inferior, neoformação óssea centrípeta em direção à área ocupada pelo dispositivo metálico magnetizado. Presença de tecido de granulação e área de hemorragia. As estruturas pulparez do primeiro molar inferior apresentam sinais compatíveis com vitalidade pulpar (Figura 12).

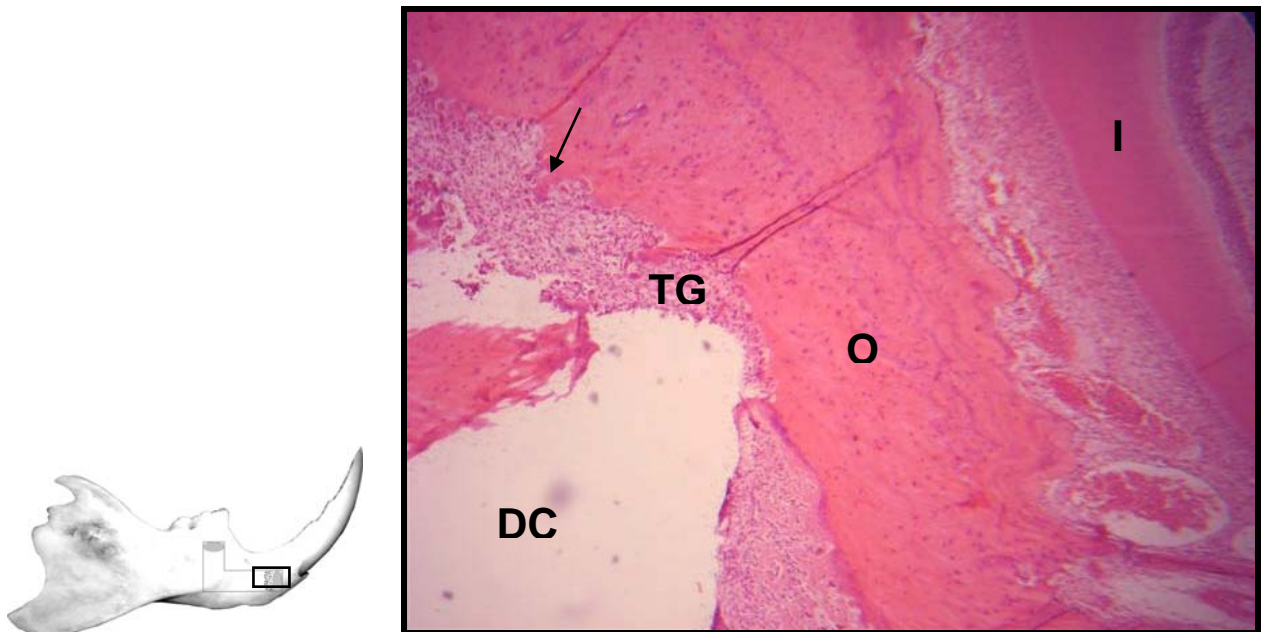
A estrutura radicular do incisivo inferior mantém o trajeto alveolar. O coto incisal proximal apresenta achados compatíveis com a vitalidade pulpar. O coto incisal distal evidencia sinais de necrose tecidual. Neoformação óssea com aspecto centrípeta em direção à área ocupada pelo dispositivo metálico magnetizado localizado na região do coto incisal distal. Observam-se ainda, áreas de hemorragia e início da fibroplasia (Figura 13).

Verifica-se a presença de fragmentos do enxerto ósseo alógeno liofilizado em processo de integração associado ao dispositivo magnetizado, região de coto incisal distal. Destaca-se a presença de osteoblastos na estrutura enxertada (Figura 14).



**Figura 12:** Raízes do 1º molar (M), defeito cirúrgico experimental (DC), tecido de granulação (TG), hemorragia (H), neoformação óssea (seta) em direção centrípeta em direção à área ocupada pelo magneto. Grupo teste aos sete dias. HE. Aumento original 64x.





**Figura 13:** Raiz do incisivo (I), coto distal, osso alveolar (O), defeito cirúrgico experimental (DC). Presença de neoformação óssea centrípeta (seta) e tecido de granulação (TG). Grupo teste aos sete dias. HE. Aumento original 64x.



**Figura 14:** Fragmentos do enxerto ósseo alógeno liofilizado (EO), associados à área incisiva, coto distal. Observa-se a presença de osteoblastos (seta) associados à matriz óssea jovem. Grupo teste aos sete dias. HE. Aumento original 64x.

## 21 DIAS

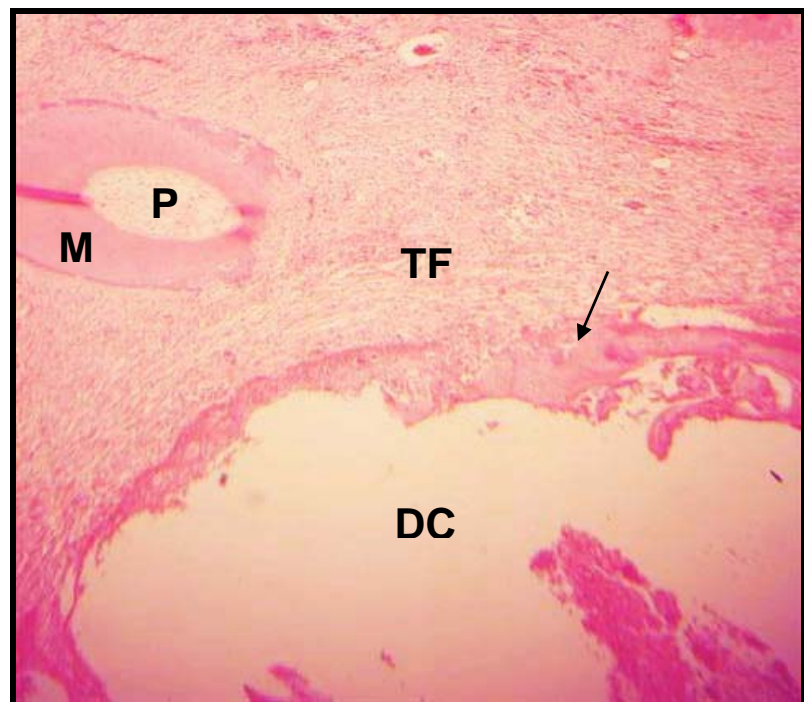
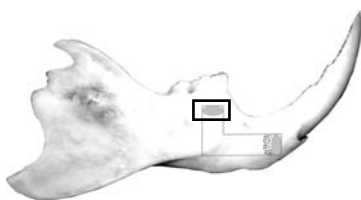
### *Grupo controle*

#### Análise histológica

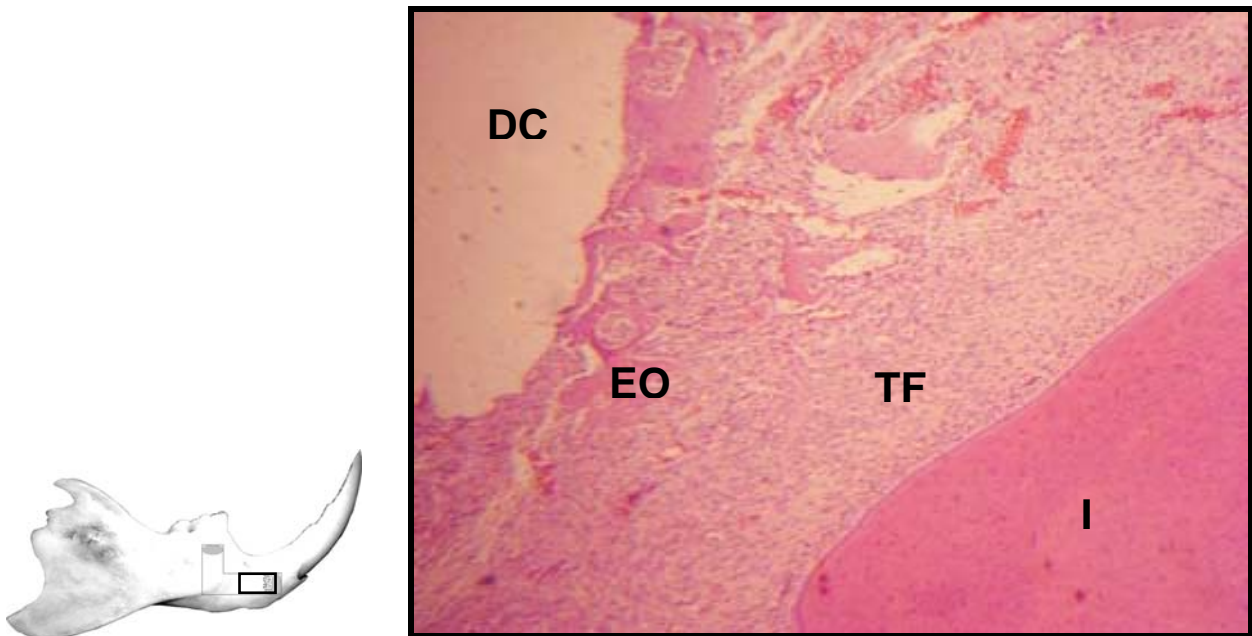
Defeito ósseo correspondente ao espaço anteriormente ocupado por dispositivo não imantado, circunscrito por tecido fibroso e presença de discreta neoformação óssea, ausência de sinais inflamatórios (Figura 15).

As estruturas radiculares de molares e coto incisal proximal apresentam sinais compatíveis com vitalidade pulpar.

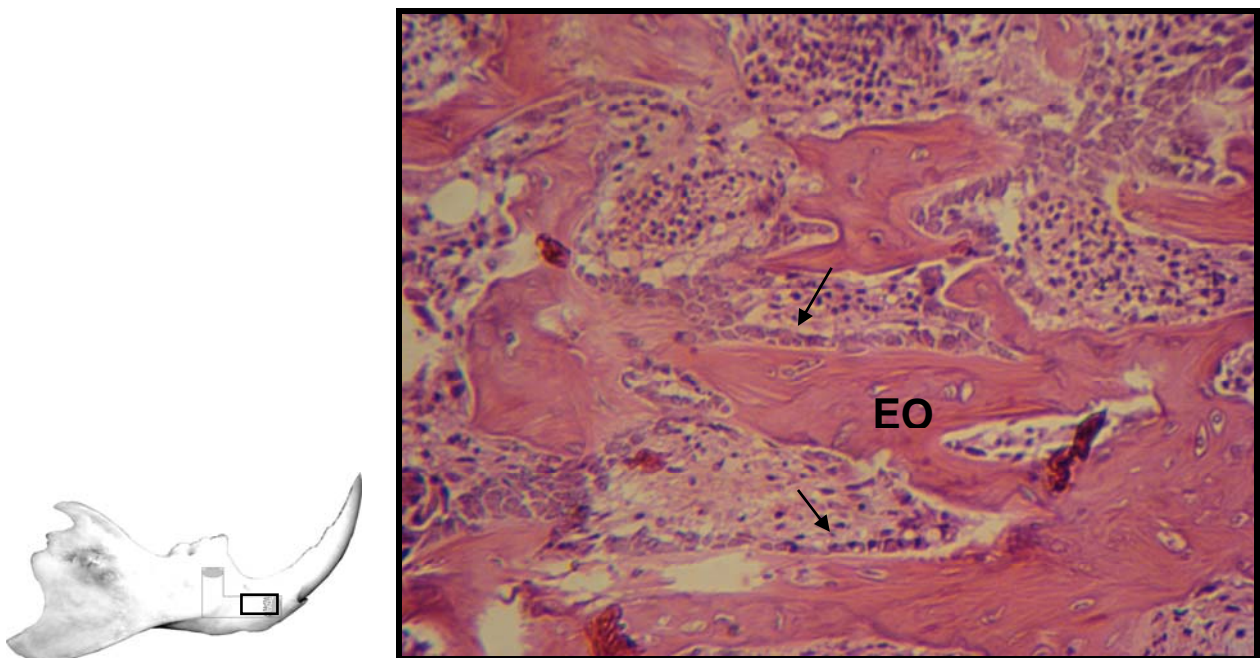
Nas diversas lâminas estudadas, repete-se a presença do segmento proximal, em processo de erupção. As partículas ósseas liofilizadas enxertadas aparecem parcialmente envolvidas por tecido inflamatório e apresentam no interior de suas estruturas, numerosos vasos sanguíneos (Figura 16 e 17).



**Figura 15:** Raiz do molar (M), tecido fibroso (TF), defeito cirúrgico experimental (DC), estrutura pulpar (P). Discreta neoformação óssea (seta). Presença de tecido fibroso e coágulo. Grupo controle aos 21 dias. HE. Aumento original 64x.



**Figura 16:** Raiz do incisivo (I), coto distal, tecido conjuntivo fibroso (TF), fragmentos do enxerto ósseo alógeno liofilizado (EO) e defeito cirúrgico experimental (DC). Grupo controle aos 21 dias. HE. Aumento original 64x.

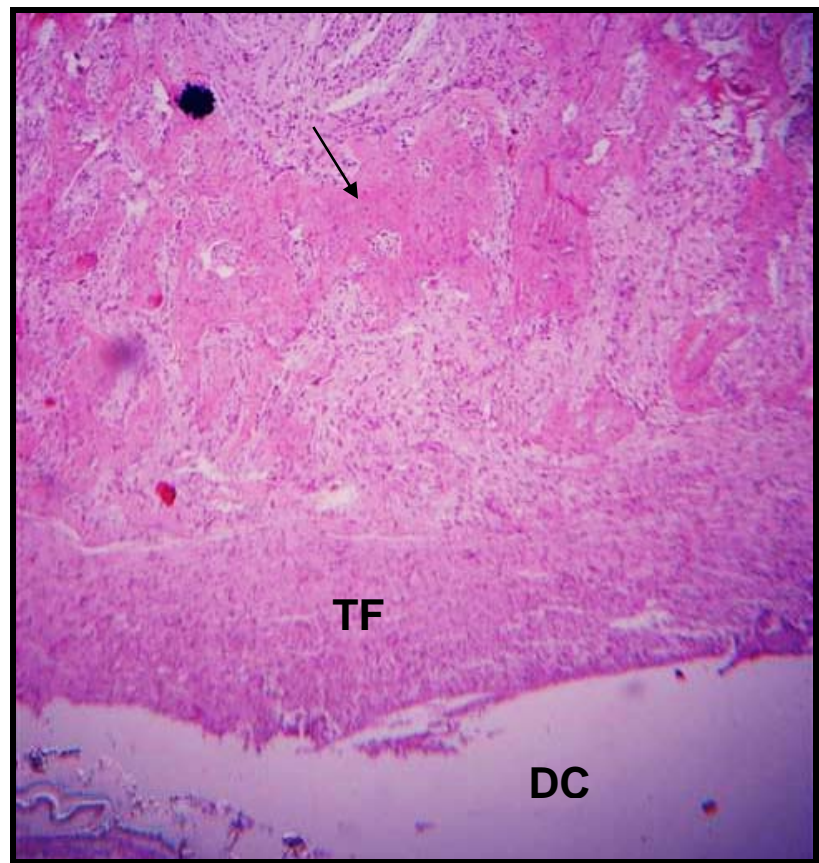
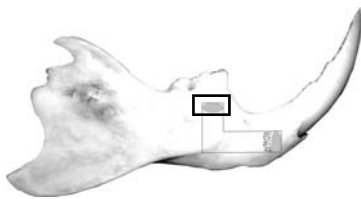


**Figura 17:** Área de enxerto ósseo alógeno liofilizado (EO) associado ao dispositivo metálico não imantado, região incisiva, coto distal. Presença de osteoblastos (setas). Grupo controle aos 21 dias. HE. Aumento original 160x.

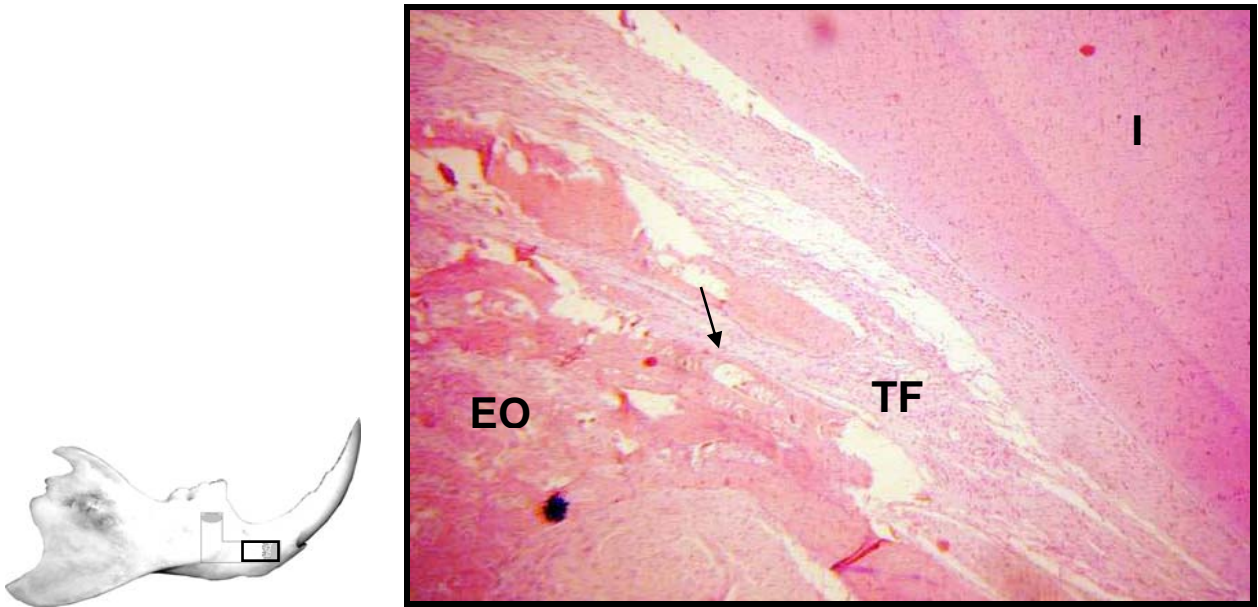
### Grupo teste

#### Análise histológica

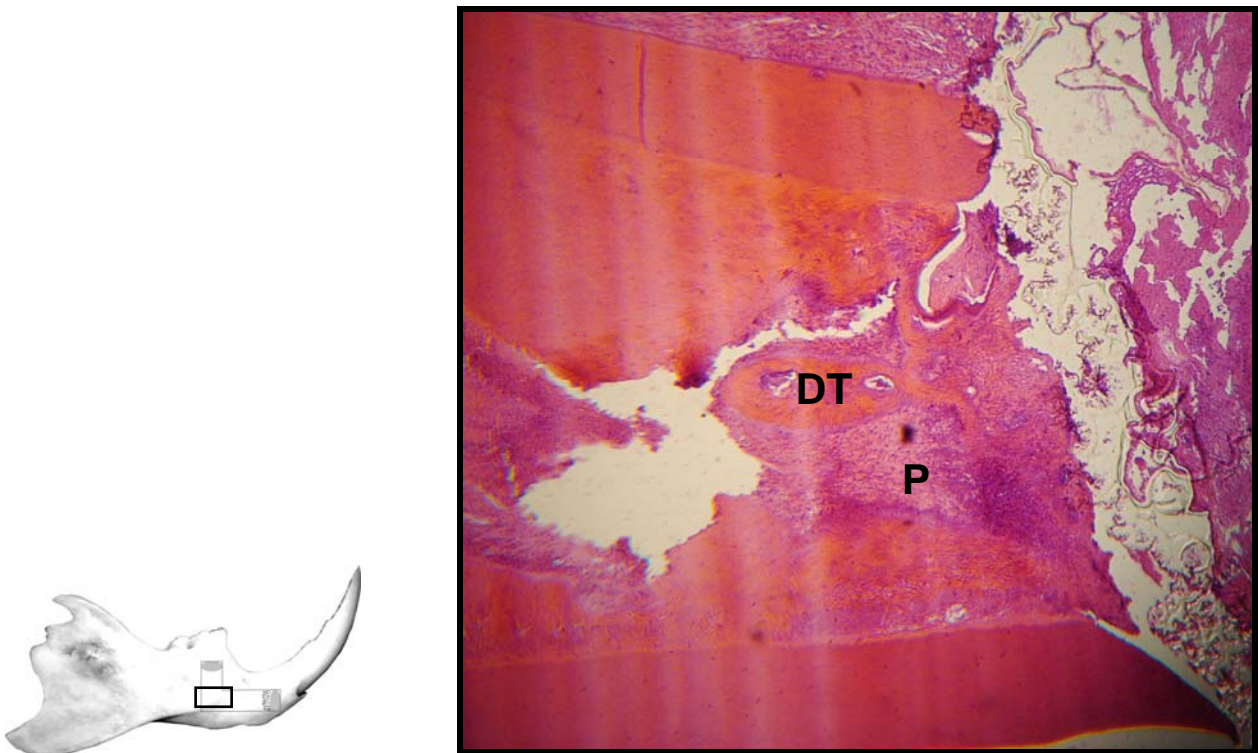
Observa-se intensa fibroplasia associada à área defeito cirúrgico correspondente ao espaço anteriormente ocupado por magneto em região de molares. Presença de exuberante neoformação óssea seguindo em direção centrípeta ao dispositivo magnetizado. Ausência de sinais inflamatórios (Figura 18). Associada à região ocupada pelo enxerto ósseo liofilizado significativa fibroplasia. Enxerto ósseo alógeno liofilizado em integração (Figura 19). Estruturas pulpare de molares e coto incisivo proximal evidenciam sinais compatíveis com manutenção da vitalidade pulpar. O tecido pulpar em coto incisivo proximal mantém um tampão inflamatório junto à área exposta, com formação de dentina terciária (Figuras 20 e 21).



**Figura 18:** Área de neoformação óssea centrípeta (seta) associada às raízes dos molares, tecido conjuntivo fibroso (TF) circundando o magneto, defeito cirúrgico experimental (DC). Grupo teste aos 21 dias. HE. Aumento original 64x.



**Figura 19:** Raiz do incisivo (I), coto distal, tecido fibroso (TF), vasos sangüíneos (seta) invadindo a área do enxerto ósseo alógeno liofilizado (EO). Grupo teste aos 21 dias. HE. Aumento original 64x.



**Figura 20:** Estrutura pulpar (P) do coto proximal do incisivo inferior. Presença de dentina terciária (DT). Grupo teste aos 21 dias. HE. Aumento original 64x.



**Figura 21:** Estrutura pulpar. Detalhe, presença de dentina terciária (DT). Grupo teste aos 21 dias. HE. Aumento original 160x.

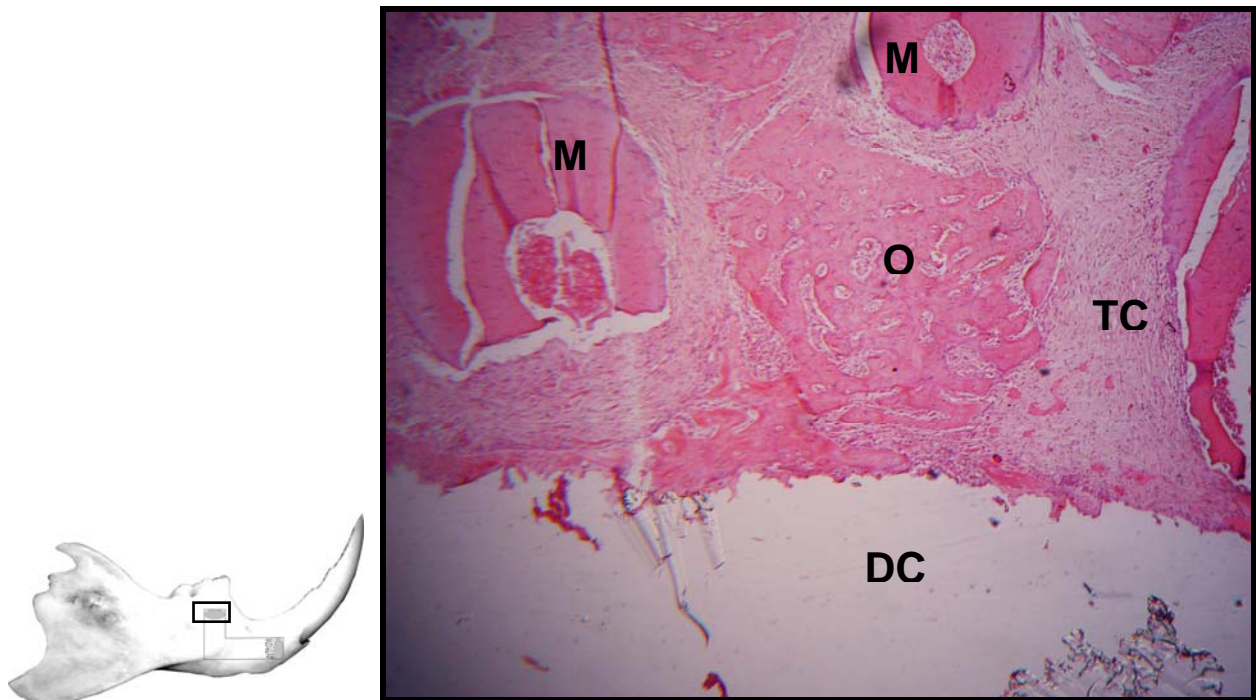
## 45 DIAS

### *Grupo controle*

#### Análise histológica

Na imagem do grupo controle aos 45 na região de molares evidencia-se discreta formação de tecido ósseo contornando o espaço preenchido pelo dispositivo metálico associado à fibroplasia. Os molares mantêm sinais compatíveis com vitalidade pulpar (Figura 22).

No coto distal do incisivo inferior há sinais de necrose na estrutura pulpar. Este apresenta-se extruído da estrutura alveolar. Observa-se formação óssea discreta contornando os espaços antes ocupados pelos dispositivos metálicos não-imantado, nas regiões apicais de molares e coto distal do incisivo.



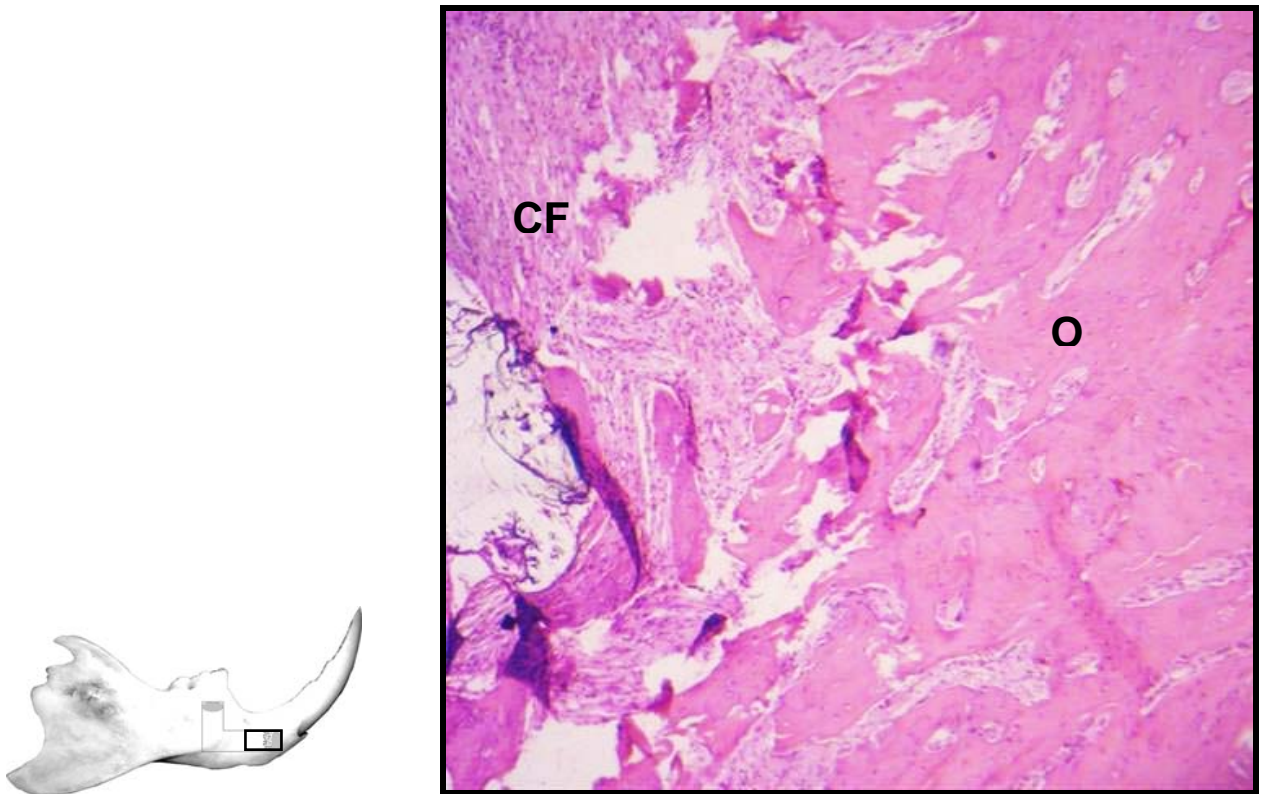
**Figura 22:** Área de neoformação óssea (O) associada ao dispositivo metálico na região de molares (M). Tecido conjuntivo. (TC). Defeito cirúrgico experimental (DC). Grupo controle aos 45 dias. HE. Aumento original 64x.

### *Grupo teste*

#### Análise histológica

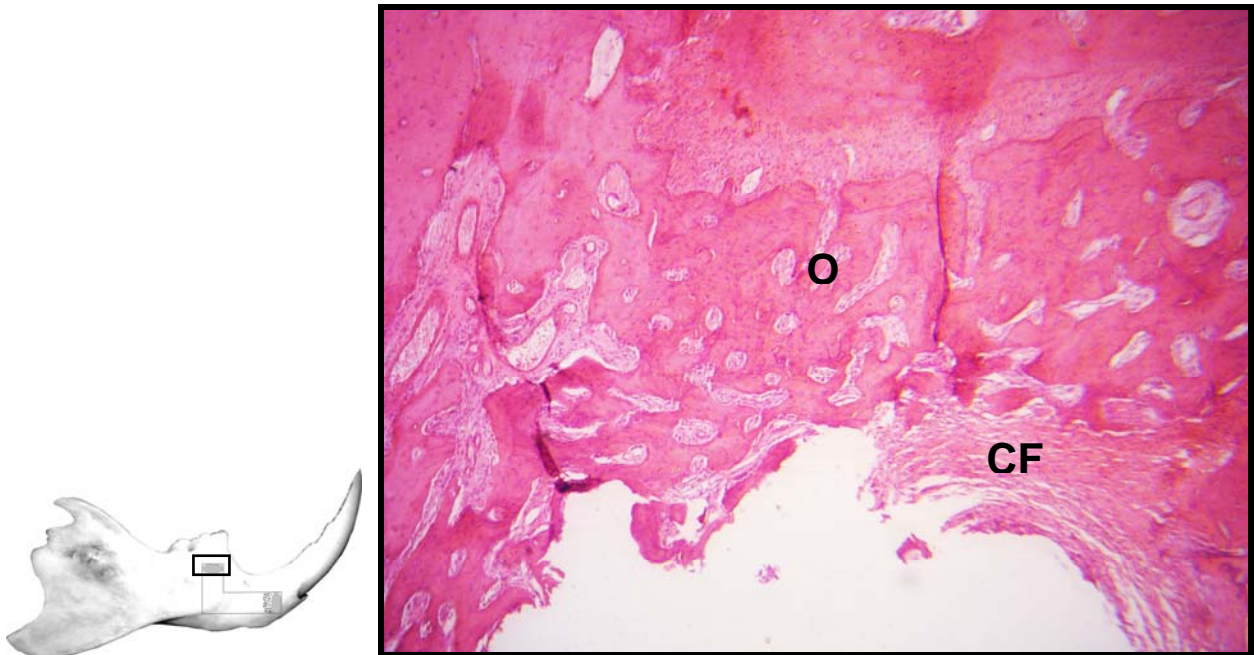
A imagem do grupo teste de 45 denota a presença de exuberante neoformação óssea contornando os espaços antes ocupados pelo dispositivo metálico imantado, nas regiões apicais de molares e coto distal do incisivo (figura 23 e 24).

Há evidências de integração do enxerto ósseo alógeno liofilizado (figura 23).



**Figura 23:** Área de neoformação óssea (O) associada ao dispositivo metálico em área de enxerto ósseo alógeno liofilizado. Cápsula fibrosa (CF). Região incisivo, coto distal. Grupo teste aos 45 dias. HE. Aumento original 64x.





**Figura 24:** Área de exuberante neoformação óssea (O) associada ao dispositivo metálico em sentido centrípeto, região de molares. Presença de cápsula fibrosa (CF). Grupo teste aos 45 dias. HE. Aumento original 64x.

## 7 DISCUSSÃO

Diversos autores utilizam campos magnéticos estáticos para avaliar respostas teciduais *in vivo* (BRUCE; HOWLLET; HUCKSTEP, 1987; DARENDELIER; SINCLAIR; KUSY, 1995; DARENDELILER; DARENDELILER; SINCLAIR, 1997; TURK, 2001, TENGKU *et al*, 2000; LINOVITZ *et al*, 2002; ULBRICH, 2003; DUTRA, 2005; PURICELLI *et al*, 2006; SINGH; YASHROY; HOQUE, 2006). Entretanto, apenas a partir do método desenvolvido por Puricelli (2003), os magnetos foram posicionados internamente aos animais (ULBRICH, 2003; DUTRA, 2005; PURICELLI *et al*, 2006). O presente trabalho seguiu este método utilizando campo magnético permanente, estático e sepultado.

Optou-se, na pesquisa pela utilização de magnetos de NdFeB, por apresentarem alta intensidade de campo magnético, baixo custo, boa resistência e temperatura crítica de 200°C (CAMPBELL, 1996).

Por serem ímãs permanentes anisotrópicos, têm a propriedade de criar campos magnéticos constantes e estáveis, com orientação molecular aleatória, garantindo a intensidade do campo magnético em todos os tempos experimentais (CULLITY, 1972; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1994).

A intensidade do campo magnético foi comprovada macroscopicamente durante a necropsia dos animais, para obtenção das peças. Durante a remoção dos magnetos, eles mantiveram as mesmas intensidades de atração e repulsão, apresentadas no momento do experimento. Conseqüentemente, o campo magnético não foi alterado no decorrer de todos os tempos da pesquisa (CULLITY, 1972; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1994).

Desde as observações de Ollier (1867), os enxertos ósseos vêm sendo amplamente estudados para desenvolvimento de técnicas mais seguras, eficazes e conservadoras. Nas últimas décadas, destacam-se pesquisas nas áreas de Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-faciais e Ortopedia, com a utilização de modelos experimentais com enxertos ósseos autógenos, xenógenos e alógenos (URIST, 1976; SALAMA, 1983; PROLO; RODRIGO, 1985; FRIEDLAENDER, 1987; GOLDBERG; STEVENSON, 1987; MASTERS, 1988; HOBAR; BYRD, 1990; DONATI; GAGLIARDI;

CAPANNA, 1990; ZASACKI, 1991; KÜBLER *et al*, 1993; MISCH; DIETSH, 1993; GASDAG *et al*, 1995; CYPHER; GROSSMANN, 1996; KAKIUCHI; ONO, 1998; MARTINEZ; WALKER, 1999; OLIVEIRA *et al*, 1999; STEVENSON, 1999; HERCULIANI *et al*, 2000; PURICELLI, 2000; BEZERRA; LENHARO, 2002; CAICOYA, 2004; GALIA *et al*, 2005; PURICELLI; BARALDI; CARDOSO, 2004; LEITE, 2005; MOZELLA *et al*, 2005; PURICELLI; BARALDI; PARIS, 2005).

O enxerto ósseo alógeno foi utilizado nesta pesquisa por estar disponível em grande escala e não apresentar complicações relacionadas com a área doadora, quando comparado aos enxertos autógenos. O procedimento cirúrgico foi mais conservador, com redução do tempo anestésico-cirúrgico, da perda sanguínea e da morbidade cirúrgica (LEITE, 2005; MOZELLA *et al*, 2005).

O enxerto ósseo alógeno liofilizado, proveniente de rato, foi obtido a partir do processo de liofilização realizado pelo Serviço de Ortopedia e Traumatologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), baseado no protocolo de Kakiuchi e Ono (1998). Após a liofilização, os enxertos foram acondicionados em plasteril (embalagem dupla) e esterilizados individualmente em autoclave por quatro minutos, a 32°C. O armazenamento dos mesmos pode ser realizado por um período de até um ano. A conservação deve ser realizada em temperatura ambiente e com pouco manuseio. A literatura apresenta diversidade, variando os protocolos de liofilização e armazenamento de enxertos ósseos alógenos e xenógenos (KAKIUCHI; ONO, 1998; DUARTE DA SILVA, 2000; GALIA *et al*, 2005).

Apesar da diversidade dos protocolos, é indiscutível que o processo de liofilização do enxerto diminui a antigenicidade e conseqüentemente minimiza os riscos de transmissão de doenças, sem alterar as propriedades osteoindutoras (BOYNE, 1968; URIST, 1976; RAAB *et al*, 1991; ZASACKI, 1991; MELLONIG; PREWETT; MOYER, 1992; GASDAG *et al*, 1995; KAKIUCHI; ONO, 1998; GALIA *et al*, 2005, MOZELLA *et al*, 2005).

O enxerto ósseo alógeno liofilizado humano pode ser cortical, esponjoso ou de forma combinada (ROSS; REITH; ROMRELL, 1993; PURICELLI; BARALDI; CARDOSO, 2004; PURICELLI; BARALDI; PARIS, 2005). O enxerto empregado na

pesquisa foi córtico-esponjoso obtido a partir de fêmures de rato de mesma espécie. Após processamento, o mesmo foi utilizado na forma particulada por trituração manual.

O início do processo de integração do enxerto pôde ser observado já aos sete dias pós-operatórios, nos grupos teste e controle. Verificou-se a presença de hematoma circundando as partículas enxertadas e vasos sanguíneos invadindo a estrutura esponjosa. Estes achados concordam com Friedlaender (1987) e Leite (2005), que afirmam ser nesse momento o início da atividade de osteoindução do enxerto ósseo alógeno liofilizado.

Caicoya (2004), Puricelli, Baraldi e Paris (2005) afirmaram que o enxerto ósseo cortical, revasculariza-se mais lentamente que o esponjoso. Inicia-se neste, um processo de reabsorção seguido de aposição, enquanto no osso esponjoso há um processo de incorporação, onde a aposição se antecipa à reabsorção. Concordamos com Puricelli, Baraldi e Paris (2005) e Leite (2005) que as partículas de enxerto cortical, mesmo com o tempo, mantêm uma composição mista de osso necrótico e novo osso vital. O enxerto ósseo esponjoso incorpora-se completamente ao receptor, como pôde ser observado aos 45 dias.

Na avaliação dos segmentos dentários proximais e distais do incisivo e dos molares inferiores, aos sete dias, verificou-se tanto no grupo controle quanto no teste, alterações no tecido pulpar. Nos segmentos proximais dos incisivos e dos molares inferiores não foram evidenciados sinais de necrose pulpar. No coto distal constatou-se desorganização tecidual com presença de células inflamatórias e necrose. O processo resulta da ruptura vascular e do compromisso nutricional da polpa, à semelhança do que acontece em dentes humanos após lesão de continuidade na estrutura radicular como já relatado por Andreasen e Andreasen (2001) e Leite (2005). No coto distal, além do comprometimento pulpar há limitado suporte periodontal, o que de acordo com Soares e Goldberg (2001) contribuiria para nutrição dos tecidos.

As regiões do coto proximal do incisivo e dos molares inferiores apresentaram sinais compatíveis com vitalidade pulpar, no grupo teste e controle em todos os períodos experimentais. Aos 21 dias, no grupo teste, observou-se no coto proximal do incisivo inferior, a presença de sinais de cicatrização, com a formação de um tampão de

dentina terciária. Assim como relatado por Leite (2005), o tecido pulpar manteve sua vitalidade, reagindo na forma de cicatrização dentinária, similar com o dente humano (Andreasen e Andreasen (2001).

Ao longo do experimento, observou-se a permanência de uma contínua erupção dos incisivos inferiores, característica inerente à fisiologia dos ratos de acordo com Taverne (1991), Shore *et al* (1992), Pough, Janis e Hiser (2003) e Leite (2005).

Assim, mesmo submetido à odontossecação com brocas cilíndricas e esféricas, o incisivo inferior em seu segmento dentário proximal, seguiu seu processo de crescimento e erupção contínuo, em todos os grupos. Também observado por Berkovitz, Holland e Moxham, (2004) e Leite (2005).

Observações macroscópicas e radiográficas revelaram que os cotos dentários distais, tanto nos grupos teste quanto no controle, nos diferentes tempos experimentais, extruíram e os enxertos mantidos em posição, contrariando os achados de Leite (2005) que observou intrusão e deslocamento do enxerto ósseo.

Sugere-se que a estabilidade do posicionamento do enxerto ósseo alógeno liofilizado esteja relacionado à presença do dispositivo metálico, servindo como anteparo mecânico estável. O contínuo estímulo de mastigação associado ao tipo de dieta dos animais pode ter sido responsável pela extrusão.

No grupo controle, nos diferentes períodos experimentais, observou-se a presença do processo de cicatrização óssea fisiológico, com a gradual presença de neoformação óssea. A atividade osteoblástica iniciou-se aos sete dias, evoluindo para um osso mais maduro aos 45 dias pós-operatórios. (CARVALHO; OKAMOTO, 1987; RASMUSSEN, 1998; TEN CATE, 2001a; BERKOVITZ; HOLLAND; MOXHAM, 2004).

Nos grupo teste, aos 21 dias, verificou-se o início de neoformação óssea centrípeta, nas regiões associadas aos dispositivos metálicos imantados. Aos 45 dias, observou-se exuberante neoformação óssea nas mesmas regiões. Estes achados corroboram para o fato de que o campo magnético pode favorecer o processo de cicatrização óssea (BRUCE; HOWLLET; HUCKSTEP, 1987; DARENDELIER; SINCLAIR; KUSY, 1995; DARENDELILER; DARENDELILER; SINCLAIR, 1997; TURK, 2001, TENGKU *et al*, 2000; LINOVITZ *et al*, 2002; ULBRICH, 2003; DUTRA, 2005; PURICELLI *et al*, 2006; SINGH; YASHROY; HOQUE, 2006).

O modelo experimental animal utilizado na pesquisa baseou-se no protocolo idealizado por Puricelli (2003) e executado na dissertação de Leite (2005).

Os ratos foram escolhidos por serem criados em grandes quantidades e com menor custo (KIRK; LIM; KHAN, 1989). Além disso, seu processo de cicatrização é similar ao humano em relação à seqüência de eventos, porém, mais rápido (AMLER; JOHNSON; SALMAN, 1960; BOYNE, 1966; AMLER, 1969).

Esse estudo seguiu um planejamento metodológico, com aspectos eticamente corretos, cuidados pré e trans-operatórios, propedêutica cirúrgica e biossegurança, conforme Raymundo e Goldim (2006) e Silva Filho (2006).

Optou-se pela anestesia geral injetável associando quetamina e xilazina, por via intramuscular. Esses fármacos apresentam efeitos anestésicos de 30 a 45min, nas doses utilizadas, período suficiente para execução do procedimento cirúrgico. A via intramuscular foi eleita, em relação à endovenosa, pela dificuldade de acesso às estruturas vasculares em ratos (HARKNESS; WAGNER, 1993; SILVA FILHO, 2006).

A associação de anestésias terminais infiltrativas na área cirúrgica contribuiu para a redução do sangramento trans-operatório e garantiu analgesia nas primeiras horas pós-operatórias (MARTINS, 2001; KENNER, 2003; ULBRICH, 2003; CORSETTI, 2005; DUTRA, 2005; LEITE, 2005).

A realização de uma ostectomia vertical em direção aos ápices dos molares inferiores, modificando a cavidade cirúrgica experimental de Leite (2005), resultou nessa pesquisa, em uma cavidade cirúrgica na forma de 'L'. O defeito cirúrgico permitiu a adaptação de dispositivos metálicos associados às regiões apicais dos molares e ao coto distal do incisivo inferior. Estabeleceu-se um campo magnético constante, estático e sepultado, em área de defeito dento-ósseo-alveolar, onde está presente o processo contínuo e dinâmico de erupção dentária.

A manutenção da média de 250G de potência do campo magnético esteve presente nos diferentes períodos experimentais, compatível com o tipo de liga utilizada e com as características apresentadas pelos ímãs permanentes (CULLITY, 1972; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1994).

As pesquisas de estimulação do tecido ósseo, especialmente em região dento-alveolar, são promissoras. A busca de novas tecnologias, o aprimoramento dos

protocolos de execução e a avaliação dos resultados certamente permitirão, no futuro, uma evolução significativa nas condutas terapêuticas.

## 8 CONCLUSÃO

Após a realização deste estudo foi possível concluir que:

A configuração do tecido ósseo associada aos dispositivos metálicos imantados, no grupo teste, especialmente aos 45 dias pós-operatórios, pressupõe que a atividade e a estimulação da cicatrização óssea foram influenciadas positivamente pela ação do campo magnético permanente.

O tecido pulpar, do incisivo inferior (coto proximal) e dos molares manteve sinais compatíveis com vitalidade reagindo na forma de reparação dentinária, nos grupos teste e controle, nos diferentes tempos experimentais.

O incisivo inferior do rato submetido à odontosseção seguiu seu processo de crescimento e erupção em seu segmento proximal, nos grupos teste e controle.

O enxerto ósseo alógeno liofilizado sofreu processo de integração a partir do leito criado no alvéolo dentário, nos grupos teste e controle.



## REFERÊNCIAS

ALBEE, F.H. Discussion of Preservation of Tissues and Application in Surgery by Alex Carrel. **JAMA**, Chicago, v. 149, no. 3, p. 313-325, Mar. 1915.

AMLER, M.H.; JOHNSON, P.L.; SALMAN, I. Histological and Histochemical Investigation of Human Alveolar Socket Healing in Undisturbed Extraction Wounds. **J. Am. Dent. Ass.**, Chicago, v. 61, p. 32-44, 1960.

AMLER, M.H. The Time Sequence of Tissue Regeneration in Human Extraction Wounds. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, St. Louis, v. 27, n. 3, p. 309-318, Mar. 1969.

ANDREASEN, J.O.; ANDREASEN, F.M. **Texto e Atlas Colorido de Traumatismo Dental**. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2001. 770 p.

ARANA, V.; KATCHBURIAN, E. **Histologia e Embriologia Oral**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan: 2004. 372 p.

ARANDA-ANZALDO, A.; VIZA, D.; BUSNEL, R.G. Chemical Inactivation of Human Immunodeficiency Virus In Vitro. **J. Virol. Methods.**, Amsterdam, v. 37, no. 1, p. 71-82, Apr. 1992.

BERKOVITZ, B.K.B.; HOLLAND, G.K.; MOXHAM, B.J. **Anatomia, Embriologia e Histologia Bucal**. 3 ed. Porto Alegre: Médicas, 2004. 546 p.

BEZERRA, F.J.B.; LENHARO, A. **Terapia Clínica em Implantodontia**. São Paulo: Artes Médicas, 2002. 329 p.

BLOCK, M.S. et al. Bone Maintenance 5 to 10 Years After Sinus Grafting. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 56, no. 6, p. 706-713, Jun. 1998.

BODNER, L. et al. Extraction Site Healing in Rats. A Radiologic Densitometric Study. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, St. Louis, v.75, no. 3, p. 367-372, Mar. 1993.

BOYNE, P.J. Osseous Repair of the Postextraction Alveolus in man. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, St. Louis, v. 21, no. 6, p. 805-13, Jun. 1966.

BOYNE, P.J. Review of the Literature on Cryopreservation of Bone. **Cryobiology**, Rockville, v. 4, no. 6, p. 341-357, May/Jun. 1968.

BRUCE, G.K.; HOWLLET, C. R.; HUCKSTEP, R. L. Effect of a Static Magnetic Field on Fracture Healing in a Rabbit Radius. **Clin. Orthop. Relat. Res.**, Philadelphia, no. 222, p. 300-306, Sept. 1987.

BURCHARDT, H. Biology of Bone Transplantation. **Orthop. Clin. North Am.**, Philadelphia, v.18, no. 2, p. 187-196, Apr. 1987.

CAICOYA, S.O. Bases Biológicas Del Injerto Óseo. In: VILA, C.N.; MARÍAN, F.G.; CAICOYA, S.O. (Org.). **Tratado de Cirugía Oral Y Maxilofacial**. Madrid: Arán Ediciones, 2004. V. 2, cap. 32, p. 539-548.

CALAPODOPULOS, C.J; VOLPON, J.B. Ensaio Clínico do Enxerto Ósseo Desmineralizado. **Rev. Bras. Ortop.**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 4, p. 263-267, abril, 1994.

CAMPBELL, P. **Permanent Magnet Materials and their Application**. Reprint edition. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 228 p.

CARVALHO, A.C.P.; OKAMOTO, T. Reparação do Alvéolo Dental. In: \_\_\_\_\_. **Cirurgia bucal: Fundamentos Experimentais Aplicados à Clínica**. 1. ed. São Paulo: Panamericana, 1987. Cap. 5, p. 55-80.

CORSETTI, A. **Avaliação do Reparo Ósseo em Fêmures de Ratos após Implante de Blocos de Cimento de Fosfato de Cálcio e Enxerto Ósseo Autógeno**. 2005. 111 f. Dissertação (Mestrado em Clínicas Odontológicas-Cirurgia e Traumatologia Bucodentofacial)-Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

CULLITY, B.D. **Introduction to Magnetic Materials**. 1. ed. Massachusetts: Addison-Wesley, 1972. 832 p.

CYPHER, T.J; GROSSMANN, J.P. Biological Principles of Bone Graft Healing. **J. Foot Ankle Surg.**, Baltimore, v. 35, no. 5, p. 413-417. Sept./Oct. 1996.

DAMIEN, C.J.; PARSONS, J.R. Bone Graft and Bone Graft Substitutes: a Review of Current Technology and Applications. **J. Appl. Biomater.**, New York, v. 2, no. 3, p.187-208. Fall. 1991.

DARENDELILER, M.A; DARENDELILER, A.; SINCLAIR, P.M . Effects of Static Magnetic and Pulsed Electromagnetic Fields on Bone Healing. **Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.**, Chigago, v.12, no.1, p. 43-53, 1997.

DARENDELIER, M.A.; SINCLAIR, P.M.; KUSY, R.P. The Effects of Samarium-Cobalt Magnets and Pulsed Electromagnetics Fields on Tooth Movement. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 107, no. 6, p. 578-88, June. 1995.

DELLOY, R. et al. Organizational and Investigational Aspects of Bone Bankin in Belgium. **Acta. Orthop. Bel.**, Bruxelles, v. 57, p. 27-34, 1991.

DONATI, D.; GAGLIARDI, S.; CAPANNA, R. The Use of Xenograft in Young Patients Treated with Pemberton-Zanoli Osteotomy. **Chir. Organi Mov.**, Bologna, v.75, no.1, p. 59-65, Jan./Mar. 1990.

DUARTE DA SILVA, A. B. Alterações Histológicas em Enxerto de Osso Homógeno Preparado e Armazenado com Duas Técnicas Diferentes. **Acta Cir. Bras.**, São Paulo, v.15, supl.3, p. 74-77, 2000.

DUTRA, N.B. **Avaliação Histológica da Aplicação de um Campo Magnético em Enxertos Ósseos Autógenos de Ratos.** 2005. 111 f. Dissertação (Mestrado em Clínicas Odontológicas- Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-facial)-Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

ELSUBEIHI, E.S.; HEERSCHKE, J.N. Quantitative Assessment of Post-extraction Healing and Alveolar Ridge Remodelling of the Mandible in Female Rats. **Arch. Oral Biol.**, Oxford, v. 49, no. 5, p. 401-412, May. 2004.

EYRES, K.S.; BELL, M.J.; KANIS, J.A. Methods of Assessing New Bone Formation During Limb Lengthening. Ultrasonography, Dual Energy X-ray Absorptiometry and

Radiography Compared. **J. Bone Joint Surg. Br.**, Boston, v. 75, no. 3, p. 358-64, May. 1993.

FEJERSKOV, O; THYLSTRUP, A. Esmalte dentário. In: MJÖR, I.A.; FEJERSKOV, O. **Embriologia e Histologia Oral Humana**. São Paulo: Panamericana, 1990. Cap.3, p. 50-88.

FEOFILOFF, E.T.; JESUS-GARCIA, R. Técnicas de Obtenção, Processamento, Armazenamento e Utilização de Homoenxertos Ósseos. **Rev. Bras. Ortop.**, São Paulo, v. 31, n. 11, p. 895- 903, nov. 1996.

FRIEDLAENDER, G.E. Bone Banking and Clinical Applications. **Transplant Proc.**, New York, v. 17, no.6, Suppl. 4, p. 99-104, 1985.

FRIEDLAENDER, G.E. Bone Grafts: the Basic Science Rationale for Clinical Applications. **J. Bone Joint Surg. Am.**, Boston, v. 69, no. 5, p. 786-790, June. 1987.

FURSETH, R.; SELVIG, K. A.; MJÖR, I. A. O Periodonto. In: MJÖR, I. A.; FEJERSKOV, O. **Embriologia e Histologia Oral Humana**. São Paulo: Panamericana, 1990. Cap. 4, p. 131-175.

GALIA, C.R. et al. Uso de Enxerto Ósseo Homólogo e Heterólogo em Diáfise Femoral de Ratos: Comparação entre Enxerto Ósseo Congelado e Liofilizado. **Rev. Bras. Ortop.**, Rio de Janeiro, v. 40, n.3, p. 141-146, mar. 2005.

GAZDAG, M.D. et al. Alternatives to Autogenous Bone Graft: Efficacy and Indications. **J. Am. Acad. Orthop. Surg.**, Rosemont, v. 3, no.1, p.1-8, Jan./Feb. 1995.

GLOWACKI, J. et al. Application of the Biological Principle of Induced Osteogenesis of Craniofacial Defects. **Lancet**, London, v. 2, no. 1 (8227), p. 959-962, May. 1981.

GOLDBERG, V.M.; STEVENSON, S. Natural History of Autografts and Allografts. **Clin. Orthop. Relat. Res.**, Philadelphia, no. 225, p. 7-16, Dec. 1987.

GUGLIELMOTTI, M.B.; CABRINI, R.L. Alveolar Wound Healing and Ridge Remodeling After Tooth Extraction in the Rat: a Histologic, Radiographic, and Histometric Study. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 43, no. 5, p. 359-364, May. 1985.

GUIMARÃES, A.P. **From Lodestone to Supermagnets: Understanding Magnetic Phenomena.** Berlin : Wiley-VCH, 2005. 248 p.

GUO, M.Z.; XIA, Z.S.; LIN, L.B. The Mechanical and Biological Properties of Demineralised Cortical Bone Allografts in animals. **J. Bone Joint Surg.**, British, v. 73-B, no. 5, p. 791-794, 1991.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física: Eletromagnetismo.** 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994. 334 p.

HARARI, D.; HEROLIN, G.; HARARI, O. The Effect of Age on Morphology and Eruption of the Lower Incisors in Mature Rats. **Arch. Oral Biol.**, v. 50, no. 11, p. 953-9588, Nov. 2005.

HARKNESS, J.E; WAGNER, J.E.. In:\_\_\_\_\_. **Biologia e Clínica de Coelhos e Roedores. Procedimentos Clínicos.** 3 ed. São Paulo: Roca, 1993, Cap. 3, p. 57-85.

HERCULIANI, P. P. et al. Tratamento de Defeito Ósseo Perene em Calvária de Cobaia com Membrana de Cortical Óssea Bovina Liofilizada Associada ou Não a Enxerto Ósseo Bovino Desmineralizado. **Rev. Brasil. Implant.**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p. 7-14, abr./jun. 2000.

HOBAR, P.C.; BYRD, H.S. Implantation: Bone, Cartilage and Alloplasts (Overview). **Sel. Read Plast. Surg.**, Dallas, v. 6, p. 1-28, 1990.

HOLLINGER, J.O.; BUCK, D.C; BRUDER, S. Biology of Bone Healing: Its Impact on Clinical Therapy. In: LYNCH, S.E.; GENCO, R.J.; MARX, R.E. **Tissue Engineering: Applications in Maxillofacial Surgery and Periodontics.** San Diego:Quintessence, 1999, p. 17-53.

HUGGINS, C.B.; URIST, M.R. Dentin Matrix Transformation: Rapid Induction of Alkaline Phosphatase and Cartilage. **Science, cidade**, v. 6, no.167(919), p. 196-898, Feb.1970.

HUPP, J.R. Reparação das Feridas. In: PETERSON, L.J et al (Ed.) **Cirurgia Oral e Maxilofacial Contemporânea.** 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. Cap. 4, p. 54-62.

INCLAN, A. The Use of Preserved Bone Graft in Orthopedic Surgery. **J. Bone Joint Surg. Am.**, Boston, v. 26, p. 81-96, Jan. 1942.

JEFFCOAT, M.K. Radiographic Methods for the Detection of Progressive Alveolar Bone Loss. **J. Periodontol.**, Chicago, v.63 (4 Suppl.), p.367-372, Apr. 1992.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. 433 p.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 540 p.

KAKIUCHI, M.; ONO, K. Defatted, Gás-Sterilised Cortical Bone Allograft for Posterior Lumbar Interbody Vertebral Fusion. **Int. Orthop.**, Berlin, v. 22, no. 2, p. 69-76, 1998.

KENNER, M.E. **Estudo Microscópico do Reparo Ósseo em Alvéolos de Ratos Irrradiados com Laser de Er:YAG**. 2003. 102 f. Dissertação (Mestrado em Clínicas Odontológicas-Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-facial)-Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

KESSEL, R.G. **Histologia Médica Básica: a Biologia das Células e Tecidos e Órgãos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000, 512 p.

KIRK, E.E.; LIM, K.C.; KHAN, M.O. Comparison of Dentinogenesis on Pulp Capping With Calcium Hydroxide in Paste and Cement Form. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, St. Louis, v. 68, no. 2, p. 210-219, Aug. 1989.

KITTEL, C. Diamagnetism and Paramagnetism. In: **Introduction to Solid State Physics**. 5. ed. New York: John Wiley, 1976. Cap. 14, p. 433-456.

KÜBLER, N. et al. Osteoinductive, Morphologic, and Biomechanical Properties of Autolyzed, Antigen-extracted Allogeneic Human Bone. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 51, no. 12, p.1346-1357, Dec. 1993.

LAND, L. et al. Maxillary Sinus Floor Elevation Using a Combination of DFDBA and Bovine-Derived Porous Hydroxyapatite: A Preliminary Histologic and Histomorphometric Report. **Int. J. Periodontics Rest. Dent.**, Chicago, v. 20, no. 6, p. 574-583, 2000.

LAW, K.T. et al. The Relationship Between Eruption and Length of Mandibular Incisors in Young Rats. **Med. Sci. Monit.**, Warsaw, v. 9, no. 1, p. BR47-BR53, Jan. 2003.

LEITE, M.G.T. **Avaliação Radiográfica e Histológica do Efeito de Osso Alógeno Liofilizado Enxertado em Área Dentada em Crescimento: Estudo Experimental em Ratos**. 2005. 111 f. Dissertação (Mestrado em Clínicas Odontológicas-Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-facial)-Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

LINOVITZ, R. J. et al. Combined Magnetic Fields Accelerate and Increase Spine Fusion: a Double-Blind, Randomized, Placebo Controlled Study. **Spine**, Hangerstown, v. 27, no. 13, p. 1383-1389, July 2002.

MACEDO et al. Comparação da Resistência à Compressão do Osso Bovino Congelado e Liofilizado. **Rev. Brasil. Ortop.**, São Paulo, v. 34, n. 9/10, p. 529-534, set/out. 1999.

MARKS, S.C.; HERMEY, D.C. The Structure and Development of Bone. In: BILEZIKIAN, J. P.; RAISZ, L. G.; RODAN, G. A. (Ed.). **Principles of Bone Biology**, San Diego: Academic Press, 1996. Cap. 1, p. 3-14.

MARTINEZ, A.S.; WALKER, T. Bone grafts. **Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.**, Philadelphia, v.29, no. 5, p. 1207-1209, Sept. 1999.

MARTINS, G.L. **Estudo Microscópico do Reparo Ósseo na Mandíbula de Ratos Submetida a Osteotomias a Fresa Cirúrgica e Laser de Er:YAG**. 2001.137 f. Dissertação (Mestrado em Clínicas Odontológicas-Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-facial)-Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

MASTERS, D.H. Implants. Bone and Bone Substitutes. **CDA J.**, Los Angeles, v. 16, no. 1, p. 56-65, Jan. 1988.

MBITHI, J.N.; SPRINGTHORPE, V.S.; SATTAR, S.A. Chemical Desinfection of Hepatitis A Virus on Environmental Surfaces. **Appl. Environ. Microbiol.**, Washington, v. 56, no.11, p. 3601-3604, Nov. 1990.

MELCHER, A.A.; FURSETH, R. Erupção Dentária e Exfoliação dos Dentes Decíduos. In: MJÖR, I.A.; FEJERSKOV, O. **Embriologia e Histologia Oral Humana**. São Paulo: Panamericana, 1990. Cap. 4, p. 177-201.

MELLONIG, J.T.; PREWETT, A.B.; MOYER, M.P. HIV Inactivation in a Bone Allograft. **J. Periodontol.**, Chicago, v. 63, no.12, p. 979-83, Dec.1992.

MISCH, C.E.; DIETSH, F. Bone-Grafting Materials in Implant Dentistry. **Implant Dent.**, Baltimore, v. 2, no. 3, p. 158-167, Mar. 1993.

MJÖR, I.A. Dentina e Polpa. In: MJÖR, I. A.; FEJERSKOV, O. **Embriologia e Histologia Oral Humana**. São Paulo: Panamericana, 1990. Cap. 2, p. 90-129.

MOZELLA, A.P. et al. Análise Epidemiológica da Obtenção, Processamento e Utilização de Enxertos Homólogos pelo Banco de Tecidos. **R. Info.**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 34-40, jan./abr. 2005.

OLIVEIRA R.C. et al. Efeito da Temperatura de Desproteíntização no Preparo de Osso Cortical Bovino Microgranular. Avaliação Microscópica da Resposta Celular em Subcutâneo de Ratos. **Rev. Fac. Odontol. Bauru**, Bauru, v. 7, n. 3/4, p. 85-93, jul./dez. 1999.

OLLIER, T. **Traite experimental et clinique de la regeneration des ossis**. Victor Masson et Fils, 1867.

PAPPAS, A.M.; Current Methods of Bone Storage by Freezing and Freeze-drying. **Cryobiology**, Rockville, v. 4, no. 6, p. 358-375, June 1968.

PETERSON, J.L. *et al.* **Cirurgia Oral e Maxilofacial Contemporânea**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 880 p.

PHILLIPS, G. O. et al. Advances in tissue bank. **World Scientific**, Singapore, 41-157, 1997.

POUGH, F.H.; JANIS, C.M.; HEISER, J.B. **A vida dos vertebrados**. 3 ed. São Paulo: Atheneu, 2003.



PROLO, D.J.; RODRIGO, J.J. Contemporary Bone Graft Physiology and Surgery. **Clin. Orthop. Relat. Res.**, Philadelphia, v. 200, p. 322-42, Nov. 1985.

PURICELLI, E. A Multidisciplinaridade da Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-faciais na Odontologia. In:\_\_\_\_\_VANZILLOTTA, P.S.; GONÇALVES, A.R. **Odontologia Integrada: Atualização para o Clínico e o Especialista**. Rio de Janeiro: Pedro Primeiro, 2000. Cap. 2, p. 59-94.

PURICELLI, E. Comunicação pessoal. 2003.

PURICELLI, E. et al. Histological Analysis of the Effects of a Static Magnetic Field on Bone Healing Process in Rat Femurs. **Head Face Med.**, London, v. 2, p. 43, Nov. 2006.

PURICELLI, E.; BARALDI, C.E.; CARDOSO, C.F.R. Princípios Cirúrgicos para Enxertos Ósseos nas Reconstruções Alveolares. In: GONÇALVES, E.A.N.; GENTIL, S.N. (Org.). **Atualização Clínica em Odontologia**. São Paulo: Artes Médicas, 2004. Cap. 2, p. 13-35.

PURICELLI, E.; BARALDI, C.E.; PARIS, M.F. Reconstruções Ósseas Alveolares. In: NET ODONTO. **Da Construção à Expressão**: Livro Virtual 23º CIOSP. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.netodonto.com.br/lmsbuilder/ciosp/indice.asp>>. Acesso em: 01 maio 2005.

RAAB, D.M.T.D. et al. A Histomorphometric Study of Cortical Bone Activity During Increased Weight-bearing Exercise. **J. Bone Miner. Res.**, New York, v. 6, no. 7, p. 741-9, July 1991.

RASMUSSEN, I. **On Implant Integration in Membrane-Induced and Grafted Bone**. 1998. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Institute for Surgical Sciences, Goteborg University, Goteborg. 1998.

RAYMUNDO, M. M.; GOLDIM, J. R. Aspectos éticos relacionados à pesquisa com animais de experimentação. In: \_\_\_\_\_ **Princípios e Técnicas em Experimentação Animal**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006. Introd. p. 17-21.

RHODEN, C.R. et al. Iniciando o contato com o laboratório e com os animais. In:\_\_\_\_\_. **Princípios e técnicas em experimentação animal**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006. Introd. p 23-28.

ROSS, M.H.; REITH, E.J.; ROMRELL, L.J. Osso. In:\_\_\_\_\_. **Histologia: Texto e Atlas**. 2. ed. São Paulo: Panamericana, 1993. Cap. 8, p. 141-180.

SALAMA, H. et al. Novel fermentation media for production of  $\delta$ -endotoxin from *Bacillus thuringiensis*. **J. Invertebr. Pathol.**, New York, v. 41, p. 8-19, 1983.

SCHOUR, I.; MASSLER, M. The teeth. In: GRIFFITH, J.Q.; FARRIS, E.J., **The rat in laboratory investigation**. Hafber Press, Lippincott Company, Philadelphia, 1949; p.104-165.

SHORE, R.C. et al. Immunohistochemical Investigation of Epidermal Growth Factor Receptor Expression During Periods of Accelerated Rat Incisor Eruption. **Arch. Oral Biol.**, Oxford, v. 37, no. 5, p. 389-393, 1992.

SILVA FILHO, A.P.F. Sedação, analgesia e anestesia geral em ratos. In:\_\_\_\_\_. **Princípios e técnicas em experimentação animal**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006. Introd. p 45-53.

SIM, F.H.; FRASSICA, F.J. Use of Allografts Following Resection of Tumors of the Musculoskeletal System. **Instr. Course Lect**, St. Louis, v.42, p.405-413, 1993.

SINGH, P.; YASHROY, R.C.; HOQUE, M. Augmented Bone-matrix Formation and Osteogenesis Under Magnetic Field Stimulation in vivo XRD, TEM and SEM investigations. **Indian J. Biochem. Biophys.**, New Delhi, v. 43, no. 3, p. 167-172, June 2006.

SIQUEIRA Jr, J.F.; DANTAS, C.J.S. **Mecanismos Celulares e Moleculares da Inflamação**. 1. ed. Rio de Janeiro: MEDSI, 2000. 240p.

SMITH, C. E. Histological and three dimensional organization of the odontogenic organ in the upper incisor of 100gm rats: comparison with the lower incisor. **Am. J. Anat.**, Philadelphia, v. 142, no. 4, p. 431-455, Apr. 1975.

SOARES, I. J.; GOLDBERG, F. **Endodontia: técnica e fundamento**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 376 p.

STEPHAN, E.B.; et al. Anorganic bovine bone supports osteoblastic cell attachment and proliferation. **J. Periodontol.**, Chicago, v.70, no 4, p. 364-369, Apr. 1999.

STEVENSON, S. Biology of Bone Grafts. **Orthop. Clin. North Am.**, Philadelphia, v. 30, n. 4, p. 543-552, Oct. 1999.

TAVERNE, A. A. Reliability of Eruption Rate Measurements of the Rat Incisor. **Aust. Orthod. J.**, Brisbane, v. 12, no. 1, p. 33-36, Mar. 1991.

TEN CATE, A.R. Osso. In:\_\_\_\_\_. **Histologia Bucal: Desenvolvimento, Estrutura e Função**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001a. Cap. 7, p. 101-122.

TEN CATE, A.R. Reparo e Regeneração do Tecido Dentário. In:\_\_\_\_\_. **Histologia Bucal: Desenvolvimento, Estrutura e Função**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001b. Cap. 18, p.379-392.

TENGGU, B. S. et al. Effect of a static magnetic field on orthodontic tooth movement in the rat. **Eur. J. Orthod.**, London, v. 22, no. 5, p. 475-487, Oct. 2000.

TIPPLER, P.A. **Física: para Cientistas e Engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995, 340 p.

TOMFORD, W.W. et al. Bone bank procedures. **Clin. Orthop. Relat. Res.** Philadelphia, v. 174, p. 15-21. 1983;

TURK, Z. Bone Healing and Biochemical Blood Parameters after Artificial Osteotomy of Rabbits'Femur treated by Low-Frequency Magnetic Field. **Wien. Klin. Wochenschr.**, Wien, v. 113, suppl. 3, p. 47-52, 2001.

ULBRICH, L.M. **Avaliação do Efeito de um Campo Magnético Permanente na Cicatrização Óssea em Fêmures de Ratos**. 2003. 96 f. Dissertação (Mestrado em Clínicas Odontológicas-Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-facial)-Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

URIST, M.R. Bone Transplants and Implants. In:\_\_\_\_\_. **Fundamental and Clinical Bone Physiology**. Philadelphia: J.B. Lippincott, 1980. p. 331-368.

URIST, M.R. Practical Applications of Basic Research on Bone Graft Physiology, In: EVANS, B. (ed.): **Instructional Course Lectures, American Academy of Orthopedic Surgeons**, St. Louis: Mosby, 1976. Vol. 25, p.26.

VOLPON J. B.; COSTA R. M. P. Ensaio Mecânico e Uso clínico do enxerto homólogo processado. **Rev. Bras. Ortop.**, São Paulo, v. 35, n. 6, p. 219-224, 2000.

WILSON, P.D. Experience with a bone bank. **Ann. Surg.**, Philadelphia, v. 126, no 6, p. 942-946, 1947.

WHITSON, S.W. Osso. In: TEN CATE, A.R. **Histologia Bucal: desenvolvimento, estrutura e função**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001; p.101–122.

ZASACKI, M.D.W. The Efficacy of Application of Lyophilized, Radiation-Sterilized Bone Graft in Orthopedic Surgery. **Clin. Orthop. Relat. Res.**, Philadelphia, v. 272, p. 82-87, Nov. 1991.

## ANEXO I

### Utilização de Animais em Projetos de Pesquisa

Comissão de Pesquisa e Ética em Saúde/GPPG/HCPA  
Resolução Normativa 04/97

A Comissão de Pesquisa e Ética em Saúde, credenciada junto a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Ministério da Saúde como Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), vinculada ao Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, com o objetivo de estabelecer normas para a utilização de animais em projetos de pesquisa submetidos à apreciação desta Comissão, com base nos princípios e normas internacionalmente aceitas, dispõe que:

- a) a utilização de animais em pesquisas científicas deve ocorrer somente após ser provada a sua relevância para o avanço do conhecimento científico, considerando-se a impossibilidade de utilização de métodos alternativos como: modelos matemáticos; simulações computadorizadas; sistemas biológicos “in vitro” ou outro método adequado;
- b) a espécie utilizada e o cálculo do tamanho da amostra devem ser adequados para a obtenção de resultados válidos;
- c) deve ser oferecido alojamento, transporte, alimentação e cuidados adequados à espécie através de assistência qualificada;
- d) procedimentos que possam causar dor ou angústia devem ser desenvolvidos com sedação, analgesia ou anestesia, salvo quando forem os mesmos o objetivo da pesquisa. Devem ser, igualmente, observados cuidados com assepsia e prevenção de infecções, assim como cuidados para minimizar o desconforto e estresse dos animais em estudo;

- e) necessitando de imobilização física e/ou de privação alimentar ou hídrica, os pesquisadores devem procurar manter estas condições pelo menor período de tempo possível, evitando prolongar a angústia, desconforto e dor;
- f) quando for necessário ao estudo, ou após o mesmo, se indicado, que os animais devam ser sacrificados, este procedimento deve ser realizado de forma rápida, indolor e irreversível;
- g) as técnicas aceitas para o sacrifício de animais são as seguintes: hipóxia por barbitúricos, anestésicos inalatórios, dióxido de carbono e monóxido de carbono (engarrafado), metanesulfonato de triclaína, benzocaína e irradiação por microondas;
- h) as técnicas aceitas, de forma condicional, são as seguintes: hipóxia por deslocamento cervical, por nitrogênio ou argônio, decapitação, concussão cerebral e dano medular;
- i) não serão aceitas, salvo exceções extremamente justificadas, as seguintes técnicas de sacrifício de animais: sangramento, descompressão, congelamento rápido, embolismo gasoso, afogamento, atordoamento, uso isolado de estriquinina, nicotina, sulfato de magnésio, cloreto de potássio, agentes curariformes, clorofórmio e cianeto.

## ANEXO II

Código Estadual de Proteção aos Animais

---

Lei Estadual Nº 11.915

21 de maio de 2003

Rio Grande do Sul

---

Art. 17 - VETADO

TÍTULO II

CAPÍTULO I

Dos Animais de Laboratório

Seção I

Da Vivisseccção

Art. 18 - Considera-se vivisseccção os experimentos realizados com animais vivos em centros de pesquisas.

Art. 19 - Os centros de pesquisas deverão ser devidamente registrados no órgão competente e supervisionados por profissionais de nível superior, nas áreas afins.

Art. 20 - É proibida a prática de vivisseccção sem uso de anestésico, bem como a sua realização em estabelecimentos escolares de ensino fundamental e médio.

Parágrafo único - Os relaxantes musculares parciais ou totais não serão considerados anestésicos.

Art. 21 - Com relação ao experimento de vivissecção é proibido:

I - realizar experiências com fins comerciais, de propaganda armamentista e outros que não sejam de cunho científico humanitário;

II - utilizar animal já submetido a outro experimento ou realizar experiência prolongada com o mesmo animal.

Art. 22 - Nos locais onde está autorizada a vivissecção, deverá constituir-se uma comissão de ética, composta por, no mínimo, 03 (três) membros, sendo:

I - um (01) representante da entidade autorizada;

II - um (01) veterinário ou responsável;

III - um (01) representante da sociedade protetora de animais.

Art. 23 - Compete à comissão de ética fiscalizar:

I - a habilitação e a capacidade do pessoal encarregado de prestar assistência aos animais;

II - verificar se estão sendo adotados os procedimentos para prevenir dor e o sofrimento do animal, tais como aplicação de anestésico ou analgésico;

III - denunciar ao órgão competente qualquer desobediência a esta Lei.

Art. 24 - Todos os centros de pesquisas deverão possuir os recursos humanos e materiais necessários a fim de zelar pela saúde e bem-estar dos animais.



## Seção II

### Das Disposições Finais

Art. 25 - As penalidades e multas referentes às infrações definidas nesta Lei serão estabelecidas pelo Poder Executivo, em espécie.

Art. 26 - O Poder Executivo definirá o órgão estadual encarregado de fiscalizar o cumprimento das disposições desta Lei.

Art. 27 - O Poder Executivo regulamentará esta Lei no prazo de 30 (trinta) dias da data de sua publicação.

Art. 28 - Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 29 - Revogam-se as disposições em contrário.

**PALÁCIO PIRATINI, em Porto Alegre, 21 de maio de 2003.**

**ANEXO III**

Aprovação da Comissão de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da  
Universidade Federal do rio Grande do Sul.

