

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA, NÍVEL MESTRADO  
ACADÊMICO**

**PAULA CABRINI SCHEIBEL**

**CORRELAÇÃO ENTRE A DENSIDADE ÓSSEA ALVEOLAR E A REABSORÇÃO  
RADICULAR APICAL EM PACIENTES ORTODÔNTICOS**

**MARINGÁ  
2010**

**PAULA CABRINI SCHEIBEL**

**CORRELAÇÃO ENTRE A DENSIDADE ÓSSEA ALVEOLAR E A REABSORÇÃO  
RADICULAR APICAL EM PACIENTES ORTODÔNTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, nível Mestrado Acadêmico da Universidade Estadual de Maringá para obtenção do título de mestre em Odontologia Integrada.

Orientador: Prof. Dr. Adilson Luiz Ramos

**MARINGÁ  
2010**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

S318c Scheibel, Paula Cabrini  
Correlação entre a densidade óssea alveolar e a reabsorção radicular apical em pacientes ortodônticos. / Paula Cabrini Scheibel. -- Maringá, 2010.  
96 f. : il. color., figs., tabs., grafs.

Orientador : Prof. Dr. Adilson Luiz Ramos.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, 2010.

1. Movimentação ortodôntica. 2. Densidade óssea alveolar. 3. Reabsorção radicular. 4. Radiografias periapicais. 5. Ortodontia - Movimentação dentária. 6. Radiologia bucal. 7. Fotodensitometria. 8. Densidade mineral óssea. I. Ramos, Adilson Luiz, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

CDD 21.ed. 617.643

## **DEDICO ESTE TRABALHO**

**Aos meus pais, Gilberto e Letícia,**

Sempre presentes, me incentivando, apoiando e ensinando de uma maneira indescritível. A  
vocês meu eterno reconhecimento e admiração.

**Aos meus irmãos, Renata e Guilherme,**

Verdadeiros irmãos, unidos com muito amor e amizade cultivados desde o início das nossas  
vidas.

**Ao meu noivo Rodrigo,**

Por tantos anos fazendo parte da minha vida, com companheirismo, amor, incentivo e alegria.

A você todo meu amor.

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Adilson Luiz Ramos**, meus sinceros agradecimentos, pela sua orientação muito eficiente e dedicada, por toda oportunidade, aprendizado, incentivo, confiança e amizade.

**A toda minha família** pelo grande carinho e inspiração.

## **AGRADECIMENTOS**

**Ao Prof. Dr. Hélio Hissashi Terada e ao Prof. Dr. Julio Araujo Gurgel**, pela leitura criteriosa e por todas as sugestões no exame de qualificação.

**Ao Prof. Dr. Laurindo Zanco Furquim**, por ter disponibilizado o aparelho radiográfico do Centro Educacional Dental Press e ter permitido a participação dos pacientes desta instituição.

**Ao Dr. Cláudio Cordeiro Albino**, por ter cedido o equipamento de densitometria.

**Aos professores do Programa de Pós-Graduação e do Curso de Odontologia**, que tanto contribuíram, com muito carinho e dedicação, para o meu aprendizado e formação.

**Aos professores Wilton Takeshi e Lilian Cristina Vessoni Iwaki**, pela colaboração e conhecimentos transmitidos na área de Radiologia.

**Aos professores do curso de Especialização em Ortodontia da UEM**, pela atenção, orientação e ensinamentos transmitidos.

Adilson Luiz Ramos

Hélio Hissashi Teradae

Laurindo Zanco Furquim

Rosely Suguino

**Aos voluntários** pela participação e disponibilidade.

**Aos colegas de Pós-Graduação**, pelo companheirismo nos momentos difíceis de execução e apresentação de tantos seminários, pela convivência que mesmo muito apressada, sempre muito agradável e divertida.

Francisco Carlos Lazzaro Barbi

Juliana Nunes Botelho

Luciana Manzotti De Marchi

Marlice Azoia Lukiantchuki

Milena Peixoto Nogueira De Sá

Patrícia Tiemi Cawahisa

Robson Iralla Rezende

Thiago Arruda

Wellington Mendes Carvalho

Carina Faleiros

Marilena Pintinha

Guilherme Boselli

Especialmente à **Juliana Nunes Botelho**, pela grande amizade, companheirismo, apoio e convívio desde a graduação.

À **Renata Cabrini Scheibel**, minha querida irmã, pela ajuda na edição das imagens.

**Ao doutorando Marcio Salazar**, pelo auxílio durante a realização do projeto de pesquisa.

Às colegas **Kelly Regina Micheletti e Ariane Ximenes Graciano** pela dedicação e apoio para realização das radiografias.

**Aos funcionários do DOD**, pelo auxílio e atenção durante todos esses anos, especialmente ao Amilton, Elisabete, Arivaldo e Vera pela colaboração no agendamento dos pacientes da pesquisa.

**Aos funcionários da Dental Press**, Fernando e Diego por terem, com muita prontidão, digitalizado todas as radiografias.

**Às secretárias do DOD**, Sônia e Anna, pela atenção e ajuda.

**Às secretárias do Centro Educacional Dental Press**, Rachel e Rosely pela colaboração no agendamento dos pacientes.



## **AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS**

À Universidade Estadual de Maringá, na pessoa do seu Magnífico Reitor Prof. Dr. Décio Sperandio;

Ao Departamento de Odontologia da Universidade Estadual de Maringá, na pessoa da Chefe, Profa. Dra. Mirian Marubayashi Hidalgo;

À Pró-reitoria de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Maringá, na pessoa do Pró-reitor, Prof. Dr. Benedito Prado Dias Filho;

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Odontologia Integrada, na pessoa do Coordenador, Prof. Dr. Adilson Luiz Ramos;

À CAPES, pelo apoio pecuniário.

## ARTIGO 1

# CORRELAÇÃO ENTRE A DENSIDADE ÓSSEA ALVEOLAR E A REABSORÇÃO RADICULAR APICAL APÓS SEIS MESES DE TRATAMENTO ORTODÔNTICO ATIVO

## RESUMO

**Objetivos:** O presente estudo avaliou a correlação entre a densidade mineral óssea alveolar (DMOa) dos incisivos centrais superiores e a reabsorção radicular apical externa (RRE) após seis meses de movimentação ortodôntica. Além disso, comparou-se a RRE entre os diferentes tipos morfológicos radiculares. **Material e métodos:** Cinquenta e seis pacientes ortodônticos (entre 10,6 e 51 anos) foram submetidos ao exame periapical dos incisivos superiores no pré-tratamento (T<sub>1</sub>) e seis meses após (T<sub>2</sub>). Mensurou-se a RRE no intervalo de seis meses, bem como a DMOa da região apical destes dentes por meio da fotodensitometria. As raízes foram tipificadas de acordo com as formas anatômicas. As triangulares, em forma de pipeta, com dilaceração apical e/ou curtas foram classificadas como apresentando tendência à RRE. As raízes com forma romboidal e retangular foram agrupadas como sem tendência à RRE. **Resultados:** Não houve diferença estatisticamente significativa entre a RRE dos grupos de formatos radiculares com e sem tendência a reabsorção ( $p=0,076$ ). Também não foi observada correlação estatisticamente significativa entre a DMOa inicial e a RRE ( $r=-0,042$ ;  $p=0,668$ ). **Conclusão:** A densidade alveolar avaliada pela radiografia periapical e o formato radicular não se apresentaram como fatores de interferência na reabsorção radicular após seis meses de tratamento ortodôntico.

**Palavras-chave:** Movimentação ortodôntica. Densidade óssea alveolar. Reabsorção radicular. Radiografias periapicais.

## ARTIGO 1

### **CORRELATION BETWEEN ALVEOLAR BONE DENSITY AND APICAL ROOT RESORPTION AFTER SIX MONTHS OF ACTIVE ORTHODONTIC TREATMENT**

#### **ABSTRACT**

**Objectives:** The present study evaluated the correlation between alveolar bone mineral density (ABMD) of upper central incisors and the external apical root resorption (ERR) during orthodontic tooth movement. In addition, ERR among the different types of root morphology were compared. **Material and Methods:** Fifty-six orthodontic patients (aged from 10.6 to 51 years) were submitted to periapical exams of upper incisors in pre-treatment (T<sub>1</sub>) and then after six months (T<sub>2</sub>). The ERR in a six-month period for each incisor was measured, as well as the ABMD of apical region of these teeth by photodensitometry. The roots were classified according to their anatomical shapes (triangular, rhomboidal, rectangular, pipette shaped, bent and/or short roots) and the roots that presented any of these variations were classified as presenting tendency to ERR, except the ones with rhomboidal and rectangular shape, which were grouped as without tendency to ERR. **Results:** There was no significant difference between ERR for the group with and without tendency to ERR (p=0.076). Moreover, meaningful statistical correlation between initial ABMD and ERR (r=-0.042, p=0.668) was not observed. **Conclusions:** Neither alveolar bone mineral density evaluated through periapical radiographs nor root morphology were presented as factors involved in external apical root resorption after a six-month period of orthodontic treatment.

**Keywords:** Orthodontic tooth movement. Alveolar bone density. Root resorption. Periapical radiographs.

## ARTIGO 1

### LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Posicionador utilizado para as tomadas periapicais. Nota-se a escala de alumínio fixada perpendicularmente à borda incisal do filme radiográfico.....	38
Figura 2	Radiografia periapical digitalizada. Nota-se a marcação da RDI em forma trapezoidal ao redor do ápice do dente 11, que está sob avaliação da ferramenta histograma do Adobe Photoshop CS2.....	40
Figura 3	Radiografia periapical digitalizada. Nota-se a marcação de uma área retangular na região do segundo degrau da escala de alumínio, que está sob avaliação da ferramenta histograma do Adobe Photoshop S2.....	40
Figura 4	Radiografia ilustrando as mensurações dentárias utilizadas. (A) Distância inciso-apical (comprimento dentário) usada para calcular a reabsorção radicular. (B) Distância do bordo incisal à junção cimento-esmalte (comprimento coronário) usada para correção do encurtamento ou alongamento radiográfico.....	42
Figura 5	Formatos radiculares “com tendência à RRE”. (A) triangular, (B) pipeta, (C) dilacerada, (D) curta (Figura adaptada de Consolaro <sup>1</sup> e de Levander e Malmgren <sup>24</sup> ).....	43
Figura 6	Formatos radiculares “sem tendência à RRE”. (A) romboidal, (B) retangular (Figura adaptada de Consolaro <sup>1</sup> e de Levander e Malmgren <sup>24</sup> ).....	43
Figura 7	Distribuição dos dados para correlação entre a DMOa inicial e a RRE após seis meses.....	46

## ARTIGO 1

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estatística descritiva da amostra estudada (n=56) para os fatores idade, RRE média (mm) e DMOa média dos incisivos centrais superiores ( $\text{g/cm}^2$ ), bem como comparação entre a DMOa inicial ( $T_1$ ) e aos seis meses ( $T_2$ ), mediante o teste de Wilcoxon (p).....	45
Tabela 2	Comparação da RRE média (mm) entre os grupos com e sem tendência a reabsorção radicular, mediante o teste de Mann-Whitney (p).....	46

## ARTIGO 2

### REABSORÇÃO RADICULAR APICAL APÓS SEIS E DOZE MESES DE TRATAMENTO ORTODÔNTICO

#### RESUMO

**Objetivos:** O propósito deste estudo foi avaliar a correlação entre a densidade mineral óssea alveolar (DMOa) e a reabsorção radicular apical externa (RRE) dos incisivos centrais superiores após 12 meses de movimentação ortodôntica. Além disso, testou-se a hipótese de que a RRE aos seis meses de tratamento ortodôntico pode ser um fator de previsão da RRE aos 12 meses. Uma comparação da RRE entre os tipos morfológicos radiculares também foi realizada. **Material e métodos:** Radiografias periapicais dos incisivos superiores foram obtidas no pré-tratamento (T<sub>1</sub>), aos seis meses (T<sub>2</sub>) e aos 12 meses (T<sub>3</sub>) de tratamento ortodôntico, em 35 pacientes (maiores de 10 anos de idade). A DMOa da região apical destes dentes foi obtida por meio da fotodensitometria em escala de alumínio posicionada durante as tomadas radiográficas periapicais. As raízes foram tipificadas segundo o formato radicular. As triangulares, em forma de pipeta, com dilaceração apical e/ou curtas foram classificadas como apresentando tendência à RRE. As raízes com forma romboidal e retangular foram agrupadas como sem tendência à RRE. **Resultados:** Houve correlação significativa entre a RRE aos seis meses com a RRE aos 12 meses ( $r=0,808$ ;  $p<0,0001$ ). Não houve correlação da RRE aos 12 meses com DMOa ( $r=0,074$ ;  $p=0,548$ ), nem com os formatos radiculares. **Conclusão:** A RRE após seis meses iniciais do tratamento ortodôntico compreende um forte fator de previsão da RRE aos 12 meses de tratamento (coef. determinação=70%). Nem os formatos radiculares, nem a densidade alveolar obtida a partir de radiografias periapicais apresentaram-se como fatores envolvidos na previsão de reabsorção radicular decorrente do tratamento ortodôntico.

**Palavras-chave:** Movimentação ortodôntica. Densidade óssea alveolar. Reabsorção radicular. Radiografias periapicais.

## ARTIGO 2

### APICAL ROOT RESORPTION AFTER SIX AND TWELVE MONTHS OF ORTHODONTIC TREATMENT

#### ABSTRACT

**Objectives:** The aim of this study was to evaluate the correlation between alveolar bone mineral density (ABMD) and the external apical root resorption (ERR) of upper central incisors after 12 months of orthodontic tooth movement. Moreover, the hypothesis that ERR at six months of orthodontic treatment could be a predictive factor of ERR at 12 months was tested. A comparison of ERR among the different types of root morphology was also performed. **Material and Methods:** Periapical radiographs of the upper incisors were obtained in pre-treatment (T<sub>1</sub>), at six months (T<sub>2</sub>) and at 12 months of orthodontic treatment (T<sub>3</sub>), in 35 patients (older than 10). ABMD apical region of these teeth were obtained by photodensitometry with an aluminum scale positioned during periapical radiographs exams. The roots were classified according to their anatomical shape. The triangular, pipette shaped, bent and/or short roots ones were classified as presenting tendency to ERR. Roots with rhomboidal and rectangular shape were grouped as without tendency to ERR. **Results:** There was significant correlation between ERR at six months with ERR at 12 months ( $r=0.808$ ;  $p<0.0001$ ). There was no correlation between ERR at 12 months with ABMD ( $r=0.074$ ;  $p=0.548$ ) and with roots shapes. **Conclusions:** ERR after the first six months of orthodontic treatment comprehends a strong factor of prediction for ERR at 12 months of treatment (explained variance=70%). Neither root shape, nor alveolar density obtained by periapical radiographs were presented as factors involved in prediction of root resorption due to orthodontic treatment.

**Keywords:** Orthodontic tooth movement. Alveolar bone density. Root resorption. Periapical radiographs.

## ARTIGO 2

### LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Radiografia periapical digitalizada. Nota-se a marcação do RDI em forma trapezoidal ao redor do ápice do dente 11, que está sob avaliação da ferramenta histograma do Adobe Photoshop CS2.....	62
Figura 2	Radiografia periapical digitalizada. Nota-se a marcação de uma área retangular na região do segundo degrau da escala de alumínio, que está sob avaliação da ferramenta histograma do Adobe Photoshop CS2.....	63
Figura 3	Radiografia ilustrando as mensurações dentárias utilizadas. (A) Distância inciso-apical (comprimento dentário) usada para calcular a reabsorção radicular. (B) Distância do bordo incisal à junção cimento-esmalte (comprimento coronário) usada para correção do encurtamento ou alongamento radiográfico.....	64
Figura 4	Formatos radiculares “com tendência à RRE”. (A) triangular, (B) pipeta, (C) dilacerada, (D) curta (Figura adaptada de Consolaro <sup>1</sup> e de Levander e Malmgren <sup>14</sup> ).....	65
Figura 5	Formatos radiculares “sem tendência à RRE”. (A) romboidal, (B) retangular. (Figura adaptada de Consolaro <sup>1</sup> e de Levander e Malmgren <sup>14</sup> ).....	65
Figura 6	Distribuição dos dados entre a DMOa em T <sub>2</sub> e a RRE após 12 meses.....	69
Figura 7	Distribuição dos dados entre a RRE aos seis e aos 12 meses de tratamento.....	70



## ARTIGO 2

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estatística descritiva da amostra estudada (n=35) para os fatores idade, da RRE T <sub>2</sub> e T <sub>3</sub> (mm) e da DMOa (g/cm <sup>2</sup> ) para os 70 incisivos centrais superiores estudados e comparação entre a DMOa em T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> e T <sub>3</sub> mediante o teste de kruskal-Wallis (p).....	68
Tabela 2	Comparação da RRE T <sub>3</sub> (mm) entre os grupos com e sem tendência a reabsorção radicular, mediante o teste de Mann-Whitney.....	68

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

DXA	Absorciometria Duo-energética por Raios-x ( <i>Dual-energy X-ray Absorptiometry</i> )
OMS	Organização Mundial de Saúde
RDI	Região de Interesse
RRE	Reabsorção Radicular Apical Externa
DMO	Densidade Mineral Óssea
DMOa	Densidade Mineral Óssea Alveolar
CT <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub>	Comprimento Dentário antes do tratamento, após seis e 12 meses de tratamento
DT <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub>	Comprimento Coronário antes do tratamento, após seis e 12 meses de tratamento

## SUMÁRIO

1	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO.....</b>	20
1.1	<b>Densidade Mineral Óssea.....</b>	20
1.1.1	<b>Métodos para avaliar a densidade mineral óssea dos maxilares.....</b>	20
1.1.1.1	Absorciometria Duo-energética por Raios-x (Dual-energy X-ray Absorptiometry) DXA.....	20
1.1.1.2	Tomografia Computadorizada.....	21
1.1.1.3	Fotodensitometria por radiografias intrabucais.....	21
1.2	<b>Reabsorção radicular apical externa (RRE) e o tratamento ortodôntico.....</b>	22
1.3	<b>Os genes e a reabsorção óssea e dentária radicular ortodôntica.....</b>	24
1.4	<b>Densidade óssea, movimentação ortodôntica e reabsorção radicular.....</b>	25
2	<b>OBJETIVO.....</b>	26
2.1	<b>Objetivo Geral.....</b>	26
2.2	<b>Objetivos Específicos.....</b>	26
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	27
	 <b>ARTIGO 1– Correlação entre a densidade óssea alveolar e a reabsorção radicular apical após seis meses de tratamento ortodôntico ativo.....</b>	34
	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	36
	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	37
	<b>Análises Radiográficas.....</b>	39
	Densitometria óssea alveolar.....	39
	Mensuração da reabsorção radicular apical.....	41
	Determinação do tipo morfológico radicular.....	42
	<b>Análise Estatística.....</b>	44
	<b>RESULTADOS.....</b>	44
	<b>DISCUSSÃO.....</b>	47
	<b>CONCLUSÃO.....</b>	51
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	52

<b>ARTIGO 2– Reabsorção radicular apical após seis e doze meses de tratamento ortodôntico.....</b>	<b>57</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>59</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>60</b>
<b>Análises Radiográficas.....</b>	<b>61</b>
Densitometria óssea alveolar.....	61
Mensuração da reabsorção radicular apical.....	63
Determinação do tipo morfológico radicular.....	64
<b>Análise Estatística.....</b>	<b>66</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>67</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>70</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>93</b>

# 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

## 1.1 Densidade Mineral Óssea

Na Odontologia considera-se a necessidade de reflexão sobre a morfologia dos ossos faciais e a definição de valores de densidade óssea. Estudos densitométricos têm sido realizados com aplicabilidade em Ortodontia (ASHCRAFT et al. 2007; BRIDGES, 1988; GOLDIE e KING, 1984; HASHIMOTO et al. 2001; HORIUCHI et al., 1998; MIDGETT et al., 1981; VERNA et al. 2000), Implantodontia (CHOEL et al., 2003; DEVLIN et al., 1998; LINDH et al., 1996; OLIVEIRA et al., 2008; OTIS et al., 2004; VERHOVEN et al., 2000) e Periodontia (MIYAUCHI, 2004; JAGELAVICIENE e KUBILUS, 2006; TANAKA et al., 2002; WACTAWSKI-WENDE et al., 1996). Indivíduos adultos saudáveis ou com alterações sistêmicas, como a osteoporose (ainda que sob terapia medicamentosa), são alvos principais destas pesquisas, visto que estes têm buscado cada vez mais tratamento odontológico nas diversas áreas. Diante disto, particularmente para comunidade ortodôntica, aumentou também a preocupação com relação às prováveis diferenças biológicas em resposta à movimentação ortodôntica, como velocidade do deslocamento dentário e reabsorção radicular apical externa.

### 1.1.1 Métodos para avaliar a densidade mineral óssea dos maxilares

#### 1.1.1.1 Absorciometria Duo-energética por Raios-x (Dual-energy X-ray Absorptiometry)

##### DXA

A DXA é o exame Padrão Ouro para acessar a DMO (quantidade de cálcio hidroxiapatita em  $\text{g/cm}^2$ ) da coluna lombar (L1-L4), fêmur e ocasionalmente o rádio, exercendo um papel fundamental no diagnóstico e decisões sobre o tratamento para prevenção de fraturas (CUMMINGS et al., 2002). Para monitoração da DMO, a região de interesse do fêmur é o fêmur total, seguida do colo femural. O rádio deve ser medido quando a coluna e/ou o fêmur não puderam ser interpretados, em casos de hiperparatireoidismo, em pacientes muito obesos.

Este exame pode ser usado para acessar a DMO de qualquer região do esqueleto, entretanto apenas as regiões citadas acima possuem valores de referência da Organização Mundial de Saúde (OMS) (Sociedade Brasileira de Densitometria Clínica, 2009).

A Absorciometria Duo-energética foi utilizada pela primeira vez para acessar a DMO mandibular por von Wowem et al. (1985). Desde então, vários investigadores vem utilizando a DXA para obter a DMO dos ossos maxilares (CORTEN et al., 1993; CHOËL, 2003; DEVLIN et al., 1998; HORNER e DEVLIN, 1998 a,b; HORNER et al., 1996; SCHEIBEL et al., 2009).

Num trabalho prévio, a DXA foi utilizada para identificar se havia correlação entre a densidade maxilomandibular e demais áreas de referência (SCHEIBEL et al., 2009). Observou-se que a região maxilomandibular não se correlacionou com as áreas de referência da OMS, sugerindo que se devesse buscar um exame local.

#### **1.1.1.2 Tomografia Computadorizada**

A tomografia computadorizada também vem sendo utilizada para determinar a DMO dos ossos faciais expressa em Hounsfield units (HU), quantidade de cálcio hidroxiapatita em miligramas por centímetro cúbico ( $\text{mg}/\text{cm}^3$ ) (CELENK e CELENK, 2008; KLEMETTI et al., 1993; LINDH, 2004; OLIVEIRA et al., 2008; VIECILLI et al., 2009b), compreendendo um método que pode acessar separadamente as regiões de osso trabecular e cortical (SOUTHARD et al., 2000). Sob esta ótica, o exame tomográfico volumétrico (*cone beam*), por minimizar a quantidade de radiação que o paciente se submete, encoraja novas abordagens e estudos.

#### **1.1.1.3 Fotodensitometria por radiografias intrabucais**

A avaliação da densidade do processo alveolar em pacientes não edêntulos é limitada anatomicamente ao pequeno espaço na região inter-radicular, dificultando o uso da DXA (SCHEIBEL et al., 2009; SOUTHARD et al., 2000). Além disso, as alterações locais na densidade óssea no curto prazo, como naquelas encontradas durante o tratamento ortodôntico, podem não ser detectáveis por esta técnica (OTT et al., 1991).

Devido a estes fatores, bem como pelo baixo custo e boa resolução, muitos estudos

buscam acessar a densidade dos ossos maxilares utilizando as radiografias intrabucais. As imagens radiográficas são digitalizadas e calibradas (correção da exposição aos raios x e do processamento) com auxílio de um software específico. Por estas imagens estarem relacionadas a um penetrômetro de alumínio (JONASSON e KILIARIDIS, 2004; JONASSON et al., 2001 e 2006; MIYAUCHI, 2004; SOUTHARD et al., 2000; WATANABE, et al., 2008) ou de cobre (LEE e WHITE, 2005), a densidade pode ser obtida em “níveis de cinza”, em “milímetros equivalente de Alumínio” (mm Al. eq.) ou em “milímetros equivalente de Cobre”, caracterizando a fotodensitometria.

Além da densidade óssea, por meio das radiografias intra e extrabucais, os estudos buscam mensurar outros aspectos estruturais que julgam ser úteis, seja para Ortodontia, Implantodontia, Periodontia ou diagnóstico em osteoporose (Apênce A).

## **1.2 Reabsorção radicular apical externa (RRE) e o tratamento ortodôntico**

A reabsorção radicular apical externa (RRE) é uma seqüela comum associada ao tratamento ortodôntico. Consolaro (2005) afirma que as reabsorções dentárias relacionadas com a movimentação dentária induzida fazem parte do custo biológico do tratamento ortodôntico, mas não devem ser consideradas normais ou fisiológicas e sim, clinicamente aceitáveis para o nível de conhecimento atual.

Diversos trabalhos (WAINWRIGHT, 1973; CHOY et al., 2000; SAMESHIMA e SINCLAIR, 2001) revelaram que o mais importante é a distribuição da força ao longo da raiz dentária e da estrutura óssea vizinha, e não a magnitude absoluta da força aplicada. A distribuição de força por área do ligamento periodontal sofre influência do tipo de movimento dentário, da morfologia da crista óssea alveolar e da morfologia da raiz, sendo observada a maior concentração de força nos movimentos de intrusão e de inclinação descontrolada (CONSOLARO, 2005).

Smale et al. (2005), em estudo envolvendo 290 pacientes ortodônticos avaliados ao sexto mês de tratamento, revelaram que embora a presença de particulares formas radiculares (dilaceradas, longas e estreitas) e fatores relacionados à mecânica ortodôntica, como a extensão deslocamento dentário sejam identificados como fatores risco para RRE, estes explicaram a ocorrência da RRE em menos de 14% e 20% para os incisivos centrais e laterais superiores respectivamente. Em relação a este achado, os autores sugerem a presença de parâmetros relacionados à predisposição individual.

Felizmente, na maioria dos casos a reabsorção radicular será mínima e, portanto sem importância clínica. Entretanto, moderada a severa reabsorção radicular tem sido relatada com frequência de 10-20% (LEVANDER e MALMGREN, 1988). Extrema reabsorção radicular (mais que um terço do comprimento radicular original) é muito rara (LEVANDER et al., 1994). Segundo Lupi (1996), a reabsorção radicular tem sido relatada em sujeitos não tratados ortodonticamente. Um total de 7% a 10% dos indivíduos que não foram submetidos ao tratamento ortodôntico apresentam 1 a 3 mm de reabsorção apical em radiografias (HARRIS et al., 1993).

A radiografia periapical é a mais indicada para o diagnóstico das reabsorções dentárias, e suas análises perante o tratamento por programas de tratamento de imagem podem auxiliar muito o diagnóstico preciso em estágios mais iniciais, pois além de aumentar o tamanho, melhoram determinadas qualidades das imagens radiográficas e permitem visualização de fenômenos menores e mais incipientes (CONSOLARO, 2005).

Balducci et al. (2007) citaram o desafio de desenvolver um *screen test* baseado em marcadores biológicos que pudessem ser utilizados facilmente e de forma não invasiva por ortodontistas para detectar precocemente a reabsorção radicular e monitorar este processo. Os autores avaliaram o fluido crevicular gengival de pacientes ortodônticos e revelaram que a concentração de PP (*dentin phosphophoryn*) e DSP (*dentin sialoprotein*) no grupo de reabsorção radicular severa foi estatisticamente maior que no grupo de reabsorção radicular mediana. Com isso, os autores sugeriram que estas proteínas da matriz celular (PP e DSP) poderiam ser marcadores biológicos adequados para o monitoramento da reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico.

Embora a reabsorção apical radicular externa possa ocorrer em qualquer ou todos os dentes, mais comumente envolve os incisivos superiores (APAJALAHTI e PELTOLA, 2007; ÅRTUN et al., 2005; KALEY e PHILLIPS, 1991; SEGAL et al., 2004; HARRIS, 2000; SAMESHIMA e SINCLAIR, 2001; SMALE et al., 2005), portanto a maioria dos estudos tem enfocado este grupo dentário (APAJALAHTI e PELTOLA, 2007; KUROL et al., 1996).

Tem sido mostrado que reabsorção radicular dos incisivos superiores, observada do sexto ao nono mês do início do tratamento com aparelhos fixos, resulta em maior risco de continuidade do processo de reabsorção durante o tratamento subsequente (LEVANDER e MALMGREN, 1988; SMALE et al., 2005; ÅRTUN et al., 2005; ÅRTUN et al., 2009). Portanto, é necessária uma avaliação radiográfica periapical de todos os dentes durante o planejamento do caso e após seis meses novo exame periapical para avaliar se houve ou não reabsorções significantes (CONSOLARO, 2005; LEVANDER e MALMGREN, 1988, 2000;



LEVANDER et al., 1994; PIZZO, 2007).

### 1.3 Os genes e a reabsorção óssea e dentária radicular ortodôntica

Pesquisas foram realizadas com objetivo de identificar possíveis genes candidatos (TNFRSF1A e IL-1B) determinantes da reabsorção dentária em conjunto com os fatores ambientais, terapêutica biomecânica e presença de hábitos (AL-QAWASMI et al., 2003a,b). Em 2004, Hartsfield Jr. et al. apresentaram a hipótese de que a produção diminuída da interleucina-1 (IL-1beta (+3953) alelo 1) pode resultar em osso cortical menos catabólico na sua interface com o ligamento periodontal, o que pode resultar em concentração de estresse prolongado na raiz dentária, levando a uma cascata de eventos de fadiga ocasionando reabsorção radicular.

Recentemente, foram identificados receptores e marcadores específicos de cementoblastos, como as proteínas CP-23 (*Cementum Protein-23*) e CAP (*Cementum Attachment Protein*) (ARZATE et al., 1992; KÉMOUN et al., 2007a,b). Neste sentido, Consolaro e Consolaro (2009) ressaltam que ambas as proteínas são codificadas por genes e sua identificação implicará em compreensão mais clara da síntese do cimento e dos mecanismos de organização e funcionamento dos cementoblastos como protetores da integridade radicular durante a movimentação ortodôntica.

Além disso, Viecilli et al. (2009a,b) revelaram a presença do receptor P2X7 nas áreas do ligamento periodontal submetidas ao estresse por forças ortodônticas. Este receptor exerce um papel crucial na biologia óssea e inflamação e com principal função de promover o metabolismo do tecido necrótico garantindo a resposta aguda inflamatória. No estudo de Viecilli et al. (2009b), a mecânica ortodôntica em ratos com o receptor P2X7 e sem o mesmo (P2X7 KO *Knockout*) foi escalonada para produzir diferentes níveis de estresse humanos típicos por uma análise de elemento finito. Os eventos de reabsorção radicular externa, modelação e remodelação óssea foram analisadas com marcadores fluorescentes. Os resultados demonstraram existir uma relação direta entre certas magnitudes de estresse, reabsorção radicular e formação óssea. A hialinização e reabsorção radicular e óssea apresentaram-se diferentes entre os dois tipos de ratos quanto à presença do receptor P2X7. Os autores concluíram que o receptor P2X7 pode ter uma importância significativa na mecanotransdução durante a aplicação da força ortodôntica. Entretanto, Viecilli et al. (2009a) ao investigarem o efeito do receptor P2X7 na morfologia óssea alveolar, como a densidade

mineral óssea, bem como na morfologia radicular, não encontraram diferenças nas características dentoalveolares entre ratos P2X7 KO (*Knockout*) e C57B/6 WT (*background strain*). O estudo ainda confirmou achados prévios de que as características ósseas são muito específicas para cada sítio (LINDH et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2008; SCHEIBEL et al., 2009; SCHEIBEL e RAMOS, 2009) e que modelos biomecânicos de tecidos mineralizados deveriam ser desenvolvidos baseados em análises locais, ao invés de extrapolá-las para todo o esqueleto.

Conforme Consolaro e Consolaro (2009), a cada descoberta de genes de mediadores e receptores envolvidos na reabsorção óssea e dentária radicular, reforça-se que a reabsorção radicular na movimentação ortodôntica decorre dos procedimentos mecânicos sobre os tecidos, pois esses induzem estresse e inflamação, cujos mediadores ativam os mecanismos genéticos para que ela ocorra, sem que isso caracterize o processo como hereditário.

#### **1.4 Densidade óssea, movimentação ortodôntica e reabsorção radicular**

Poucos estudos foram realizados para investigar a provável influência da densidade óssea dos maxilares na reabsorção dentária frente ao movimento ortodôntico. Kaley e Phillips (1991) e Horiuchi et al. (1998) observaram que a movimentação dentária contra uma área de maior densidade óssea, por exemplo, a cortical óssea, relaciona-se a maior reabsorção dentária. Goldie e King (1984) encontraram que a baixa densidade mineral óssea (DMO) em ratos, induzida pela lactação e deficiência de cálcio (aumento da secreção de paratormônio), promoveu menor reabsorção radicular frente ao movimento ortodôntico quando comparado ao grupo controle. No entanto, o estudo de Otis et al. (2004) não encontraram que a densidade óssea alveolar em torno das raízes apresentou efeito significativo na quantidade de reabsorção radicular.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Por estarem vinculados diretamente ao metabolismo ósseo, os diferentes níveis de densidade óssea são particularmente instigantes à ciência ortodôntica. A morfologia do osso alveolar pode influenciar a movimentação dentária induzida quanto ao tempo de deslocamento e em relação ao índice de reabsorção dentária durante o tratamento ortodôntico (CONSOLARO, 2005). Entretanto, a literatura carece de publicações conclusivas que avaliem variações da densidade óssea alveolar e sua eventual influência no tratamento ortodôntico. Este fato motivou o desenvolvimento de um projeto de pesquisa que inclui o presente trabalho.

O presente estudo teve como objetivo testar a hipótese que a DMOa (densidade mineral óssea alveolar) aumentada é um fator individual associado à predisposição a RRE durante a movimentação ortodôntica. Também foi testada a hipótese de que os casos que apresentam maior reabsorção apical aos seis meses apresentarão maior reabsorção radicular aos 12 meses de tratamento ortodôntico.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar a correlação entre a RRE dos incisivos centrais superiores aos seis e aos 12 meses de tratamento ortodôntico com a correspondente DMOa .
- Avaliar a correlação entre a RRE nos seis meses iniciais com a RRE aos 12 meses de tratamento ortodôntico.
- Comparar os níveis de RRE entre os diferentes tipos morfológicos radiculares.
- Verificar a variação da DMOa no período de seis e 12 meses de tratamento.

## REFERÊNCIAS

- AL-QAWASMI, R. A. et al. Genetic Predisposition to External Apical Root Resorption in Orthodontic Patients: Linkage of Chromosome-18 Marker. **J Dent Res.**, v. 82, no. 5, p. 356-360, 2003a.
- AL-QAWASMI, R. A. et al. Genetic predisposition to external apical root resorption. . **Am J Orthod Dentofacial Orthop.**, v. 123, no. 3, p. 242-25, 2003b.
- APAJALAHTI, S.; PELTOLA, J. S. Apical root resorption after orthodontic treatment — a retrospective study. **Eur J Orthod.**, v. 29, p. 408-412, July. 2007.
- ÅRTUN, J. et al. Apical Root Resorption Six and 12 Months After Initiation of Fixed Orthodontic Appliance Therapy. **Angle Orthod.**, v. 75, no. 6, p. 919-926, 2005.
- ÅRTUN, J. et al. Identification of orthodontic patients at risk of severe apical root resorption. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.**, v. 135, no. 4, p. 448-455, 2009.
- ARZATE, H. et al. Production of a monoclonal antibody to an attachment protein derived from human cementum. **FASEB J.**, Bethesda, v. 6, p. 2990-2995, 1992.
- ASHCRAFT, M. B.; SOUTHARD, K. A.; TOLLEY, E. A. The effect of corticosteroid induced osteoporosis on orthodontic tooth movement. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, St Louis, v.102, no. 4, p. 310-319, Oct. 1992.
- BALDUCCI, L. et al. Biological markers for evaluation of root resorption. **Archives of Oral Biology.**, v. 52, p. 203-208, 2007.
- BRIDGES, T.; KING, G.; MOHAMED, A. The effect of age on tooth movement and mineral density in the alveolar tissues of the rat. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, v. 93, no. 3, p. 245-250, Mar. 1988.
- CONSOLARO, A. **Reabsorções dentárias nas especialidades clínicas**. 2. ed. Maringá: Dental Press, 2005.
- CONSOLARO, A; CONSOLARO, M. F. M-O. Controvérsias. A reabsorção radicular é genética, mas não hereditária! **R Clím Ortodon Dental Press.**, Maringá, v. 8, n. 3, p. 105-109, jun/jul. 2009.

CELENK, C.; CELENK, P. Relationship of mandibular and cervical vertebral bone density using computed tomography. **Dentomaxillofac Radiol.**, v. 37, p. 47-51, 2008.

CHOËL, L. et al. Trabecular alveolar bone in the human mandible: a dual-energy x-ray absorptiometry study. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 95, no. 3, p. 364-370, Mar. 2003.

CHOY, K.; PAE, E. K.; PARK, Y.; KIM, K. H., BUSTONE, C. Effect of root and bone morphology on the stress distribution in the periodontal ligament. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, St. Louis, v. 117, no. 1, p. 98-105, Jan. 2000.

CORTEN, F. G. et al. Measurement of mandibular bone density ex vivo and in vivo by dual-energy X-ray absorptiometry. **Arch Oral Biol.**, v. 38, no. 3, p. 215-219, Mar. 1993.

CUMMINGS, S. R.; BATES, D.; BLACK, D. M. Clinical Use of Bone Densitometry: Scientific Review. **JAMA.**, v. 288, no. 15, p. 1889-1897, Oct. 2002. Disponível em: <<http://www.jama.com>> Acesso em: 18 mar. 2009.

DEVLIN, H.; HORNER, K.; LEDGERTON, D. A comparison of maxillary and mandibular bone mineral densities. **J Prosthet Dent.**, v. 79, no. 3, p. 323-327, 1998.

FAZZALARI, N. L.; PARKINSON, I. H. Fractal properties of cancellous bone of the iliac crest in vertebral crush fracture. **Bone**, v. 23, no.1, p. 53-57, 1998.

GARCIA, R. S.; SOUZA, A. C. A. Análise quantitativa de sítios mandibulares e sua correlação com valores densitométricos e ultra-sonométricos de estruturas ósseas axiais e periféricas em mulheres pré-menopáusicas. **Rev Odonto Cienc.**, v.14, n. 27, p. 289-327, jun. 1999.

GOLDIE, R. S.; KING, G. J. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient, and lactating rats. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, v. 85, no. 5, p. 424-430, May 1984.

HARRIS, E. F. Root Resorption During Orthodontic Therapy. **Seminars in Orthodontics.**, v. 6, no. 3, p. 183-194, Sep. 2000.

HARRIS, E. F.; HASSANKIADEH, S.; HARRIS, J. T. Maxillary incisor crown-root relationships in different angle malocclusions. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, v. 103, no. 1, p. 48-53, Jan. 1993.

HARTSFIELD JR, J. K.; EVERETT, E. T.; AL-QAWASMI, R. A. Genetic factors in external apical root resorption and orthodontic treatment. **Crit Rev Oral Biol Med.**, v. 15, no. 2, p. 115-122, 2004.

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

HORIUCHI, A.; HOTOKEZAKA, H.; KOBAYASHI, K. Correlation between cortical plate proximity and apical root resorption. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, v. 114, no. 3, p. 311-8, Sep. 1998.

HORNER, K.; DEVLIN, H. The relationships between two indices of mandibular bone quality and bone mineral density measured by dual energy x-ray absorptiometry. **Dentomaxillofac Radiol.**, v. 27, no. 1, p. 17-21, 1998a.

HORNER, K.; DEVLIN, H. The relationship between mandibular bone mineral density and panoramic radiographic measurements. **J Dent.**, v. 26, no. 4, p. 337-343, 1998b.

HORNER, K. et al. Mandibular bone mineral density as a predictor of skeletal osteoporosis. **Br J Radiol.**, v. 69, no. 827, p.1019-1025, 1996.

JAGELAVICIENE, E.; KUBILIUS, R. The relationship between general osteoporosis of the organism and periodontal diseases. **Medicina (Kaunas)**, v. 42, no. 8, p. 613-618, 2006. Disponível em: <<http://medicina.kmu.lt>>. Acesso em: 27 fev. 2009.

JONASSON, G.; BANKVALL, G.; KILIARIDIS, S. Estimation of skeletal bone mineral density by means of the trabecular pattern of the alveolar bone, its interdental thickness, and the bone mass of the mandible. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v. 92, p. 346-52, 2001.

JONASSON, G.; KILIARIDIS, S. The association between the masseter muscle, the mandibular alveolar bone mass and thickness in dentate women. **Arch Oral Biol.**, v. 49, no. 12, p. 1001-1006, Dez. 2004.

JONASSON, G.; JONASSON, L.; KILIARIDIS, S. Changes in radiographic characteristics of the mandibular alveolar process in dentate women with varying bone mineral density: A 5-year prospective study. **Bone**, v. 38, p. 714-721, 2006.

KALEY, J.; PHILLIPS, C. Factors related to root resorption in edgewise practice. **Angle Orthod.**, v. 61, no. 2, p. 125-132, 1991.

KÉMOUN, P. et al. Human dental follicle cells acquire cementoblast features under stimulation by BMP-2/-7 and enamel matrix derivatives (EMD) in vitro. **Cell Tissue Res.**, Berlin, v. 329, p. 283–294, 2007a.

KÉMOUN, P. et al. Localization of STRO-1, BMP-2/-3/-7, BMP receptors and phosphorylated Smad-1 during the formation of mouse periodontium. **Tissue Cell.**, v. 39, p. 257–266, 2007b.

KLEMETTI, E. et al. Cortical bone mineral density in the mandible and osteoporosis status in postmenopausal women. **Scand J Dent Res.**, Copenhagen, v. 101, no. 4, p. 219-223, Aug. 1993.

KUROL, J.; OWMAN-MOLL, P.; LUNDGREN, D. Time-related root resorption after application of a controlled continuous orthodontic force. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, v. 110, p. 303-310, 1996.

LEE, B. D.; WHITE, S. C. Age and trabecular features of alveolar bone associated with osteoporosis. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v. 100, no. 1, p. 92-98, Jul. 2005.

LEVANDER, E.; MALMGREN, O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: A study of upper incisors. **Eur J Orthod.**, v. 10, no. 1, p. 30-38, 1988.

LEVANDER, E.; MALMGREN, O.; ELIASSON, S. Evaluation of root resorption in relation to two orthodontic treatment regimes. A clinical experimental study. **Eur J Orthod.**, v. 16, no. 3, p. 223-228, 1994.

LUPI, J. E.; HANDELMAN, C. S.; SADOWSKY, C. Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, v. 109, p. 28-37, 1996.

LINDH, C.; PETERSSON, A.; ROHLIN, M. Assessment of the trabecular pattern before endosseous implant treatment: Diagnostic outcome of periapical radiography in the mandible. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v. 82, no. 3, p. 335-343, Sept. 1996.

LINDH, C.; OBRANT, K.; PETERSSON, A. Maxillary bone mineral density and its relationship to the bone mineral density of the lumbar spine and hip. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v. 98, no. 1, p.102-9, Jul. 2004.

LINDH, C. et al. The use of visual assessment of dental radiographs for identifying women at risk of having osteoporosis: the OSTEODENT project. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v. 106, p. 285-293, 2008.

MIDGETT, R. J.; SHAYE, R.; FRUGE, J. F. The effect of altered bone metabolism on orthodontic tooth movement. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, St. Louis, v. 80, no. 3, p. 256-262, Sept. 1981.

MIYAUCHI, F. M. **Densidade óssea alveolar em mulheres com periodontite na pré- e pós-menopausa.** 2004. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br>>. Acesso em: 27 fev. 2009.

NACKAERTS, O. et al. Is there a relation between local bone quality as assessed on panoramic radiographs and alveolar bone level? **Clin Oral Invest.**, v. 12, p. 31-35, 2008.

OLIVEIRA, R. C. G. et al. Assessments of trabecular bone density at implant sites on CT images. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v. 105, no. 2, p. 231-238, 2008.

OTIS, L. L.; HONG, J. S. H.; TUNCAY. Bone structure effect on root resorption. **Orthod Craniofacial Res.**, v. 7, p. 165-177, 2004.

OTT, H. R. et al. Influence of boron impurities on the superconducting phase transition of U<sub>1-x</sub>Th<sub>x</sub>Be<sub>13</sub>. **Phys Rev B Condensed Matter**, v.44, no.13, p. 7081-7084, Oct. 1991.

PIZZO, G. et al. Root resorption and orthodontic treatment\_Review of the literature. **Minerva Stomatol.**, v.56, p. 31-44, 2007.

SAMESHIMA, G. T.; SINCLAIR, P. M. Predicting and preventing root resorption: Part I. Treatment factors. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.**, v. 119, no. 5, p. 505-510, 2001.

SCHEIBEL, P. C. et al. Correlação entre a densidade óssea mandibular, femural, lombar e cervical. **R Dental Press Ortod Ortop Facial**, v. 14, n. 4, p. 111-122, jul./ago. 2009.

SCHEIBEL, P. C.; RAMOS, A. L. Correlation between alveolar and systemic bone density. 2009. Artigo submetido à revista **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, 2009.



SEGAL, G. R.; SCHIFFMAN, P. H.; TUNCAY, O. C. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. **Orthod Craniofac Res**, v. 7, p. 71-78, 2004.

SMALE, I. et al. Apical root resorption 6 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, v. 128, no. 1, p. 57-67, Jul. 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DENSITOMETRIA CLÍNICA. Posições Oficiais 2006. Editorial. p. 1-9, maio, 2006. Disponível em: <[http://www.sbdens.org.br/sbdens/pdf\\_posicoes\\_oficiais/2\\_18.pdf](http://www.sbdens.org.br/sbdens/pdf_posicoes_oficiais/2_18.pdf)> Acesso em: 24 ago. 2009.

SOUTHARD, K. A. et al. The relationship between the density of the alveolar processes and that of post-cranial bone. **J Dent Res.**, v. 79, p. 964-969, 2000. Disponível em: <<http://jdr.sagepub.com/cgi/content/abstract/79/4/964>>. Acesso em: 27 fev. 2009.

TANAKA, M. et al. Effects of ovariectomy on trabecular structures of rat alveolar bone. **J Periodont Res.**, v. 37, p. 161-165, 2002.

VERHOEVEN, J. W. et al. Oblique lateral cephalometric radiographs of the mandible in implantology: usefulness and reproducibility of the technique in quantitative densitometric measurements of the mandible in vivo. **Clin Oral Implants Res.**, v. 11, no. 5, p. 476-486, Oct. 2000.

VERNA, C.; DALSTRA, M.; MELSEN, B. The rate and the type of orthodontic tooth movement is influenced by bone turnover in a rat model. **Eur J Orthod.**, v. 22, p. 343-352, 2000. Disponível em: <<http://ejo.oxfordjournals.org>>. Acesso em: 21 fev. 2008.

VIECILLI, R. F. et al. Comparison of Dentoalveolar Morphology in WT and P2X7R KO Mice for the Development of Biomechanical Orthodontic Models. **Anat Rec.**, v. 292, no. 2, p. 292-298, Feb. 2009a.

VIECILLI, R. F. et al. Orthodontic mechanotransduction and the role of the P2X7 receptor. Pardue: Pardue School of Engineering and Technology, Department of Mechanical Engineering, Spring 2009b. Seminars Series.

WACTAWSKI-WENDE, J. et al. The role of osteopenia in oral bone loss and periodontal disease. **J Periodontol.**, v. 67, suppl. 10, p. 1076-84, Oct. 1996.

WAINWRIGHT, W. M. Facial lingual tooth movement: Its influence on the root and cortical plate. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, v. 64, no. 3, p. 278-302, 1973.

WATANABE, K. et al. Effects of Restricted Calcium Intake on Bone and Maxillofacial Growth Bone Mineral Content and Cephalometry. **Angle Orthod.**, v. 78, no. 3, p. 445-452, 2008.

YAŞAR, F.; AKGÜNLÜ, F. The differences in panoramic mandibular indices and fractal dimension between patients with and without spinal osteoporosis. **Dentomaxillofac Radiol.**, v. 35, p.1-9, 2006. Disponível em: <<http://dmfr.birjournals.org>>. Acesso em: 21 fev. 2008.

## **Correlação entre a densidade óssea alveolar e a reabsorção radicular apical após seis meses de tratamento ortodôntico**

**Objetivos:** O presente estudo avaliou a correlação entre a densidade mineral óssea alveolar (DMOa) dos incisivos centrais superiores e a reabsorção radicular apical externa (RRE) após seis meses de movimentação ortodôntica. Além disso, comparou-se a RRE entre os diferentes tipos morfológicos radiculares. **Material e métodos:** Cinquenta e seis pacientes ortodônticos (entre 10,6 e 51 anos) foram submetidos ao exame periapical dos incisivos superiores no pré-tratamento (T<sub>1</sub>) e seis meses após (T<sub>2</sub>). Mensurou-se a RRE no intervalo de seis meses, bem como a DMOa da região apical destes dentes por meio da fotodensitometria. As raízes foram tipificadas de acordo com as formas anatômicas. As triangulares, em forma de pipeta, com dilaceração apical e/ou curtas foram classificadas como apresentando tendência à RRE. As raízes com forma romboidal e retangular foram agrupadas como sem tendência à RRE. **Resultados:** Não houve diferença estatisticamente significativa entre a RRE dos grupos de formatos radiculares com e sem tendência a reabsorção ( $p=0,076$ ). Também não foi observada correlação estatisticamente significativa entre a DMOa inicial e a RRE ( $r=-0,042$ ;  $p=0,668$ ). **Conclusão:** A densidade alveolar avaliada pela radiografia periapical e o formato radicular não se apresentaram como fatores de interferência na reabsorção radicular após seis meses de tratamento ortodôntico.

**Palavras-chave:** Movimentação ortodôntica. Densidade óssea alveolar. Reabsorção radicular. Radiografias periapicais.

## **Correlation between alveolar bone density and apical root resorption after six months of active orthodontic treatment**

**Objectives:** The present study evaluated the correlation between alveolar bone mineral density (ABMD) of upper central incisors and the external apical root resorption (ERR) during orthodontic tooth movement. In addition, ERR among the different types of root morphology were compared. **Material and Methods:** Fifty-six orthodontic patients (aged from 10.6 to 51 years) were submitted to periapical exams of upper incisors in pre-treatment ( $T_1$ ) and then after six months ( $T_2$ ). The ERR in a six-month period for each incisor was measured, as well as the ABMD of apical region of these teeth by photodensitometry. The roots were classified according to their anatomical shapes (triangular, rhomboidal, rectangular, pipette shaped, bent and/or short roots) and the roots that presented any of these variations were classified as presenting tendency to ERR, except the ones with rhomboidal and rectangular shape, which were grouped as without tendency to ERR. **Results:** There was no significant difference between ERR for the group with and without tendency to ERR ( $p=0.076$ ). Moreover, meaningful statistical correlation between initial ABMD and ERR ( $r=-0.042$ ,  $p=0.668$ ) was not observed. **Conclusions:** Neither alveolar bone mineral density evaluated through periapical radiographs nor root morphology were presented as factors involved in external apical root resorption after a six-month period of orthodontic treatment.

**Keywords:** Orthodontic tooth movement. Alveolar bone density. Root resorption. Periapical radiographs.

## INTRODUÇÃO

Ainda não há um consenso sobre as causas da reabsorção radicular decorrente do tratamento ortodôntico, mas sugere-se que esta pode ser induzida por muitas causas e influenciada por numerosos fatores como a morfologia radicular,<sup>1-5</sup> morfologia e densidade do osso alveolar,<sup>1,6,7</sup> proporção coroa-raiz, aspectos da mecânica ortodôntica como a frequência, extensão e magnitude da força aplicada, bem como o tipo do movimento dentário.<sup>1,3,8</sup> Traumatismos e hábitos<sup>1,9</sup> e fatores genéticos, como a presença do receptor P2X7<sup>10,11</sup> também são considerados fatores envolvidos.

Dentes com forma radicular triangular, com o terço radicular em forma de pipeta ou com dilaceração<sup>1-5</sup> parecem ser mais propensos a reabsorção apical radicular. A associação destes tipos de anatomias radiculares com sua movimentação em áreas mais densas e cristas ósseas de forma retangular, teoricamente resultaria em menor deflexão óssea, maior concentração de forças no ápice radicular e, portanto, aumentando a chance de lesões do cimento e reabsorção radicular.<sup>1</sup>

Estudos vêm sendo realizados para investigar a provável influência da densidade óssea dos maxilares na reabsorção dentária frente ao movimento ortodôntico. Kaley e Phillips<sup>7</sup> e Horiuchi et al.,<sup>6</sup> observaram que a movimentação dentária contra uma área de maior densidade óssea, por exemplo, a cortical óssea, relaciona-se a maior reabsorção dentária. Goldie e King<sup>12</sup> encontraram que a baixa densidade mineral óssea (DMO) em ratos, induzida pela lactação e deficiência de cálcio (aumento da secreção de paratormônio), promoveu menor reabsorção radicular frente ao movimento ortodôntico quando comparado ao grupo controle. No entanto, o estudo de Otis et al.<sup>13</sup> não encontraram que a densidade óssea alveolar em torno das raízes apresentou efeito significativo na quantidade de reabsorção radicular.

Até o momento, constata-se um efeito limitado dos fatores de risco identificados para RRE (reabsorção radicular apical externa), por esta razão alguns estudos buscaram identificar a predisposição dos pacientes utilizando análises multivariadas.<sup>2,4,5,9,14,15</sup> Haja vista que, entre os fatores individuais, não está claro se a densidade mineral óssea alveolar (DMOa) é um fator envolvido na quantidade de RRE decorrente do tratamento ortodôntico, o presente estudo teve como objetivo testar a hipótese de que a DMOa aumentada é um fator individual predisponente à RRE. Também foi comparada a quantidade de RRE entre as diferentes morfologias radiculares.

## MATERIAL E MÉTODOS

A amostra deste estudo de caráter prospectivo foi inicialmente composta por 144 incisivos superiores de 72 pacientes (>10 anos de idade) que tiveram o aparelho ortodôntico fixo completo instalado (técnica Straight-Wire) nas clínicas dos cursos de Especialização de Ortodontia da Universidade Estadual de Maringá e da Associação Maringaense de Odontologia no período de julho de 2008 a abril de 2009. Um consentimento esclarecido e assinado foi condição primária para a inclusão de cada participante (Apêndice B). Os demais critérios de inclusão foram:

- Ausência de história de terapia ortodôntica fixa;
- Ausência de história de traumatismo dentoalveolar na região de incisivos superiores;
- Coroa dos incisivos superiores íntegras ou com apenas restaurações proximais;
- Ausência de história de osteoporose ou raquitismo e hiperparatireoidismo.

Estes e outros dados referentes à história médica e odontológica e aos hábitos dos pacientes foram coletados (Apêndice C).

O estudo foi devidamente aprovado pelo Comitê Permanente de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Maringá, sob o parecer nº 190/2008 (Anexo B).

Para cada voluntário, realizou-se um exame radiográfico periapical da região de incisivos superiores em dois tempos: inicial ( $T_1$ ) e após seis meses de tratamento ( $T_2$ ). Sendo que o primeiro foi realizado antes ou logo após colagem dos braquetes. Os exames foram realizados na Clínica de Odontologia da Universidade Estadual de Maringá, através do aparelho radiográfico modelo Pro 70-Intra (Prodental, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), e no Centro Educacional Dental Press (RX Timex 70 Col, Gnatus, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, 2006), com tempo de exposição 0,7 segundos.

Como referencial, na região incisal do filme radiográfico (Agfa Dentus M2 Comfort) foi posicionada uma escala (penetrômetro) de alumínio, apresentando 20mm de comprimento, 3,5mm de largura e composta por cinco degraus. Cada degrau com 2mm de altura e 4mm de comprimento. Como forma de padronização da técnica radiográfica periapical, empregou-se um posicionador radiográfico Han-shin (Jon, Brasil) modificado, e a escala de alumínio foi

fixada com fita adesiva perpendicularmente à película radiográfica (Figura 1).



**Figura 1** – Posicionador utilizado para as tomadas periapicais. Nota-se a escala de alumínio fixada perpendicularmente à borda incisal do filme radiográfico.

As películas radiográficas foram processadas pelo método tempo/temperatura de forma padronizada. O tempo de revelação foi determinado por uma tabela após a aferição da temperatura do líquido, a lavagem intermediária foi padronizada em 30s, a fixação em 10min e a lavagem final também em 10min.<sup>16</sup> Na seqüência, estas imagens foram digitalizadas por meio de um scanner modelo ArtixScan 18000F (Microtek) com resolução de 400 ppi para posterior mensuração computadorizada da densidade óssea alveolar (programa Adobe Photoshop CS) e da quantidade de reabsorção radicular apical (programa CoreIDRAW X4).

Pacientes, cujos ápices radiculares não se apresentavam completamente formados e com reabsorção radicular prévia foram excluídos da amostra. Doze pacientes interromperam o tratamento. Um dos voluntários apresentou sobreposição da imagem radiográfica do canino incluso sobre o ápice do incisivo central e dois apresentaram restaurações extensas em um dos incisivos avaliados. Estes elementos dentários foram excluídos da amostra. Portanto, participaram da pesquisa 56 voluntários, 31 do gênero feminino e 25 do gênero masculino, com idade média de 20,4 anos, variando de 10,6 a 51anos. A amostra final consistiu de 109 incisivos centrais superiores.

## Análises radiográficas

### *Densitometria óssea alveolar*

A ferramenta histograma do programa Adobe Photoshop CS2 possui 256 tons, no qual o valor zero representa o preto e o valor 256 representa o branco. Por meio desta, delimitou-se uma RDI (região de interesse) em forma trapezoidal no osso alveolar ao redor do ápice de cada incisivo central superior e estimou-se a DMOa (DMO alveolar) destas regiões em tons de cinza (Figura 2). Para a delimitação desta RDI empregou-se um gabarito pré-confeccionado no mesmo programa com aproximadamente 2000 pixels que foi ajustado para cada uma das regiões a ser avaliada, de modo a não incluir as raízes, lâmina dura e espinha nasal.

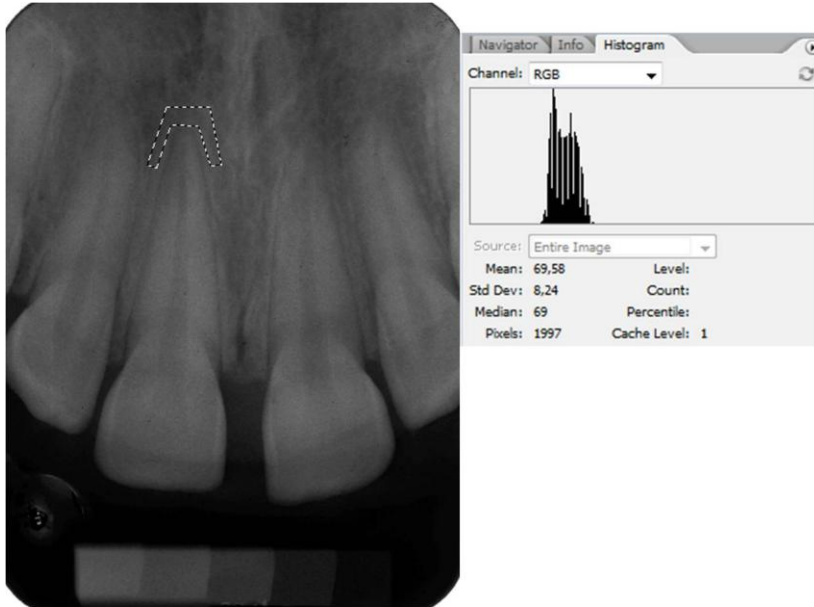
O segundo degrau do penetrômetro foi escolhido como referência para a correção das imagens radiográficas em relação à exposição aos raios-x e as variações do processamento, e a leitura deste foi realizada determinando-se uma RDI retangular abrangendo toda sua extensão (Figura 3). Calculou-se a correspondência do segundo degrau do penetrômetro de cada radiografia em relação ao valor densitométrico deste degrau obtido por meio da Absorciometria Duo-energética por Raios-x (densitômetro Lunar Prodigy, GE Medical Systems). Desta forma, a densidade alveolar correspondente a cada incisivo central pôde ser avaliada indiretamente por este valor convertido em  $\text{g/cm}^2$ , comparando-se a região de leitura ao redor do ápice dos incisivos e correlacionando-a a referência do penetrômetro de alumínio.<sup>17</sup>

A DMOa ( $\text{g/cm}^2$ ) em  $T_1$  e  $T_2$  para cada incisivo central foi obtida através do produto da DMOa em tons de cinza pelo valor densitométrico do segundo degrau ( $0,673\text{g/cm}^2$ ) dividido pelo valor do mesmo em tons de cinza correspondente ao voluntário em questão. Apresenta-se abaixo a equação de conversão calculada pelo Excel® (“regra de três”):

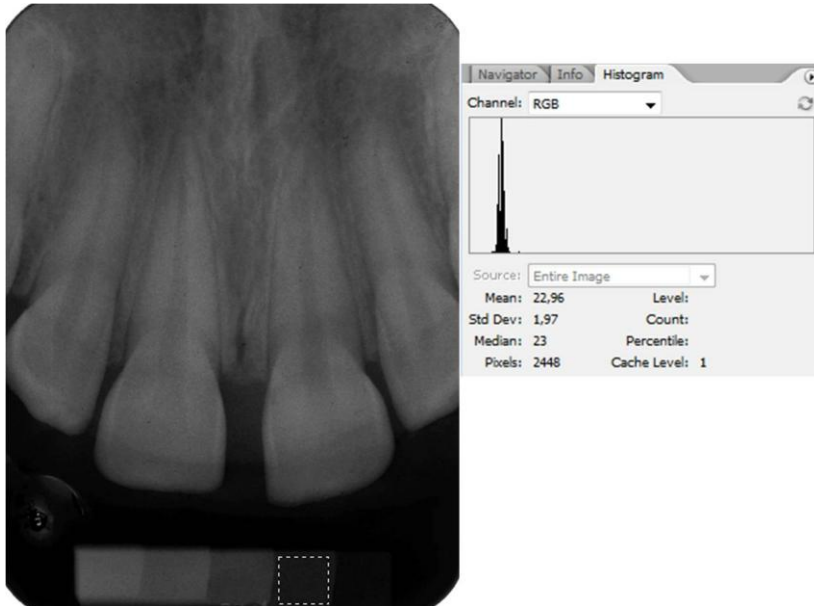
$$\begin{cases} 2^\circ \text{ degrau (tons de cinza)} & \text{— } 2^\circ \text{ degrau } (0,673\text{g/cm}^2) \\ \text{DMOa (tons de cinza)} & \text{— } \mathbf{DMOa (g/cm}^2\mathbf{)} \end{cases}$$

$$\mathbf{DMOa (g/cm}^2\mathbf{)} = \frac{\text{DMOa (tons de cinza)} \cdot 2^\circ \text{ degrau } (0,673\text{g/cm}^2)}{2^\circ \text{ degrau (tons de cinza)}}$$





**Figura 2** – Radiografia periapical digitalizada. Nota-se a marcação da RDI em forma trapezoidal ao redor do ápice do dente 11, que está sob avaliação da ferramenta histograma do Adobe Photoshop CS2.



**Figura 3** - Radiografia periapical digitalizada. Nota-se a marcação de uma área retangular na região do segundo degrau da escala de alumínio, que está sob avaliação da ferramenta histograma do Adobe Photoshop CS2.

### ***Mensuração da reabsorção radicular apical***

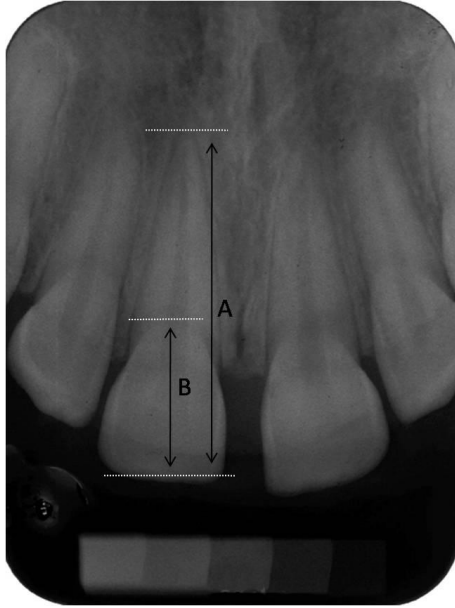
Com auxílio do programa CorelDRAW X4<sup>18,19,20</sup> com precisão de 0,1mm os incisivos centrais superiores (11 e 12) de todos os pacientes tiveram seus comprimentos iniciais e finais medidos (DT<sub>1</sub> e DT<sub>2</sub>) bem como os comprimentos coronários (CT<sub>1</sub> e CT<sub>2</sub>). Estas medidas corresponderam respectivamente à distância da borda incisal ao ápice radicular e a maior distância entre a borda incisal à junção cimento-esmalte, tendo como referência o longo eixo do dente (Figura 4).

Com objetivo de compensar as possíveis variações de inclinação das tomadas radiográficas nos diferentes tempos, supondo-se que a medida coronária permanece inalterada durante o período de tratamento,<sup>19,21,22</sup> o comprimento dentário esperado em T<sub>2</sub> (DT<sub>2</sub> esperado) foi calculado por meio da seguinte equação:<sup>20,23</sup>

$$\left\{ \begin{array}{l} CT_1 - CT_2 \\ DT_1 - DT_2 \text{ esperado} \end{array} \right. \rightarrow DT_2 \text{ esperado} = \frac{CT_2 \cdot DT_1}{CT_1}$$

Na seqüência, a quantidade de reabsorção radicular apical (RRE) foi obtida pela subtração do comprimento dentário esperado em T<sub>2</sub> pelo comprimento dentário medido em T<sub>2</sub>:

$$RRE = DT_2 \text{ esperado} - DT_2$$



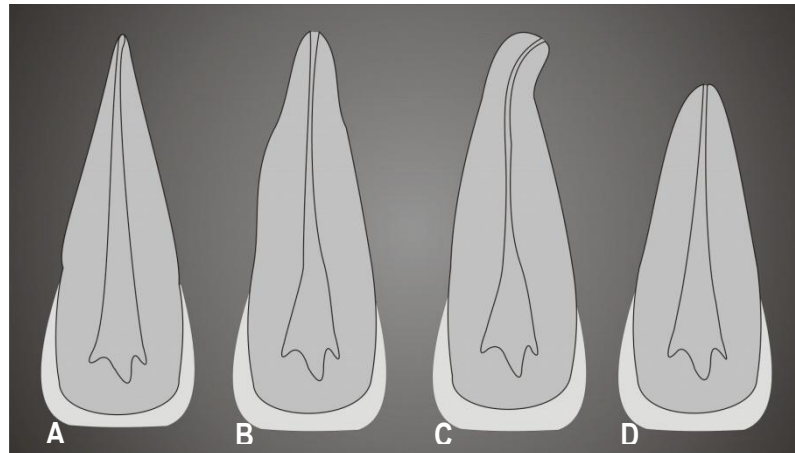
**Figura 4** – Radiografia ilustrando as mensurações dentárias utilizadas. (A) Distância incisivo-apical (comprimento dentário) usada para calcular a reabsorção radicular. (B) Distância da borda incisal à junção cemento-esmalte (comprimento coronário) usada para correção do encurtamento ou alongamento radiográfico.

O intervalo de seis meses entre os exames radiográficos justifica-se pela necessidade de avaliação da presença de reabsorção radicular apical durante este período do tratamento ortodôntico para que medidas preventivas sejam tomadas.<sup>1,4,14,15,21,24,25-27</sup> Os incisivos centrais superiores foram escolhidos por serem, seguido dos incisivos laterais, os dentes que apresentam maiores níveis de reabsorção radicular durante a movimentação dentária ortodôntica<sup>3,4,14,28</sup> e por apresentarem-se bastante nítidos nas imagens radiográficas periapicais, proporcionando medições mais acuradas do comprimento radicular que os incisivos laterais.

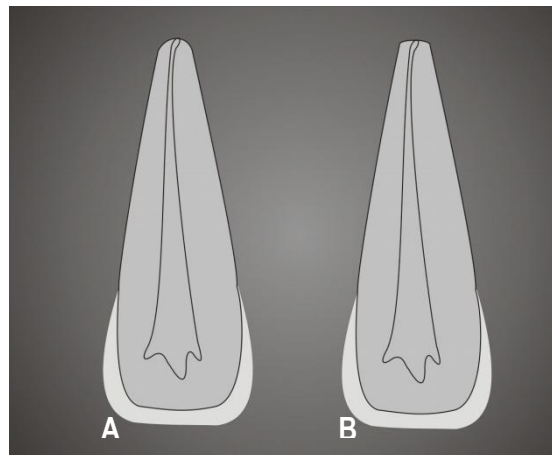
#### ***Determinação do tipo morfológico radicular***

Consolaro<sup>1</sup> classificou as raízes de acordo com a forma do terço apical em raízes triangulares, romboidais e retangulares, e Levander e Malmgren<sup>24</sup> em raízes curtas, achatadas, com o terço apical dilacerado e em forma de pipeta. Estas anatomias radiculares são consideradas no julgamento da susceptibilidade para a reabsorção apical. Diante disto, assim como Provenzano<sup>19</sup>, as duas classificações propostas foram agrupadas para avaliação das

raízes, nas radiografias iniciais, sendo categorizadas em: (1) com tendência à RRE e (2) sem tendência à RRE. Portanto, as raízes em forma triangular, pipeta, dilacerada e curta foram agrupadas como “com tendência à RRE” (Figura 5) e as raízes com formato romboidal e retangular foram agrupadas como “sem tendência a RRE” (Figura 6).



**Figura 5** – Formatos radiculares “com tendência à RRE”. (A) triangular, (B) pipeta, (C) dilacerada, (D) curta. (Figura adaptada de Consolaro<sup>1</sup> e de Levander e Malmgren<sup>24</sup>).



**Figura 6** – Formatos radiculares “sem tendência à RRE”. (A) romboidal, (B) retangular. (Figura adaptada de Consolaro<sup>1</sup> e de Levander e Malmgren<sup>24</sup>).

A determinação do tipo morfológico radicular acima descrito foi realizada por dois examinadores, os quais discutiram os resultados divergentes, alcançando um consenso entre estes ( $Kappa=0,96$ ).

A confiabilidade intra-examinador foi avaliada estatisticamente analisando-se a diferença entre as mediadas duplicadas nas imagens radiográficas em T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> de 25 pacientes selecionados aleatoriamente (densidades ópticas alveolares e do segundo degrau da escala de alumínio, e reabsorção radicular apical) com intervalo de 15 dias. O erro das variáveis contínuas foi calculado pela fórmula de Dahlberg:

$$Se = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

onde D é a diferença entre os pares de medidas e N é o número de pares de medidas,<sup>29</sup> bem como pelo coeficiente de correlação de Spearman (r) para aquelas sem distribuição normal (RRE e DMOa) (Apêndice C). Embora, estatisticamente, não tenha havido diferença entre a primeira e a segunda mensuração, a média de cada variável foi aplicada nos subseqüentes testes estatísticos para amenizar o erro aleatório.

### **Análise Estatística**

As variáveis RRE e DMOa T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> não apresentaram distribuição normal (teste de Lilliefors). Portanto, o teste não paramétrico de correlação de Spearman foi realizado entre a DMO alveolar em T<sub>1</sub> e RRE para cada incisivo avaliado. A variação entre os valores densitométricos no período de seis meses e a comparação da RRE entre os grupos com e sem tendência, foram avaliadas por meio dos testes de Wilcoxon e Mann-Whitney, respectivamente. Os testes estatísticos foram realizados ao nível de 5% de significância.

## **RESULTADOS**

Valores negativos para a RRE (-0,1 e -0,2) foram encontrados em 12 pacientes em ao menos um dos incisivos centrais, constatando-se o alongamento das imagens radiográficas, que por uma limitação do método não puderam ser corrigidas. Portanto, estes valores foram considerados zero para cálculo da RRE média e a aplicação dos subseqüentes testes estatísticos, uma vez que todos os dentes apresentavam-se com rizogênese completa. Quanto ao grau de reabsorção radicular aos seis meses de tratamento ortodôntico, considerando-se o incisivo mais reabsorvido de cada paciente da amostra (n=56), 14,3% (8) dos pacientes

apresentaram RRE = zero, 53,6% (30) apresentaram RRE >0 e < 1mm, 30,3% (17) evidenciaram RRE  $\geq 1$  e <2mm, e apenas 1,8% (1) mostrou RRE  $\geq 2$ mm.

Considerando-se o número total de incisivos avaliados (n=109), 31,2% (34) dos incisivos apresentaram RRE =zero, 50,5% (55) demonstraram RRE >0 e < 1mm, 17,4% (19) tinham RRE  $\geq 1$  e <2mm, e apenas 0,9% (1) RRE  $\geq 2$ mm. A RRE média entre todos os incisivos avaliados foi 0,43mm (DP=0,5). A RRE máxima encontrada foi 2,32 mm.

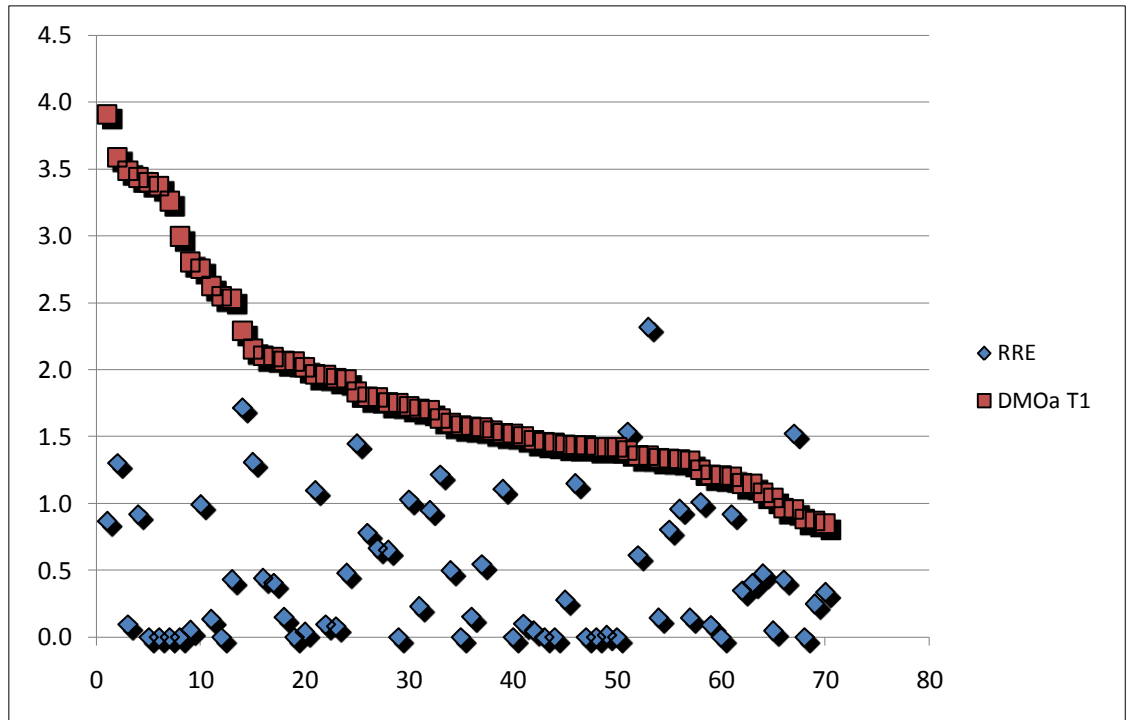
A DMOa média inicial foi de 1,88 g/cm<sup>2</sup> e não sofreu alteração significativa no intervalo do estudo (p=0,184) (Tabela 1).

**Tabela 1** – Estatística descritiva da amostra estudada (n=56) para os fatores idade, RRE média (mm) e DMOa média dos incisivos centrais superiores (g/cm<sup>2</sup>), bem como comparação entre a DMOa inicial (T<sub>1</sub>) e aos seis meses (T<sub>2</sub>), mediante o teste de Wilcoxon (p).

	Mínimo	Máximo	Média	DP	p
Idade (anos)	10,6	51	20,4	10,52	
RRE (mm)	0,00	2,32	0,43	0,50	
DMOa (g/cm <sup>2</sup> )	0,92	0,48	1,86	0,67	
DMOa (g/cm <sup>2</sup> ) T <sub>1</sub>	0,66	3,91	1,88	0,77	0,184 ns
DMOa (g/cm <sup>2</sup> ) T <sub>2</sub>	0,90	6,47	1,84	0,87	

ns – não significativa

Não houve correlação estatisticamente significativa entre a DMOa inicial e RRE em seis meses (r=-0,042; p=0,668) para p<0,05 (teste de Spearman). A figura 7 ilustra a distribuição dos dados para correlação entre a DMOa T<sub>1</sub> e a RRE.



**Figura 7** – Distribuição dos dados para correlação entre a DMO alveolar inicial e a RRE após seis meses.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre a RRE para o grupo com e sem tendência a reabsorção ( $p=0,076$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2** – Comparação da RRE média (mm) entre os grupos com e sem tendência a reabsorção radicular, mediante o teste de Mann-Whitney ( $p$ ).

Com tendência (32/109)		Sem tendência (77/109)		$p$
RRE mm (x)	DP	RRE mm (x)	DP	
0,39	0,60	0,44	0,46	0,076 ns

ns – não significativa

## DISCUSSÃO

A reabsorção radicular apical pode ocorrer nos primeiros estágios do tratamento ortodôntico, especialmente nos incisivos superiores, que geralmente são movimentados em maiores amplitudes do que qualquer outro dente.<sup>1,4,14,15,21,24-27,30-32</sup> Além disso, a região apical dos dentes monorradiculares se apresenta mais afilada e cuneiforme, favorecendo a concentração de forças e propiciando maior possibilidade de reabsorção.<sup>1-4,33</sup>

Nos seis primeiros meses de tratamento ortodôntico observou-se uma RRE média 0,43mm (min=0, max=2,32mm), semelhantemente ao que tem sido reportado na literatura para RRE em igual período (de 0,48 a 0,77mm).<sup>4,18</sup> As reabsorções maiores que 1mm acometeram 30,3% dos pacientes (n=17) (sendo apenas 7,1% entre 1,5 e 2mm), e maiores que 2mm ocorreram em apenas em um caso (1,8%). Numa amostra maior (n=290), Smale et al.<sup>4</sup> observaram que 4,1% dos pacientes apresentavam com raízes reabsorvidas em 1,5mm ou mais, e apenas em 1,5% dos casos havia mais de 2mm de reabsorção, num intervalo semelhante de tratamento ao da presente pesquisa.

O emprego de radiografias periapicais tem sido o método de escolha para a avaliação de reabsorção radicular apical provocada pelo tratamento ortodôntico. Isto se deve à relação custo-benefício do método de um modo geral. Em comparação às radiografias em norma lateral e às panorâmicas, as periapicais apresentam confiabilidade reconhecidamente melhores.<sup>34</sup> Entretanto, quando comparado a tomografia volumétrica, as periapicais perdem em sensibilidade e especificidade. A tomografia computadorizada volumétrica apresenta uma grande vantagem sobre os exames radiográficos convencionais devido à visualização das estruturas dentárias em três dimensões.<sup>35,36</sup> Porém, apresentam maior custo e maior exposição aos raios-x, se comparado à radiografia periapical.

Admite-se que o grau de compressão no ligamento periodontal influi na extensão da RRE. À medida que o grau de compressão aumenta, também aumenta a extensão da zona de hialinização e, teoricamente, a severidade da RRE. A força produzida pelo aparelho ortodôntico não é, necessariamente, a mesma força distribuída no ligamento periodontal. Um conjunto de fatores influencia o grau de compressão radicular final, e conseqüentemente, o dano tecidual, podendo-se citar os fatores mecânicos (direção do movimento, duração e intensidade da força) e os fatores biológicos (proporção coroa-raiz, anatomia radicular e densidade do trabeculado ósseo).<sup>1,37</sup>

Em estudos prévios<sup>17,38</sup> utilizando a Absorciometria Duo-energética por raios x (DXA), a DMO sistêmica (coluna lombar e fêmur) não correlacionou-se com a DMO alveolar



maxilomandibular. Na pesquisa de Scheibel e Ramos,<sup>17</sup> dentre as densidades alveolares da maxila e mandíbula (região anterior e posterior), apenas a maxilar anterior e mandibular posterior correlacionaram-se. Dessa perspectiva, estes e outros estudos<sup>10,39,40</sup> sugerem a avaliação densitométrica específica da região de interesse.

As regiões alveolares anteriores da mandíbula e da maxila apresentaram maior valor densitométrico que as regiões posteriores.<sup>17,40,41</sup> Este fato pode estar relacionado à maior ocorrência de reabsorção radicular encontrada nos incisivos superiores em conjunto com outros fatores, como anatomia radicular e fatores da mecânica ortodôntica.

O complexo dentoalveolar de cada paciente é único em termos de tamanho, orientação e densidade. E as relações da densidade e da morfologia alveolar com a RRE ainda não foram estabelecidas.<sup>13</sup> Dentre a literatura pesquisada, apenas o estudo de Otis et al.<sup>13</sup> investigou de forma direta estas relações. Em radiografias cefalométricas por meio de técnicas digitais, foram medidas as dimensões dos incisivos inferiores e das estruturas ósseas circundantes (aspecto quantitativo) além da densidade do osso trabecular (aspecto qualitativo). Embora o presente estudo também tenha investigado a correlação da DMO alveolar e RRE, as metodologias divergiram-se quanto à escolha da região a ser examinada, tipo do exame radiográfico e métodos para obtenção da densidade óssea. O presente não encontrou correlação significativa entre a DMO alveolar e a RRE em seis meses de tratamento ortodôntico ativo e a DMO alveolar média não alterou de forma significativa neste período. De forma semelhante, guardadas as devidas diferenças metodológicas, Otis et al.<sup>13</sup> relataram que a quantidade de osso alveolar adjacente a raiz, a espessura da cortical óssea, a densidade trabecular e *fractal dimension* não se correlacionaram de forma significativa com a extensão da RRE. Os autores ainda constataram que as dimensões do complexo dentoalveolar mantiveram-se relativamente inalteradas durante o movimento ortodôntico. Sob uma ótica mais específica, Bridges et al.<sup>42</sup> investigaram as variações densitométricas alveolares durante o ciclo de movimentação dentária ortodôntica. Os autores constataram que em ambos os grupos de ratos (jovens e adultos) experimentaram leve, porém significativo aumento da DMO seguido de rápido declínio. O patamar de DMO mais baixo ocorreu no tecido alveolar tratado em direção ao término da fase final de movimentação e seguido do retorno dos valores iniciais.

Partindo-se do princípio de que o osso cortical é mais denso que o osso trabecular, alguns estudos<sup>2,6,7,43</sup> investigaram a mesma relação (densidade óssea e reabsorção radicular) de forma indireta, ao avaliarem a aproximação das raízes com a tábua óssea cortical durante a movimentação ortodôntica.

Wainwright,<sup>43</sup> em um estudo histológico em macacos, não encontrou diferença na quantidade de reabsorção radicular entre o movimento contra a cortical óssea e o movimento de volta ao osso trabecular. Em um estudo clínico também não foi constatada maior reabsorção radicular em pacientes que apresentaram as raízes e os ápices julgados subjetivamente em íntima aproximação a cortical palatina<sup>2</sup>.

Contrastando com estes achados, Kaley e Philips<sup>7</sup> estudaram uma série de casos de 200 pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico com a técnica Edgewise. Seis (3%) apresentaram reabsorção severa (maior que um quarto do comprimento radicular) de ambos incisivos centrais superiores. Para os outros dentes, a reabsorção nesta extensão ocorreu em menos de 1% dos pacientes. Utilizando o modelo caso-controle, as características de 21 pacientes com severa reabsorção foram comparadas aos controles selecionados, de forma aleatória, da série de casos. Fatores de risco para reabsorção, relacionados aos procedimentos do tratamento, incluíram a aproximação das raízes dos incisivos maxilares contra a cortical palatina (*odds ratio* 20), cirurgia maxilar (*odds ratio* 8), e torque radicular (*odds ratio* 4,5). Conforme estes autores, a aproximação radicular da cortical palatina pode estar diretamente relacionada a outras mensurações estatisticamente significantes por eles observadas, como: torque dos incisivos superiores, mudanças na angulação, tempo de uso de arcos retangulares e extrações no arco superior.

Horiuchi et al.<sup>6</sup> sugeriram que a aproximação radicular dos incisivos centrais superiores da cortical palatina durante o tratamento ortodôntico pode explicar aproximadamente 12% da variação da reabsorção radicular, e a espessura do osso alveolar em torno de 2% desta. Além disso, ressaltaram que a extrusão dentária e lingualização da coroa também contribuem para reabsorção radicular.

Vários trabalhos<sup>2-4,14,24,33</sup> encontraram correlação significativa entre a morfologia radicular e a RRE durante a movimentação ortodôntica. Entre as principais características morfológicas radiculares associadas à reabsorção radicular estão as formas de pipeta, triangular e dilacerada. Contudo, revelou-se ausência de correlação ( $r=-0,30$ ;  $p>0,05$ ), entre as características morfológicas e RRE. Foi observado que a quantidade de movimentação dos incisivos apresentou correlação significativa com a quantidade de RRE, encontrando mais casos quando as exodontia dos pré-molares eram realizadas, decorrendo em maior movimento subsequente dos incisivos ( $r=0,61$ ,  $p<0,05$ ).<sup>18</sup> O presente estudo também não encontrou diferença estatisticamente significativa entre a RRE e as morfologias radiculares.

A literatura também diverge quanto à maior ou menor probabilidade de RRE em raízes curtas. Consolaro<sup>1</sup> sugere que quanto maior a coroa em relação à raiz, maior a alavanca a ser

acionada, e com isto a força tende a concentrar-se mais no ápice. Taithongchai et al.<sup>5</sup> observaram uma relação significativa entre RRE e tamanho radicular, com maior tendência de RRE em raízes curtas, embora com uma RRE não significativa clinicamente. Entretanto, assim como na presente pesquisa, vários estudos<sup>2,4,14,19</sup> não indicaram raízes curtas como fatores de risco para RRE. Além disso, Smale et al.<sup>4</sup> relatam que embora as raízes estreitas e dilaceradas possam apresentar risco aumentado à RRE durante os estágios iniciais de tratamento, a explicação da variância destes fatores de risco é menor que 25%.

Faz sentido medir o deslocamento total de um dente a partir do ápice radicular, visto que é onde a patologia está ocorrendo.<sup>8</sup> Em vários estudos o deslocamento apical, principalmente no sentido ântero-posterior e contra a cortical óssea, correlacionou-se de forma significativa com a reabsorção radicular apical.<sup>2,6,7,30,44,45</sup> Por meio de uma meta-análise<sup>8</sup> a reabsorção apical média foi correlacionada com o deslocamento apical ( $r=0,822$ ) e com o tempo de tratamento total ( $r=0,852$ ). Entretanto, o tratamento prolongado isoladamente não pareceu estar relacionado com maior índice de reabsorção dentária. Certos procedimentos como movimentos extensos, mecânicas intrusivas, uso prolongado de elásticos intermaxilares e mecânica com extrações dentárias, embora não se apresentem como fatores diretos, parecem correlacionar-se com maiores eventos de RRE.<sup>1,19</sup>

O presente estudo não testou as variáveis relacionadas à má oclusão e a mecânica relacionada, como a quantidade de trespasses vertical ou horizontal, classe II ou III de Angle, uso de elásticos e exodontia de pré-molares. Isto porque, durante o período de seis meses iniciais geralmente ocorre o alinhamento e o nivelamento, sem grandes deslocamentos apicais. Além disso, nenhum paciente foi submetido à exodontias e conseqüentemente significativos movimentos de retração. Portanto, corroborando com alguns autores<sup>3,4,30</sup> a presente amostra não seria adequada para confirmar achados prévios de associação entre reabsorção apical e quantidade de movimentação radicular.

Alguns estudos exploraram a hipótese de que a falta de explicação na variância dos fatores de risco da RRE identificados sugerem efeitos de parâmetros relacionados à predisposição individual.<sup>4,14,15</sup> Estes sugerem que os pacientes ortodônticos com reabsorção detectada durante os primeiros seis meses de tratamento ativo são mais propensos a experimentar RRE nos seis meses seguintes,<sup>14,15,24</sup> bem como ao final do tratamento,<sup>15</sup> quando comparados com aqueles sem reabsorção no período inicial do tratamento. Diante disto, independente do fator causal, os pacientes com severo risco a RRE poderiam ser identificados nos estágios iniciais do tratamento.

Embora no período de seis meses de tratamento ortodôntico a RRE não tenha sido

correlacionada com a morfologia radicular nem com a DMO alveolar, a possibilidade destas relações ainda deve ser investigada num período maior, visto que em seis meses apenas não houve reabsorções clinicamente relevantes, bem como movimentações dentárias em maiores amplitudes. Além disso, a própria RRE nos seis meses iniciais de tratamento tem sido apontada como um dos fatores de previsão para o seu desenvolvimento. Com isso, sugere-se um acompanhamento em longo prazo destes pacientes, bem como a identificação de outros fatores relacionados à RRE.

## **CONCLUSÃO**

A densidade alveolar avaliada pela radiografia periapical e o formato radicular não se apresentaram como fatores de interferência na reabsorção radicular após seis meses de tratamento ortodôntico.

**REFERÊNCIAS**

1. Consolaro A. Reabsorções dentárias na movimentação ortodôntica. In: Consolaro A. *Reabsorções Dentárias nas especialidades clínicas*. 2nd ed. Maringá: Dental Press, 2005; p. 353–400.
2. Mirabella AD, Årtun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995;108(1):48–55.
3. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part I. Treatment factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001;119(5):505–510.
4. Smale I, Artun J, Behbehani F, Doppel D, Van't Hof M, Kuijpers-Jagtman AM. Apical root resorption 6 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2005; 128(1):57–67.
5. Taithongchai R, Sookkorn K, Killiany DM. Facial and dentoalveolar structure of apical root shortening and the prediction of apical root shortening. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1996;110:296–302.
6. Horiuchi A, Hotokezaka H, Kobayashi K. Correlation between cortical plate proximity and apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998;114(3):311–318.
7. Kaley J, Phillips C. Factors related to root resorption in edgewise practice. *Angle Orthod*. 1991;61(2):125–132.
8. Segal GR, Schiffman PH, Tuncay OC. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofacial Res*. 2004;7:71–78.
9. Linge L, Linge BO. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1991;99(1):5–43.
10. Viecilli RF, Chen J, Katona TR, Roberts WE. Comparison of Dentoalveolar Morphology in WT and P2X7R KO Mice for the Development of Biomechanical Orthodontic Models. *Anat. Rec*. 2009; 292(2):292–298.

11. Viecilli RF, Katona T, Chen J, Roberts E, Hartsfield Jr J. *Orthodontic mechanotransduction and the role of the P2X7 receptor*. Pardue: Pardue School of Engineering and Technology, Department of Mechanical Engineering, Spring 2009. Seminars Series.
12. Goldie RS, King GJ. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient, and lactating rats. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1984;85(5):424–430.
13. Otis LL, Hong JSH.; Tuncay. Bone structure effect on root resorption. *Orthod Craniofacial Res*. 2004;7:165–177.
14. Årtun J, Smale I, Behbehani F, Doppel D, Van't Hof M, Kuijpers-Jagtman AM. Apical Root Resorption Six and 12 Months After Initiation of Fixed Orthodontic Appliance Therapy. *The Angle Orthodontist*. 2005;75(6):919–926.
15. Årtun J, Van't Hullenaar R, Doppel D, Kuijpers-Jagtman AM. Identification of orthodontic patients at risk of severe apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;135(4):448–455.
16. Rosa JE. Considerations about radiographic processing. *Rev Catar Odont*. 1975;2:29–36.
17. Scheibel PC, Ramos AL. Correlation between alveolar and systemic bone density. 2009. Manuscript submitted to *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009.
18. Mohandesan H, Ravanmehr H, Valei N. A radiographic analysis of external apical root resorption of maxillary incisors during active orthodontic treatment. *Eur J Orthod*. 2007;29(2):134–139.
19. Provenzano MGA. *Root resorption in maxillary incisors treated orthodontically in Class II patients with and without premolar extraction* [monograph]. Maringá: Associação Maringaense de Odontologia; 2008.
20. Esteves T, Ramos AL, Pereira CM, Hidalgo MM. Orthodontic Root Resorption of Endodontically Treated Teeth. *J Endod*. 2007; 33(2): 119 –122.

21. Capellozza Filho L, Benicá NCM, Silva Filho OG, Cavassan AO. Root resorption in the orthodontic practice: Application of a radiographic method for early diagnosis. *Ortodontia*. 2002;35(2):14–26.
22. Martins MM, Silva ACP, Mendes AM, Goldner MTA. External apical root resorption frequency and severity degree in cases treated with and without first-premolar extraction. *Ortodon Gaúcha*. 2003;7(2):121–128.
23. Spurrier SW, Hall SH, Joondeph DR, Shapiro PA, Riedel RA. A comparison of apical root resorption during orthodontic treatment in endodontically treated teeth and vital teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990;97:130–4.
24. Levander E, Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: A study of upper incisors. *Eur J Orthod*. 1988;10(1):30–38.
25. Levander E, Malmgren O. Long-term follow-up of maxillary incisor with severe apical root resorption. *Eur J Orthod*. 2000;22:85–92.
26. Levander E, Malmgren O, Eliasson S. Evaluation of root resorption in relation to two orthodontic treatment regimes. A clinical experimental study. *Eur J Orthod*. 1994;16(3):223–228.
27. Pizzo G, Licata ME, Guiglia R, Giuliana G. Root resorption and orthodontic treatment\_Review of the literature. *Minerva Stomatol*. 2007;56: 31–44.
28. Harris EF. Root Resorption During Orthodontic Therapy. *Seminars in Orthodontics*. 2000;6(3):183–194.
29. Dahlberg G. *Statistical methods for medical and biological students*. London: George Allen and Unwin Ltd, 1940; p. 122–132.
30. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part II. Treatment factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001;119(5):511–515.
31. Apajalahti S, Peltola JS. Apical root resorption after orthodontic treatment — a retrospective study. *Eur J Orthod*. 2007;29:408–412.

32. Kuroi J, Owman-Moll P, Lundgren D. Time-related root resorption after application of a controlled continuous orthodontic force. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1996;110:303–310.
33. Furquim LZ. *Endocrinological profile of orthodontically treated patients with and without root resorption.* [thesis]. Bauru: Faculdade Estadual de São Paulo; 2002.
34. Santos ECA, Lara TS, Arantes FM, Coclete GA, Silva RS. Computer-assisted radiographic evaluation of apical root resorption following orthodontic treatment with two different fixed appliance techniques. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial.* 2007;12(1):48–55.
35. Dudic A, Giannopoulou C, Leuzinger M, Kiliaridis S. Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(4):434–437.
36. Silveira HL, Silveira HE, Liedke GS, Lermen CA, Dos Santos RB, Figueiredo JA. Diagnostic ability of computed tomography to evaluate external root resorption in vitro. *Dentomaxillofac Radiol.* 2007;36:393–396.
37. Valladares Neto J, Albernaz PI, Almeida GA. Approximation of palatal cortex versus external root resorption: is there a correlation during orthodontic treatment. *ROBRAC.* 2002;11(31):57–60.
38. Scheibel PC, Albino CC, Matheus PD, Ramos AL. Correlation among mandibular, femoral, lumbar and cervical bone density. *R Dental Press Ortod Ortop Facial.* 2009;14(4):111–122.
39. Lindh C, Obrant K, Petersson A. Maxillary bone mineral density and its relationship to the bone mineral density of the lumbar spine and hip. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;98(1):102–109.
40. Oliveira RCG, Leles CR, Normanha M D, Lindh C, Ribeiro-Rotta RF. Assessments of trabecular bone density at implant sites on CT images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;105(2):231–238.
41. Choi J, Park C, Yi S, Lim H, Hwang H. Bone density measurement in interdental areas with simulated placement of orthodontic miniscrew implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136:766–777.



42. Bridges T, King G, Mohamed A. The effect of age on tooth movement and mineral density in the alveolar tissues of the rat. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1988;93(3):245–250.
43. Wainwright WM. Facial lingual tooth movement: Its influence on the root and cortical plate. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1973;64(3):278–302.
44. Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;110(3):311–320.
45. Beltrão RTS. *Study of the radicular resorption of bicuspids after treatment of anterior open bite.* [thesis]. Bauru: Faculdade Estadual de São Paulo; 2005.

## **Reabsorção radicular apical após seis e doze meses de tratamento ortodôntico**

**Objetivos:** O propósito deste estudo foi avaliar a correlação entre a densidade mineral óssea alveolar (DMOa) e a reabsorção radicular apical externa (RRE) dos incisivos centrais superiores após 12 meses de movimentação ortodôntica. Além disso, testou-se a hipótese de que a RRE aos seis meses de tratamento ortodôntico pode ser um fator de previsão da RRE aos 12 meses. Uma comparação da RRE entre os tipos morfológicos radiculares também foi realizada. **Material e métodos:** Radiografias periapicais dos incisivos superiores foram obtidas no pré-tratamento (T<sub>1</sub>), aos seis meses (T<sub>2</sub>) e aos 12 meses (T<sub>3</sub>) de tratamento ortodôntico, em 35 pacientes (maiores de 10 anos de idade). A DMOa da região apical destes dentes foi obtida por meio da fotodensitometria em escala de alumínio posicionada durante as tomadas radiográficas periapicais. As raízes foram tipificadas segundo o formato radicular. As triangulares, em forma de pipeta, com dilaceração apical e/ou curtas foram classificadas como apresentando tendência à RRE. As raízes com forma romboidal e retangular foram agrupadas como sem tendência à RRE. **Resultados:** Houve correlação significativa entre a RRE aos seis meses com a RRE aos 12 meses ( $r=0,808$ ;  $p<0,0001$ ). Não houve correlação da RRE aos 12 meses com DMOa ( $r=0,074$ ;  $p=0,548$ ), nem com os formatos radiculares. **Conclusão:** A RRE após seis meses iniciais do tratamento ortodôntico compreende um forte fator de previsão da RRE aos 12 meses de tratamento (coef. determinação=70%). Nem os formatos radiculares, nem a densidade alveolar obtida a partir de radiografias periapicais apresentaram-se como fatores envolvidos na previsão de reabsorção radicular decorrente do tratamento ortodôntico.

**Palavras-chave:** Movimentação ortodôntica. Densidade óssea alveolar. Reabsorção radicular. Radiografias periapicais.

## **Apical root resorption after six and 12 months of orthodontic treatment**

**Objectives:** The aim of this study was to evaluate the correlation between alveolar bone mineral density (ABMD) and the external apical root resorption (ERR) of upper central incisors after 12 months of orthodontic tooth movement. Moreover, the hypothesis that ERR at six months of orthodontic treatment could be a predictive factor of ERR at 12 months was tested. A comparison of ERR among the different types of root morphology was also performed. **Material and Methods:** Periapical radiographs of the upper incisors were obtained in pre-treatment (T<sub>1</sub>), at six months (T<sub>2</sub>) and at 12 months of orthodontic treatment (T<sub>3</sub>), in 35 patients (older than 10). ABMD apical region of these teeth were obtained by photodensitometry with an aluminum scale positioned during periapical radiographs exams. The roots were classified according to their anatomical shape. The triangular, pipette shaped, bent and/or short roots ones were classified as presenting tendency to ERR. Roots with rhomboidal and rectangular shape were grouped as without tendency to ERR. **Results:** There was significant correlation between ERR at six months with ERR at 12 months ( $r=0.808$ ;  $p<0.0001$ ). There was no correlation between ERR at 12 months with ABMD ( $r=0.074$ ;  $p=0.548$ ) and with roots shapes. **Conclusions:** ERR after the first six months of orthodontic treatment comprehends a strong factor of prediction for ERR at 12 months of treatment (explained variance=70%). Neither root shape, nor alveolar density obtained by periapical radiographs were presented as factors involved in prediction of root resorption due to orthodontic treatment.

**Keywords:** Orthodontic tooth movement. Alveolar bone density. Root resorption. Periapical radiographs.

## INTRODUÇÃO

A reabsorção radicular decorrente do tratamento ortodôntico ocorre de forma severa em cerca de 5% dos casos, podendo comprometer a sustentação dentária.<sup>1-5</sup>

Ainda não há consenso sobre os fatores preditores da RRE, sendo relatados como agentes envolvidos: a morfologia dentária, a morfologia e a densidade do osso alveolar,<sup>1,6,7</sup> a proporção coroa-raiz, os aspectos da mecânica ortodôntica como a frequência, extensão e magnitude da força aplicada, bem como o tipo do movimento dentário,<sup>1,3,8</sup> história de traumatismos, hábitos<sup>1,9</sup> e fatores genéticos, como a presença do receptor P2X7.<sup>10,11</sup>

Diante do efeito limitado dos fatores de risco identificados para RRE durante o tratamento ortodôntico ativo, estudos utilizando análises multivariadas<sup>2,4,5,9,12,13</sup> sugerem que a predisposição individual seja o principal fator etiológico. Neste sentido, reportou-se que pacientes com risco severo a RRE poderiam ser identificados a partir da quantidade de RRE apresentada logo aos seis ou 12 meses iniciais do tratamento ativo.<sup>12-14</sup>

Alguns trabalhos<sup>6,15-18</sup> vem investigando a provável influência da densidade óssea alveolar nos índices de RRE frente a movimentação ortodôntica. A movimentação dentária contra uma área de maior densidade óssea, como por exemplo, a cortical óssea, parece relacionar-se a maior reabsorção radicular.<sup>6,7</sup> Em contrapartida, a baixa densidade mineral óssea (DMO) induzida em ratos relacionou-se a menor reabsorção radicular frente ao movimento ortodôntico quando comparado ao o grupo controle.<sup>15</sup> No entanto, o estudo de Otis et al.<sup>16</sup> não encontrou que a densidade óssea alveolar em torno das raízes apresentou efeito significativo na quantidade de reabsorção radicular. Em um recente estudo prospectivo envolvendo pacientes ortodônticos, não foi encontrada correlação entre a quantidade de RRE com a DMO alveolar local, bem como com a morfologia radicular. Entretanto, a avaliação compreendeu apenas seis meses de tratamento ortodôntico ativo.<sup>17</sup> Portanto, ainda não está claro se a DMO alveolar local aumentada é um fator individual associado à predisposição a RRE durante o tratamento ortodôntico.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a correlação entre a RRE dos incisivos centrais superiores com a DMO alveolar local após 12 meses de movimentação ortodôntica, bem como testar a hipótese de que a RRE aos seis meses iniciais de tratamento pode ser um fator de previsão da RRE aos 12 meses. Também foi realizada uma comparação da RRE entre os tipos morfológicos radiculares.

## MATERIAL E MÉTODOS

A amostra deste estudo de caráter prospectivo foi composta por 70 incisivos centrais superiores de 35 pacientes, maiores de 10 anos, que tiveram o aparelho ortodôntico fixo completo instalado (técnica Straight-Wire) nas clínicas dos cursos de Especialização de Ortodontia da Universidade Estadual de Maringá e da Associação Maringaense de Odontologia no período de julho de 2008 a abril de 2009. Um consentimento esclarecido e assinado foi condição primária para a inclusão de cada participante (Apêndice B). Os demais critérios de inclusão foram:

- Ausência de história de terapia ortodôntica fixa;
- Ausência de história de traumatismo dentoalveolar na região de incisivos superiores;
- Coroa dos incisivos superiores íntegras ou com apenas restaurações proximais;
- Ausência de história de osteoporose ou raquitismo e hiperparatiroidismo.

Estes e outros dados referentes à história médica e odontológica e aos hábitos dos pacientes foram coletados com a aplicação de um questionário (Apêndice C).

O estudo foi devidamente aprovado pelo Comitê Permanente de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Maringá (Anexo B).

Para cada voluntário, realizou-se um exame radiográfico periapical da região de incisivos superiores em três tempos: inicial ( $T_1$ ), após seis ( $T_2$ ) e 12 meses ( $T_3$ ) de tratamento. Sendo que o primeiro foi realizado antes ou logo após colagem dos braquetes. Os aparelhos radiográficos utilizados eram do modelo Pro 70-Intra (Pro dental, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) ou RX Timex 70 Col (Gnatus, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), em ambos com o tempo de exposição de 0,7 segundos.

Como referencial, na região incisal do filme radiográfico (Agfa Dentus M2 Comfort) foi posicionada uma escala (penetrômetro) de alumínio, apresentando 20mm de comprimento, 3,5mm de largura e composta por cinco degraus. Como forma de padronização da técnica radiográfica periapical, empregou-se um posicionador radiográfico Han-shin (Jon, Brasil) modificado, e a escala de alumínio foi fixada com fita adesiva perpendicularmente à película radiográfica.<sup>17,18</sup>

As películas radiográficas foram processadas pelo método tempo/temperatura de

forma padronizada. O tempo de revelação foi determinado por uma tabela após a aferição da temperatura do líquido, a lavagem intermediária foi padronizada em 30s, a fixação em 10min e a lavagem final também em 10min.<sup>19</sup> Na seqüência, estas imagens foram digitalizadas por meio de um scanner modelo ArtixScan 18000F (Microtek) com resolução de 400 ppi para posterior mensuração computadorizada da densidade óssea alveolar (programa Adobe Photoshop CS) e da quantidade de reabsorção radicular apical (programa CoreIDRAW X4).<sup>17</sup>

## **Análises radiográficas**

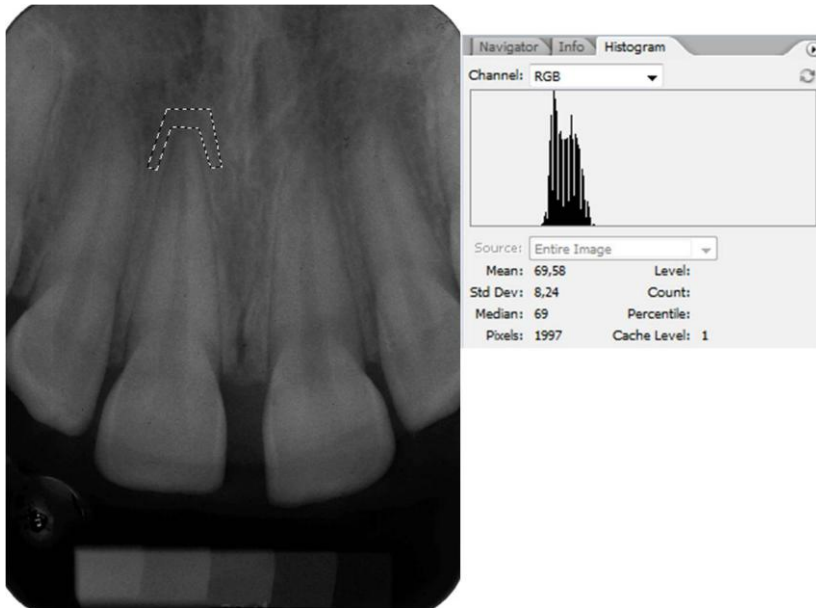
### *Densitometria óssea alveolar*

A ferramenta histograma do programa Adobe Photoshop CS2 possui 256 tons, no qual o valor zero representa o preto e o valor 256 representa o branco. Por meio desta, delimitou-se uma RDI (região de interesse) em forma trapezoidal no osso alveolar ao redor do ápice de cada incisivo central superior e estimou-se a DMOa (DMO alveolar) destas regiões em tons de cinza (Figura 1). Para a delimitação desta RDI empregou-se um gabarito pré-confeccionado no mesmo programa com aproximadamente 2000 pixels que foi ajustado para cada uma das regiões a ser avaliada, de modo a não incluir as raízes, lâmina dura e espinha nasal.

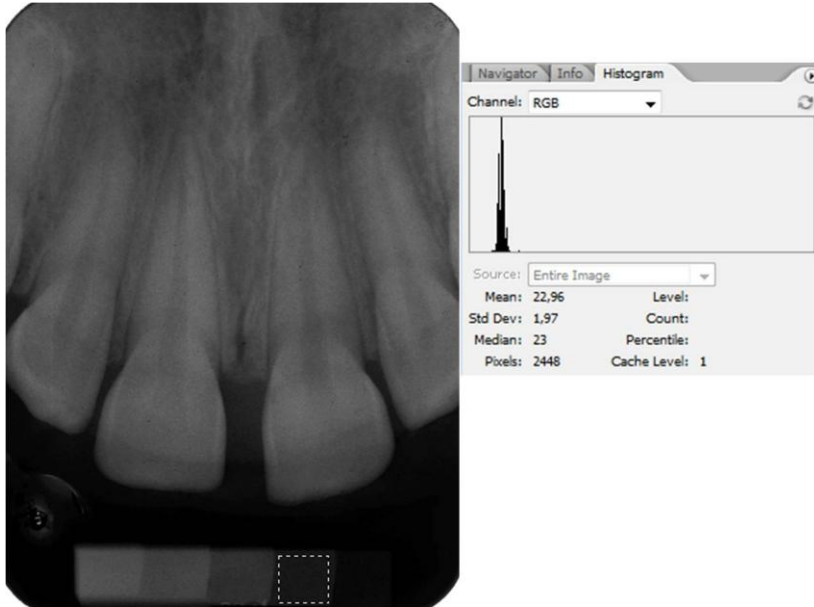
O segundo degrau do penetrômetro foi escolhido como referência para a correção das imagens radiográficas em relação à exposição aos raios-x e as variações do processamento, e a leitura deste foi realizada determinando-se uma RDI retangular abrangendo toda sua extensão (Figura 2). Calculou-se a correspondência do segundo degrau do penetrômetro de cada radiografia em relação ao valor densitométrico deste degrau obtido por meio da Absorciometria Duo-energética por Raios-x (densitômetro Lunar Prodigy, GE Medical Systems). Desta forma, a densidade alveolar correspondente a cada incisivo central pôde ser avaliada indiretamente por este valor convertido em  $g/cm^2$ , comparando-se a região de leitura ao redor do ápice dos incisivos e correlacionando-a a referência do penetrômetro de alumínio.<sup>17,18</sup>

A DMOa ( $g/cm^2$ ) em T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> para cada incisivo central foi obtida através do produto da DMO em tons de cinza pelo valor densitométrico do segundo degrau ( $0,673g/cm^2$ ) dividido pelo valor do mesmo em tons de cinza correspondente ao voluntário em questão, representada pela equação de conversão:<sup>17,18</sup>

$$\text{DMOa (g/cm}^2\text{)} = \frac{\text{DMOa (tons de cinza)} \cdot 2^\circ \text{ degrau (0,673g/cm}^2\text{)}}{2^\circ \text{ degrau (tons de cinza)}}$$



**Figura 1** – Radiografia periapical digitalizada. Nota-se a marcação da RDI em forma trapezoidal ao redor do ápice do dente 11, que está sob avaliação da ferramenta histograma do Adobe Photoshop CS2.



**Figura 2** - Radiografia periapical digitalizada. Nota-se a marcação de uma área retangular na região do segundo degrau da escala de alumínio, que está sob avaliação da ferramenta histograma do Adobe Photoshop CS2.

### *Mensuração da reabsorção radicular apical*

Com auxílio do programa CorelDRAW X4<sup>17,20-22</sup> com precisão de 0,1mm, os incisivos centrais superiores (11 e 12) de todos os pacientes tiveram seus comprimentos medidos nos três tempos (DT<sub>1</sub>, DT<sub>2</sub>, DT<sub>3</sub>) bem como os comprimentos coronários (CT<sub>1</sub>, CT<sub>2</sub>, CT<sub>3</sub>). Estas medidas corresponderam respectivamente à distância da borda incisal ao ápice radicular e a maior distância entre a borda incisal à junção cimento-esmalte, tendo como referência o longo eixo do dente (Figura 3).

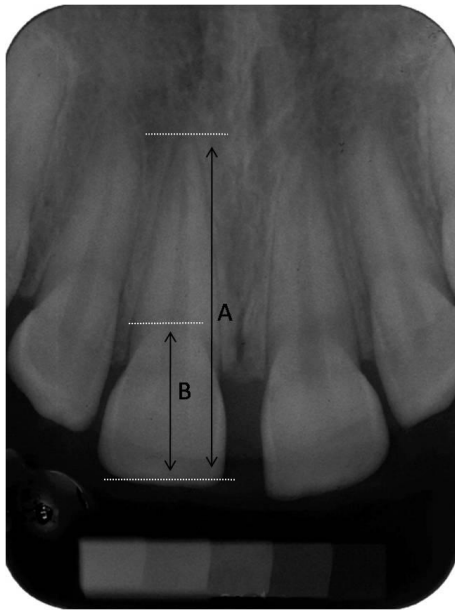
Com objetivo de compensar as possíveis variações de inclinação das tomadas radiográficas nos diferentes tempos, supondo-se que a medida coronária permanece inalterada durante o período de tratamento,<sup>21,23,24</sup> o comprimento dentário esperado em T<sub>2</sub> (DT<sub>2</sub> esperado) foi calculado por meio da seguinte equação:<sup>17,22,25</sup>

$$\mathbf{DT_2 \text{ esperado} = \frac{CT_2 \cdot DT_1}{CT_1}}$$



Na seqüência, a quantidade de reabsorção radicular apical (RRE) foi obtida pela subtração do comprimento dentário esperado em T<sub>2</sub> pelo comprimento dentário medido em T<sub>2</sub>:

$$\mathbf{RRE\ T_2 = DT_2\ esperado - DT_2}$$



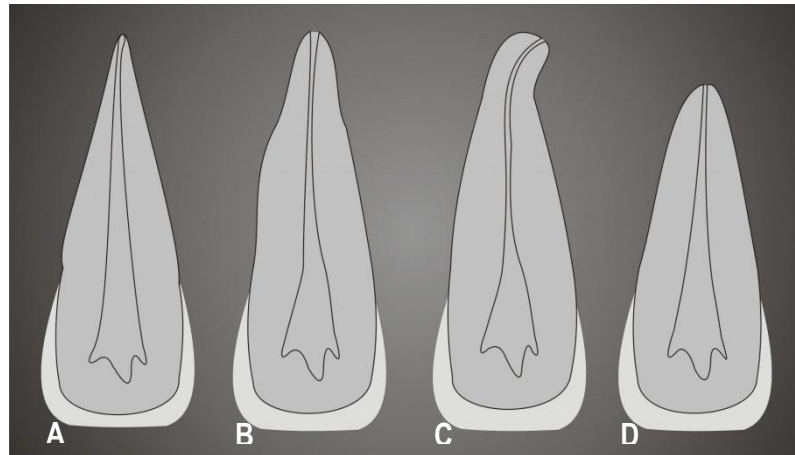
**Figura 3** – Radiografia ilustrando as mensurações dentárias utilizadas. (A) Distância incisivo-apical (comprimento dentário) usada para calcular a reabsorção radicular. (B) Distância da borda incisal à junção cemento-esmalte (comprimento coronário) usada para correção do encurtamento ou alongamento radiográfico.

O mesmo procedimento foi realizado para obtenção dos valores densitométricos e dentários em T<sub>3</sub>.

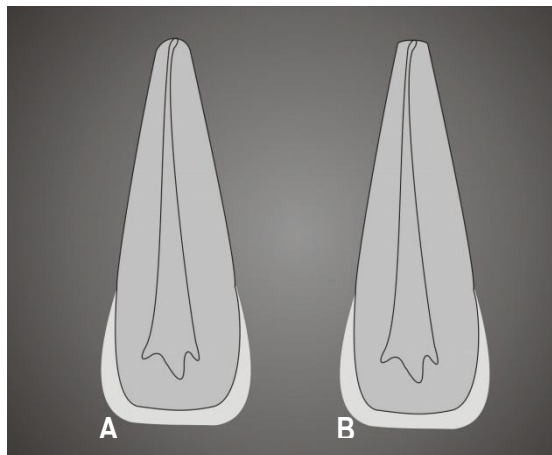
### ***Determinação do tipo morfológico radicular***

Consolaro<sup>1</sup> classificou as raízes de acordo com a forma do terço apical em raízes triangulares, romboidais e retangulares, e Levander e Malmgren<sup>14</sup> em raízes curtas, achatadas, com o terço apical dilacerado e em forma de pipeta. Estas anatomias radiculares são consideradas no julgamento da susceptibilidade para a reabsorção apical. Diante disto, assim como Provenzano<sup>17</sup> e Scheibel e Ramos<sup>21</sup>, as duas classificações propostas foram agrupadas para avaliação das raízes, nas radiografias iniciais, sendo categorizadas em: (1) com tendência

à RRE e (2) sem tendência à RRE. Portanto, as raízes em forma triangular, pipeta, dilacerada e curta foram agrupadas como “com tendência à RRE” (Figura 4) e as raízes com formato romboidal e retangular foram agrupadas como “sem tendência a RRE” (Figura 5).



**Figura 4** – Formatos radiculares “com tendência à RRE”. (A) triangular, (B) pipeta, (C) dilacerada, (D) curta. (Figura adaptada de Consolaro<sup>1</sup> e de Levander e Malmgren<sup>14</sup>).



**Figura 5** – Formatos radiculares “sem tendência à RRE”. (A) romboidal, (B) retangular. (Figura adaptada de Consolaro<sup>1</sup> e de Levander e Malmgren<sup>14</sup>).

A determinação do tipo morfológico radicular acima descrito foi realizada por dois examinadores, os quais discutiram os resultados divergentes, alcançando um consenso entre estes ( $Kappa=0,96$ ).

A confiabilidade intra-examinador para as variáveis DMOa, densidade da escala de alumínio e RRE foram avaliadas estatisticamente analisando-se a diferença entre as medidas duplicadas nas imagens radiográficas em T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> de 25 pacientes selecionados aleatoriamente, com intervalo de 15 dias. O erro das variáveis contínuas foi calculado pela fórmula de Dahlberg:

$$Se = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

onde D é a diferença entre os pares de medidas e N é o número de pares de medidas,<sup>26</sup> bem como pelo coeficiente de correlação de Spearman (r) para aquelas sem distribuição normal (RRE e DMOa) (Apêndice G). Embora estatisticamente não tenha havido diferença entre a primeira e a segunda mensuração, a média de cada variável foi aplicada nos subseqüentes testes estatísticos para amenizar o erro aleatório.

### **Análise Estatística**

Somente a variável DMO alveolar T<sub>2</sub> apresentou distribuição normal dos dados. As variáveis RRE T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, DMO alveolar T<sub>1</sub> e T<sub>3</sub> não apresentaram distribuição normal dos dados (teste de Lilliefors). Portanto, o teste não paramétrico de correlação de Spearman foi realizado entre a DMO alveolar em T<sub>2</sub> e a RRE em T<sub>3</sub> para cada incisivo avaliado, bem como entre a RRE em T<sub>2</sub> e em T<sub>3</sub>.

A variação entre os valores densitométricos em T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, e a comparação da RRE, entre os grupos com e sem tendência, foram avaliadas por meio dos testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney, respectivamente. O teste de regressão linear simples foi aplicado para formular uma equação para estimar a quantidade de reabsorção em 12 meses de tratamento em relação à reabsorção aos seis meses. Os testes estatísticos foram realizados ao nível de 5% de significância.

## RESULTADOS

Não houve diferenças significantes quanto a RRE e DMOa entre os incisivos 11 e 21.

A reabsorção radicular dos incisivos centrais superiores nos seis meses iniciais de tratamento (RRE T<sub>2</sub>) variou de 0 a 2,32mm, com valor médio de 0,51mm (DP=0,55) (Tabela 1). Neste período, considerando-se o incisivo mais reabsorvido, 8,6% (3) dos pacientes apresentaram RRE =zero, 48,6% (17) apresentaram RRE >0 e <1mm, 40% (14) mostraram RRE ≥1 e <2mm, e apenas 2,8% (1) tinham RRE ≥2mm.

Considerando-se o número total de incisivos avaliados (n=70), 24,3% (17) apresentaram RRE =zero, 51,4% (36) demonstraram RRE >0 e <1mm, em 22,9% (16) havia RRE ≥1 e <2mm, e em apenas 1,4% (1) ocorreu RRE ≥2mm.

Após doze meses de tratamento, a RRE média subiu para 1,70mm (DP=0,64), variando entre 0 e 2,67mm (tabela 2). Em 5,7% (2) dos pacientes a RRE continuou ausente, em 40% (14) a RRE ficou entre 0 e 1mm, em 45,7% (16) a RRE apresentou-se ≥1 e <2mm, e em 8,6% (3) a RRE foi ≥2mm.

Considerando-se o número total de incisivos avaliados (n=70), 17,1% (12) dos incisivos apresentaram RRE =zero, 44,3% (31) mostraram RRE >0 e <1mm, 32,9% (23) tinham RRE ≥1 e <2mm, e em 5,7% (4) a RRE foi ≥2mm.

A DMOa dos incisivos avaliados não alterou significantemente (p=0,711) entre T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> (Tabela 1).

O grupo sem tendência à reabsorção apresentou maiores níveis de RRE quando comparado com o grupo com tendência, tanto em seis (p=0,021) quanto em 12 meses de tratamento (p=0,011). Dentre os 70 incisivos avaliados, 21 apresentavam anatomias radiculares com tendência à RRE e 49 apresentavam morfologia sem tendência à RRE (Tabela 2).

A figura 6 ilustra a ausência de correlação entre a RRE T<sub>3</sub> e a DMOa T<sub>2</sub> (r=0,074; p=0,548).

A figura 7 mostra a distribuição dos dados para correlação significante entre a RRE T<sub>3</sub> e em T<sub>2</sub> (r=0,808; p<0,0001).

**Tabela 1** – Estatística descritiva da amostra estudada (n=35) para os fatores idade, da RRE T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> (mm) e da DMOa (g/cm<sup>2</sup>) para os 70 incisivos centrais superiores estudados e comparação entre a DMOa em T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> mediante o teste de Kruskal-Wallis (p).

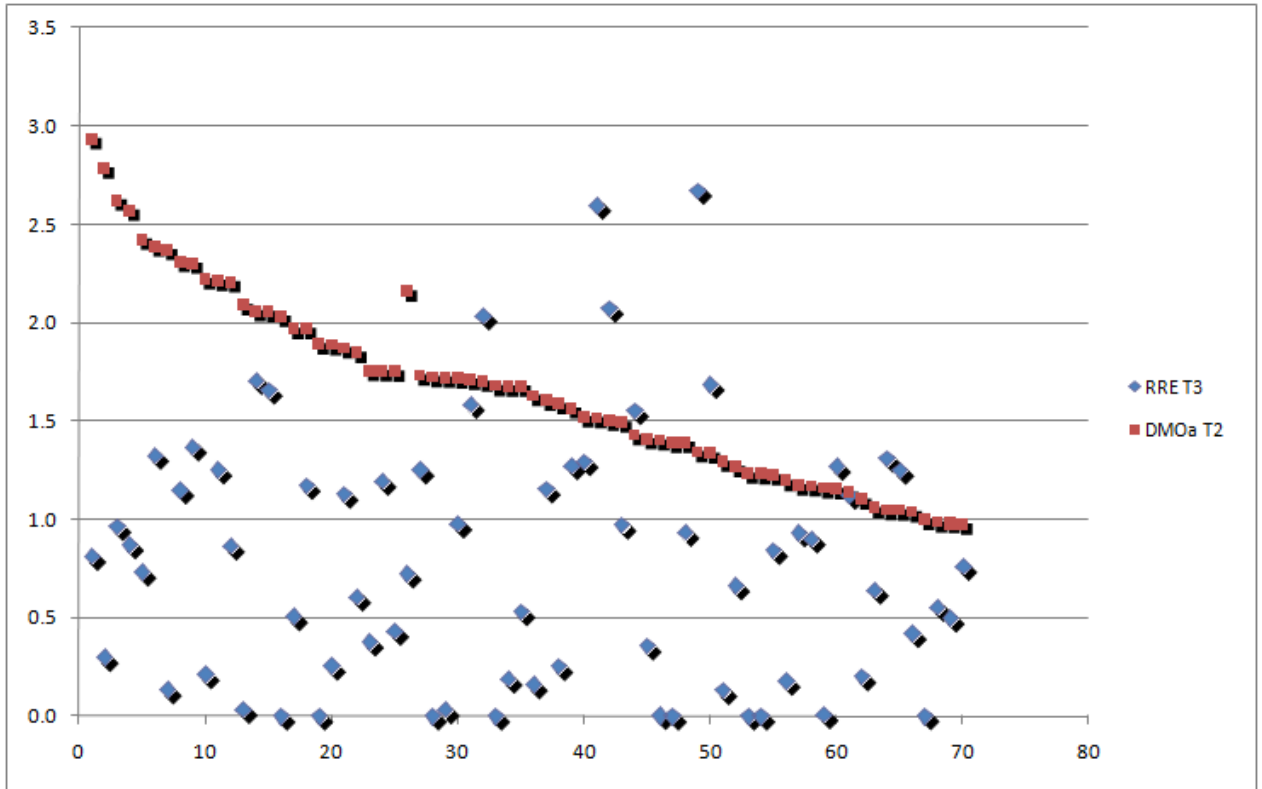
	Mínimo	Máximo	Média	DP	p
Idade (anos)	10,6	51	21,5	11,065	
RRE T <sub>2</sub> (mm)	0,00	2,32	0,51	0,55	
RRE T <sub>3</sub> (mm)	0,00	2,67	0,79	0,64	
DMOa T <sub>1</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	0,78	3,91	1,82	0,73	
DMOa T <sub>2</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	0,97	2,93	1,65	0,48	0,711 ns
DMOa T <sub>3</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	0,78	3,46	1,70	0,51	

ns – não significante

**Tabela 2** – Comparação da RRE T<sub>3</sub> (mm) entre os grupos com e sem tendência a reabsorção radicular, mediante o teste de Mann-Whitney.

Com tendência (21/70)		Sem tendência (49/70)		p
RRE T <sub>3</sub> mm (x)	DP	RRE T <sub>3</sub> mm (x)	DP	
0,41	0,57	0,89	0,59	*0,011

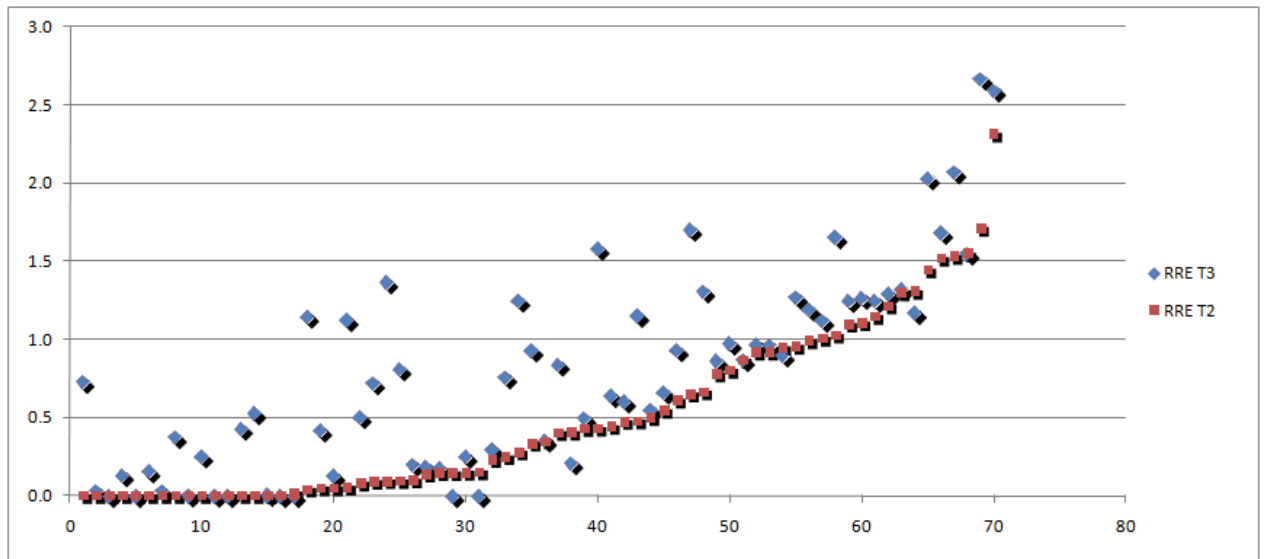
\*Estatisticamente significante (p<0,05)



**Figura 6** – Distribuição dos dados entre a DMOa em T<sub>2</sub> e a RRE após 12 meses.

A análise de regressão linear simples mostrou que a quantidade de RRE em T<sub>2</sub> está associada à RRE em T<sub>3</sub> ( $p < 0,001$ ;  $r^2 = 0,69$ ). A quantidade de RRE em T<sub>3</sub> pôde ser estimada pela fórmula:

$$\text{RRE T}_3 = 0,287 + 0,998 \cdot (\text{RRE T}_2)$$



**Figura 7** – Distribuição dos dados entre a RRE aos seis e aos 12 meses de tratamento.

## DISCUSSÃO

Relatos prévios haviam sugerido uma correlação entre a morfologia radicular e a RRE durante a movimentação ortodôntica, sendo as formas de pipeta, triangular e dilacerada as principais características morfológicas radiculares associadas à reabsorção radicular.<sup>1,3,5,14,27</sup> A provável explicação para a maior tendência à RRE seria a possibilidade de maior concentração de força nos formatos apicais radiculares mais afilados, e conseqüentemente maior dano ao cimento.<sup>1</sup> Ainda que possa parecer uma razão plausível, ainda não está clara a relação entre a dissipação de força apical e a RRE. Contrariamente a as hipóteses anteriormente sustentadas, na presente pesquisa o grupo “com tendência à RRE” apresentou menores níveis de reabsorção quando comparado ao grupo supostamente sem tendência ( $p < 0,05$ ). Alguns trabalhos recentes também tem reportado fraca ou falta de correlação entre os formatos radiculares e a RRE.<sup>2,4,12,21</sup>

Vale ressaltar que do ponto de vista clínico, uma reabsorção ainda que leve em raízes curtas poderá ser mais relevante que a mesma quantidade em raízes longas. Portanto, mesmo que as raízes curtas não estejam mais sujeitas a reabsorção, o cuidado deve ser maior neste formato em particular.

Ainda com base na maior concentração de forças apicais, alguns estudos têm investigado a influência da densidade óssea sobre a RRE durante o tratamento ortodôntico.

Teoricamente, em casos de maior densidade, haveria maior concentração de força e eventualmente maior RRE.

Estudos recentes tem demonstrado maior densidade óssea da região alveolar anterior da mandíbula e da maxila em relação às regiões posteriores.<sup>18,28,29</sup> Este fato por si poderia justificar a maior ocorrência da RRE na região anterior. Entretanto, não está claro se as variações individuais de DMO podem influenciar a quantidade de RRE durante o tratamento ortodôntico.

Horiuchi et al.<sup>6</sup> reportaram que a aproximação radicular dos incisivos centrais superiores contra a cortical palatina durante o tratamento ortodôntico explicaria aproximadamente 12% da reabsorção radicular. Certos procedimentos ortodônticos como torque dos incisivos superiores, mudanças na angulação, tempo de uso de arcos retangulares e mecânica com extrações no arco superior, estariam relacionados à aproximação das raízes dos incisivos maxilares contra a cortical palatina, aumentando o risco de reabsorção (odds ratio 20).<sup>7</sup> Por outro lado, Wainwright<sup>30</sup>, em um estudo histológico em macacos, não encontrou diferença na quantidade de reabsorção radicular entre o movimento contra a cortical óssea ou no movimento de volta em direção ao osso trabecular. Mirabella e Årtun<sup>2</sup> também não constataram maior reabsorção radicular em pacientes que apresentaram as raízes e os ápices julgados subjetivamente em íntima aproximação a cortical palatina.

O presente estudo mostrou que nem aos seis, e nem aos 12 meses a leitura radiográfica da DMOa correlacionou-se com a RRE. Mesmo utilizando técnicas digitais em telerradiografias laterais, Otis et al.<sup>16</sup> também não encontraram correlação significativa da densidade com a extensão da RRE.

Embora a RRE dos incisivos centrais superiores em 12 meses de tratamento ortodôntico não tenha sido correlacionada com a densidade alveolar local, sugere-se que esta relação ainda seja investigada (e com as novas técnicas radiográficas volumétricas) visto a literatura ainda apresenta poucos trabalhos conclusivos a este respeito. Além disto, mesmo que a RRE por si não sofra interferência relevante da DMOa, sugere-se que o aumento ou diminuição da densidade do osso alveolar possa influenciar a taxa de movimentação ortodôntica.<sup>15,31-35</sup>

Foi reportado que pacientes que apresentam reabsorções maiores que 1mm aos seis meses apresentam cerca de três vezes mais chances de reabsorção severa (maior que 5mm) ao final do tratamento. E aqueles com mais de 2mm apresentam cerca de 15 vezes mais chances desta ocorrência.<sup>13</sup> No presente estudo, 40% (14/35) dos pacientes já apresentava ao menos um incisivo central com RRE  $\geq 1$  e  $< 2$ mm e um paciente já tinha RRE maior que 2mm aos



seis meses de tratamento. Entretanto, aos 12 meses de tratamento ortodôntico, 91,4% dos pacientes apresentavam menos que 2mm de RRE, corroborando os dados da literatura de que, de modo geral, o risco de reabsorções severas é pequeno. Em 8,6% (3/35) dos pacientes ao menos um incisivo apresentava RRE  $\geq 2$ mm (max=2,67).

Tem sido relatado que os casos envolvendo extrações de pré-molares estão mais sujeitos a maiores níveis de RRE.<sup>13,20,21,36</sup> Na presente amostra apenas três pacientes experimentaram exodontias (sendo apenas um dos casos envolvendo pré-molares), e portanto, não pode ser utilizada para testar esta hipótese. Sugere-se que o deslocamento apical maior, principalmente no sentido ântero-posterior, nos casos com exodontias seja o real fator de risco para RRE.<sup>2,3,6-8,21,37,38</sup> De qualquer modo, o período de 12 meses do presente estudo, bem como o fato da maioria dos casos não incluírem mecânica de extrações, justificam a baixa média de RRE encontrada no presente estudo (x=1,7mm, variação de 0 a 2,67mm).

Já que os fatores de risco para RRE ainda não são preditores adequados, assim como o presente estudo, alguns autores tem buscado identificar nos estágios iniciais do tratamento aqueles que poderão apresentar RRE severas após o tratamento ortodôntico.<sup>12-14</sup> Årtun et al.<sup>13</sup> encontraram correlação significativa da RRE nos primeiros seis de tratamento com a RRE aos 12 meses e ao final do tratamento ativo. Relataram que a RRE aos seis meses explicou 46% ( $p < 0,001$ ;  $r^2 = 0,46$ ) da RRE ao final do tratamento, e a RRE aos 12 meses explicou 70% ( $p < 0,001$ ;  $r^2 = 0,70$ ). A fórmula de regressão encontrada para a presente amostra, explicou 70% dos casos de reabsorção aos 12 meses. Embora no presente estudo não se possa precisar a RRE do final do tratamento, os presentes dados corroboram o forte poder de previsão que uma tomada radiográfica periapical aos seis meses pode apresentar quanto ao risco de RRE.

## CONCLUSÃO

A quantidade de RRE radicular registrada aos seis meses iniciais de tratamento ortodôntico apresentou-se como um importante fator de previsão para RRE nos seis meses seguintes.

Raízes classificadas como “com tendência à RRE” (triangulares, dilacerada, forma de pipeta e curta) apresentaram menor índice de reabsorção em relação ao grupo “sem tendência” (romboidais e retangulares).

A densidade alveolar obtida a partir de radiografias periapicais não se correlacionou com a perspectiva de reabsorção radicular aos 12 meses de tratamento ortodôntico ativo.

## REFERÊNCIAS

1. Consolaro A. Reabsorções dentárias na movimentação ortodôntica. In: Consolaro A. *Reabsorções Dentárias nas especialidades clínicas*. 2nd ed. Maringá: Dental Press, 2005; p. 353–400.
2. Mirabella AD, Årtun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995;108(1):48–55.
3. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part I. Treatment factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001;119(5):505–510.
4. Smale I, Artun J, Behbehani F, Doppel D, Van't Hof M, Kuijpers-Jagtman AM. Apical root resorption 6 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2005; 128(1):57–67.
5. Taithongchai R, Sookkorn K, Killiany DM. Facial and dentoalveolar structure of apical root shortening and the prediction of apical root shortening. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1996;110:296–302.
6. Horiuchi A, Hotokezaka H, Kobayashi K. Correlation between cortical plate proximity and apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998;114(3):311–318.
7. Kaley J, Phillips C. Factors related to root resorption in edgewise practice. *Angle Orthod*. 1991;61(2):125–132.
8. Segal GR, Schiffman PH, Tuncay OC. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofacial Res*. 2004;7:71–78.
9. Linge L, Linge BO. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1991;99(1):5–43.
10. Vicilli RF, Chen J, Katona TR, Roberts WE. Comparison of Dentoalveolar Morphology in WT and P2X7R KO Mice for the Development of Biomechanical Orthodontic Models. *Anat. Rec*. 2009; 292(2):292–298.

11. Viecilli RF, Katona T, Chen J, Roberts E, Hartsfield Jr J. *Orthodontic mechanotransduction and the role of the P2X7 receptor*. Pardue: Pardue School of Engineering and Technology, Department of Mechanical Engineering, Spring 2009. Seminars Series.
12. Årtun J, Smale I, Behbehani F, Doppel D, Van't Hof M, Kuijpers-Jagtman AM. Apical Root Resorption Six and 12 Months After Initiation of Fixed Orthodontic Appliance Therapy. *The Angle Orthodontist*. 2005;75(6):919–926.
13. Årtun J, Van't Hullenaar R, Doppel D, Kuijpers-Jagtman AM. Identification of orthodontic patients at risk of severe apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;135(4):448–455.
14. Levander E, Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: A study of upper incisors. *Eur J Orthod*. 1988;10(1):30–38.
15. Goldie RS, King GJ. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient, and lactating rats. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1984;85(5):424–430.
16. Otis LL, Hong JSH.; Tuncay. Bone structure effect on root resorption. *Orthod Craniofacial Res*. 2004;7:165–177.
17. Scheibel PC, Ramos AL. Correlation between alveolar bone density and apical root resorption after six months of active orthodontic treatment. 2010. Manuscript submitted to *Angle Orthodontist*.2010.
18. Scheibel PC, Ramos AL. Correlation between alveolar and systemic bone density. 2009. Manuscript submitted to *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009.
19. Rosa JE. Considerations about radiographic processing. *Rev Catar Odont*. 1975;2:29–36.
20. Mohandesan H, Ravanmehr H, Valei N. A radiographic analysis of external apical root resorption of maxillary incisors during active orthodontic treatment. *Eur J Orthod*. 2007;29(2):134–139.
21. Provenzano MGA. *Root resorption in maxillary incisors treated orthodontically in Class II patients with and without premolar extraction* [monograph]. Maringá: Associação Maringaense de Odontologia; 2008.

22. Esteves T, Ramos AL, Pereira CM, Hidalgo MM. Orthodontic Root Resorption of Endodontically Treated Teeth. *J Endod.* 2007; 33(2): 119 –122.
23. Capelozza Filho L, Benicá NCM, Silva Filho OG, Cavassan AO. Root resorption in the orthodontic practice: Application of a radiographic method for early diagnosis. *Ortodontia.* 2002;35(2):14–26.
24. Martins MM, Silva ACP, Mendes AM, Goldner MTA. External apical root resorption frequency and severity degree in cases treated with and without first-premolar extraction. *Ortodon Gaúcha.* 2003;7(2):121–128.
25. Spurrier SW, Hall SH, Joondeph DR, Shapiro PA, Riedel RA. A comparison of apical root resorption during orthodontic treatment in endodontically treated teeth and vital teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990;97:130–4.
26. Dahlberg G. *Statistical methods for medical and biological students.* London: George Allen and Unwin Ltd, 1940; p. 122–132.
27. Furquim LZ. *Endocrinological profile of orthodontically treated patients with and without root resorption.* [thesis]. Bauru: Faculdade Estadual de São Paulo; 2002.
28. Choi J, Park C, Yi S, Lim H, Hwang H. Bone density measurement in interdental areas with simulated placement of orthodontic miniscrew implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136:766–777.
29. Oliveira RCG, Leles CR, Normanha M D, Lindh C, Ribeiro-Rotta RF. Assessments of trabecular bone density at implant sites on CT images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;105(2):231–238.
30. Wainwright WM. Facial lingual tooth movement: Its influence on the root and cortical plate. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1973;64(3):278–302.
31. Ashcraft MB, Southard KA, Tolley EA. The effect of corticosteroid induced osteoporosis on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1992;102(4):310–319.
32. Bridges T, King G, Mohamed A. The effect of age on tooth movement and mineral density in the alveolar tissues of the rat. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1988;93(3):245–250.

33. Hashimoto F, Kobayashi Y, Mataka S, Kobayashi K, Kato Y, Sakai, H. Administration of osteocalcin accelerates orthodontic tooth movement induced by a closed coil spring in rats. *Eur J Orthod.* 2001;23:535–545.
34. Midgett RJ, Shaye R, Fruge JF. The effect of altered bone metabolism on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1981;80(3):256–262.
35. Verna C, Dalstra M, Melsen B. The rate and the type of orthodontic tooth movement is influenced by bone turnover in a rat model. *Eur J Orthod.* 2000;22:343–352, 2000.
36. Harris EF. Root Resorption During Orthodontic Therapy. *Seminars in Orthodontics.* 2000;6(3):183–194.
37. Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;110(3):311–320.
38. Beltrão RTS. *Study of the radicular resorption of bicuspids after treatment of anterior open bite.* [thesis]. Bauru: Faculdade Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo; 2005.

**APÊNDICE A – Resumo das possibilidades de avaliações radiográficas intra e extrabucais segundo as respectivas classificações sugeridas pelos autores.**

- **Perda em altura da crista óssea alveolar**
  1. **PANORÂMICA** (YAŞAR e AKGUNLU, 2006; NACKAERTS et al., 2008)
  2. **INTERPROXIMAL** (GARCIA e SOUZA, 1999)

Medida linear obtida em milímetros da junção amelocementária até a crista óssea alveolar.
- **Índice de qualidade óssea (Bone quality index)**
  1. **PANORÂMICA** (HORNOR e DELVIN, 1998; NACKAERTS et al., 2008)
  2. **TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA** (OLIVEIRA et al., 2008)

Qualidade óssea dependendo da quantidade e proporção de osso cortical e trabecular:

Tipo 1- osso cortical homogêneo

Tipo 2- osso cortical espesso com cavidade medular

Tipo 3- cortical fina com denso trabeculado ósseo de boa resistência

Tipo 4- cortical muito fina com baixa densidade do osso trabeculado de baixa resistência
- **Índice cortical (Cortical Index) Porosidade mandibular**
  1. **PANORÂMICA** (HORNOR e DELVIN, 1998; YAŞAR e AKGUNLU, 2006)

C1: As bordas do endóstio na cortical inferior são homogêneas em ambos os lados.

C2: As bordas do endóstio na cortical inferior apresentam defeitos semilunares ou irregularidades.

C3: A cortical apresenta nítida porosidade com irregularidades no endóstio.
- **Análise visual do padrão do trabeculado ósseo**
  1. **PERIAPICAL com escala de AI** (LINDH et al., 1996 e 2008; JONASSON et al., 2001 e 2006)

Grade 1: Esparso

Grade 2: Heterogêneo (esparso alternado com denso)

Grade 3: Denso
- **Análise do padrão trabecular**
  1. **PERIAPICAL com escala de AI** (JONASSON et al., 2006)

Grupo A: Esparso

Grupo B: Esparso alternado com denso, com trabeculado fino

Grupo C: Esparso alternado com denso, com trabeculado espesso

Grupo D: Denso
- **Fractal analysis**
  1. **TELERRADIOGRAFIA** (OTIS et al., 2004)
  2. **PERIAPICAL** (YAŞAR e AKGUNLU, 2006)

*Fractal analysis* é uma técnica matemática para quantificar estruturas complexas como a do trabeculado ósseo: avaliação da textura e forma individual das trabéculas ósseas e da estrutura trabecular geral (FAZZALARI e PARKINSON, 1998).

## **APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido para participação no estudo “Correlação entre a densidade óssea alveolar e reabsorção radicular apical em pacientes ortodônticos”.**

### **Convite**

Convidamos você a participar como voluntária da pesquisa **“Correlação entre a Densidade Óssea Alveolar e Reabsorção Radicular Apical em Pacientes Ortodônticos”**, na qual realizaremos avaliações de radiografias, que rotineiramente são realizadas quando se usa aparelho ortodôntico fixo.

### **Justificativa, objetivos e procedimentos**

Cada vez é maior o número de pacientes adultos que usam aparelho fixo. Isto se deve ao aumento da qualidade de vida, bem como à preocupação com a estética dos dentes e da face, para melhorar o sorriso. Diante disto, os ortodontistas (dentistas que colocam aparelhos fixos) e pesquisadores preocupam-se com relação às prováveis diferenças que podem ocorrer em resposta ao uso de aparelho ortodôntico em pacientes adultos.

Estudos com pessoas hipertensas, diabéticas, com osteoporose, entre outras alterações sistêmicas mais comuns nos adultos, têm sido alvo de pesquisas. E mesmos casos leves podem alterar as respostas ao tratamento com aparelhos fixos. Algumas alterações ósseas podem ser descobertas por uma radiografia dentária periapical.

**A radiografia periapical** é um método de imagem utilizado para ajudar no diagnóstico de diversas patologias envolvendo os dentes e o osso alveolar (osso que envolve os dentes), sendo utilizado em praticamente todas as áreas da odontologia. Além desta diversidade de diagnósticos que esta radiografia oferece, ela pode fornecer dados sobre a densidade óssea, que é um dado importante para quem vai utilizar aparelho ortodôntico e ou vai receber implantes dentários.

**Este estudo tem como objetivo** avaliar a correlação entre a densidade do osso da região dos dentes anteriores superiores e reabsorção das raízes, em pacientes sob tratamento ortodôntico, por meio da avaliação das radiografias periapicais.

Dois exames radiográficos periapicais, com intervalo de seis meses entre estes, serão realizados em todos os participantes. O exame consiste de um procedimento simples e rápido, no qual será posicionada uma pequena escala de alumínio aderida a um filme radiográfico no interior da boca dos voluntários, por trás dos dentes superiores anteriores. Embora a radiação emitida para um filme periapical seja de baixíssima intensidade, não oferecendo risco ao paciente, em todos os exames, seguindo o protocolo geral de proteção contra a radiação x, será usado um avental de chumbo

posicionado sobre a região de pescoço e abdome das participantes.

### **Atestado**

Os voluntários da pesquisa terão direito, quando solicitados, a um comprovante (atestado) de comparecimento ao atendimento clínico, para fins de justificativas de falta junto às escolas ou no trabalho, de acordo com os preceitos estabelecidos pela Lei 5081, no seu artigo 6º (25/08/66).

### **Benefícios**

Como citado anteriormente, a radiografia periapical é um método de imagem utilizado no auxílio diagnóstico de diversas patologias. Portanto, as pacientes serão beneficiadas pela oportunidade de terem seus dentes anteriores superiores, assim como o osso desta região, avaliados radiograficamente de forma gratuita (sem custos).

Vale lembrar que todos os pacientes que usam aparelho fixo ortodôntico devem realizar a radiografia periapical, independentemente da participação nesta pesquisa, já que se trata de um exame de controle durante o tratamento ortodôntico.

### **Riscos esperados**

Comprovadamente, este exame não causa nenhum tipo de malefício à pessoa submetida ao mesmo. Alguns pacientes sentem certo desconforto, como ânsia, devido à presença do filme radiográfico dentro da boca. Geralmente, esta sensação ocorre quando os dentes posteriores são radiografados, o que não é o caso da presente pesquisa, que será limitada aos incisivos superiores (dentes anteriores).

### **Resultados esperados**

A partir dos dados do presente trabalho, pretende-se apresentar dados auxiliares de diagnóstico da densidade óssea de interesse ao ortodontista para o julgamento de risco da reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico.

### **Liberdade de recusar ou retirar o consentimento sem penalização e garantia de sigilo e privacidade**

Você ou seu responsável tem a liberdade de participar, recusar ou retirar o consentimento sem qualquer problema sendo garantido sigilo sobre as informações prestadas e obtidas no estudo.



Eu, \_\_\_\_\_, após ter lido e entendido as informações e esclarecido todas as minhas dúvidas referentes a este estudo com o Professor Adilson Luiz Ramos e com a equipe de pesquisa **CONCORDO VOLUNTARIAMENTE** participar do mesmo.

Data: \_\_/\_\_/\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura (do pesquisado ou responsável)  
ou impressão datiloscópica

Eu, \_\_\_\_\_, declaro que forneci todas as informações referentes ao estudo ao paciente.

Data: \_\_/\_\_/\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador responsável

### **Equipe**

1. Nome: Adilson Luiz Ramos  
Endereço Completo: Av. Mandacaru nº 1550  
Telefone: 21019051
2. Nome: Paula Cabrini Scheibel  
Endereço Completo: Rua Mem de Sá 511  
Telefone: 32230023

### **Esclarecimentos**

Qualquer dúvida ou maiores esclarecimentos procurar um dos membros da equipe do projeto ou o Comitê Permanente de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (COPEP) da Universidade Estadual de Maringá - Sala 01 - Bloco 010 - Campus Central. Telefone: (44) 3261-4444.

## APÊNDICE C – Questionário

### Identificação

Sujeito da pesquisa: \_\_\_\_\_ R.G: \_\_\_\_\_  
 Data de nascimento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Naturalidade: \_\_\_\_\_ Gênero: \_\_\_\_\_  
 Idade: \_\_\_\_\_

### História médica

Tratamento médico Sim ( ) Não ( ) Qual? \_\_\_\_\_  
 Medicamento Sim ( ) Não ( ) Qual? \_\_\_\_\_  
 Hiperpara/hipo/hipertiroidismo Sim ( ) Não ( )

### História médica (mulheres adultas)

Reposição hormonal e/ou de cálcio Sim ( ) Não ( )  
 Osteoporose Sim ( ) Não ( )  
 Grávida / amamentando Sim ( ) Não ( )  
 Menopausa Sim ( ) Não ( )

### História odontológica

Tratamento Ortodôntico prévio? Sim ( ) Não ( ) Qual? \_\_\_\_\_  
 Tratamento Endodôntico, Protético ou Implante (incisivos superiores)?  
 Sim ( ) Não ( ) Qual? \_\_\_\_\_

Traumatismo alvéolo-dentário (incisivos superiores)? Sim ( ) Não ( )

Hábitos:

Onicofagia ( )  
 Bruxismo ( )  
 Apertamento ( )  
 Sucção digital ( )  
 Fumo ( )  
 Outros \_\_\_\_\_

Observações:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Assinatura (do pesquisado ou responsável) ou impressão datiloscópica

Data: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

**APÊNDICE D – Erro de Dahlberg, coeficiente de correlação de Spearman (r) para avaliar a reprodutibilidade das variáveis contínuas: reabsorção radicular (RRE), densidade alveolar (DMOa) em T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> dos incisivos centrais superiores direito e esquerdo (11 e 21); e densidade do segundo degrau do penetrômetro de alumínio, referentes ao artigo 1.**

Medida	Erro	r
<b>11</b>		
RRE	0,06mm	0,971
DMOa T <sub>1</sub>	0,76g/cm <sup>2</sup>	0,996
DMOa T <sub>2</sub>	1,16 g/cm <sup>2</sup>	0,995
<b>21</b>		
RRE	0,09mm	0,919
DMOa T <sub>1</sub>	0,87 g/cm <sup>2</sup>	0,990
DMOa T <sub>2</sub>	0,83 g/cm <sup>2</sup>	0,989
Densidade 2° degrau T <sub>1</sub>	0,20 g/cm <sup>2</sup>	1,000
Densidade 2° degrau T <sub>2</sub>	0,26 g/cm <sup>2</sup>	0,997

**APÊNDICE E – Tabela das características dos voluntários (gênero e idade) e mensurações da reabsorção radicular apical externa (RRE) e da densidade mineral óssea alveolar (DMOa) da amostra estudada (Artigo 1).**

Voluntário N= 56	Idade (anos)	Gênero	11			21		
			RRE (mm)	DMOa T <sub>1</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	DMOa T <sub>2</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	RRE (mm)	DMOa T <sub>1</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	DMOa T <sub>2</sub> (g/cm <sup>2</sup> )
1	13,6	M	1,3	3,59	2,38	0,9	3,44	2,62
2	24,8	F	0,2	3,92	1,97	1,1	3,78	2,00
3	22,0	F	0,6	1,36	1,39	0,5	1,57	1,26
4	17,4	F	0,4	1,15	1,41	0,9	1,20	1,49
5	14,4	F	0,0	2,06	1,63	0,2	2,07	1,58
6	14,0	M	0,0	1,46	0,90	0,0	1,34	1,02
7	16,0	M	0,0	2,55	1,72	0,0	3,26	2,03
8	12,7	F	0,3	0,85	1,17	0,4	0,97	0,98
9	13,0	F	0,0	2,35	1,40	0,0	2,27	1,35
10	23,4	M	0,0	1,52	1,40	0,0	1,58	1,75
11	10,6	F	0,7	1,76	2,06	1,2	1,44	1,73
12	41,6	F	1,5	0,96	1,33	0,0	0,89	1,23
13	13,7	F	0,1	2,81	1,87	1,0	2,75	1,75
14	13,3	F	0,1	3,49	2,30	0,0	3,40	2,42
15	18,0	M	0,4	2,21	1,51	0,1	2,24	1,50
16	13,3	M	0,0	2,72	3,27	0,5	3,00	3,37
17	16,3	M	0,1	1,88	6,47	0,1	1,77	6,08
18	14,0	F	0,0	3,28	1,72	0,0	2,76	1,51
19	12,7	M	0,7	1,43	3,03	0,0	1,46	2,88
20	11,3	M	0,2	2,85	3,60	0,5	2,61	2,95
21	39,2	M	0,8	1,80	2,20	1,0	1,73	2,05
22	39,0	F	0,2	0,87	0,97	0,0	1,04	1,04
23	35,6	F	1,0	1,33	1,56	0,4	1,15	1,22
24	40,0	M	na	na	na	0,0	2,07	1,85
25	14,6	F	1,0	1,70	1,17	0,2	1,57	1,39
26	17,0	M	0,4	2,53	1,71	1,6	1,55	1,43
27	51,0	F	0,0	1,43	1,68	0,1	1,34	1,89
28	10,7	F	0,0	1,42	1,23	0,5	1,60	0,98
29	15,3	M	0,3	1,44	2,21	2,3	1,36	1,51
30	15,0	F	1,4	1,45	1,75	0,9	1,42	1,81
31	11,0	F	1,2	1,04	1,49	0,1	1,34	1,52
32	13,0	M	0,0	1,58	1,86	0,2	1,27	1,60
33	14,2	M	1,7	2,29	1,34	1,4	1,84	1,70
34	38,7	F	1,3	2,16	1,96	0,5	1,93	1,60
35	13,3	F	0,0	2,02	2,31	0,4	2,10	2,22
36	28,6	M	0,0	3,00	2,37	0,1	2,63	1,67

37	14,8	F	1,2	1,64	1,52	1,5	1,40	1,50
38	15,2	F	0,0	1,36	1,07	na	na	na
39	13,7	F	0,4	2,10	1,06	0,7	1,79	1,05
40	16,4	F	0,1	1,47	1,29	1,0	1,25	1,13
41	14,0	F	0,0	1,42	1,67	0,8	1,34	1,71
42	38,6	F	0,0	1,54	1,11	0,6	1,47	1,06
43	29,8	F	1,1	1,53	1,15	0,1	1,50	1,10
44	19,0	M	0,2	1,18	1,91	0,0	1,16	1,78
45	15,0	M	0,1	1,96	2,93	0,2	1,71	2,78
46	12,8	M	0,1	0,73	1,34	0,0	0,66	1,35
47	22,6	F	0,1	1,32	1,19	0,0	1,21	1,16
48	18,0	F	na	na	na	0,6	2,30	1,45
49	11,3	M	0,0	1,45	1,00	1,1	1,96	1,04
50	14,8	M	0,1	1,22	1,74	0,5	1,08	1,84
51	13,6	M	0,6	1,27	3,24	0,3	1,32	3,44
52	40,0	F	0,0	1,42	1,75	0,0	1,46	1,88
53	14,0	M	0,6	2,24	1,61	0,1	2,38	1,46
54	28,6	M	0,0	3,37	2,09	0,9	3,91	2,57
55	41,7	M	0,0	3,53	3,23	0,2	2,78	2,91
56	14,5	F	0,1	1,94	1,96	0,0	1,75	1,72
<b>Média</b>	20,36		0,38	1,91	1,87	0,47	1,86	1,82
<b>DP</b>	10,52		0,48	0,78	0,90	0,52	0,76	0,84

11 = Incisivo central superior direito

21 = Incisivo central superior esquerdo

F = Gênero feminino (31)

M = Gênero masculino (25)

na = Não avaliado

**APÊNDICE F – Tabela das características morfológicas radiculares da amostra estudada (Artigo 1).**

<b>MORFOLOGIA RADICULAR</b>							
Voluntário N=56	Triangular (14/109)	Romboidal (74/109)	Retangular (3/109)	Forma de pipeta (12/109)	Dilaceração apical (5/109)	Raiz curta (9/109)	Com tendência à RRE (32/109)
1		√					
2					√	√	√
3		√					
4				√		√	√
5		√					
6		√					
7	√						√
8		√					
9		√					
10	√						√
11	21	11		21			21
12				√			√
13		√					
14	√						√
15		√					
16		√					
17	11	21					11
18	21	11					21
19	21	11					21
20		√					
21		√					
22		√					
23		√					
24						21	21
25		√					
26		√					
27				√		√	√
28	11	21					11
29		11			21		21
30	√			√			√
31		√					
32		√					
33		√					
34		√					

35		v					
36		21			11		11
37		v					
38		11					
39			v				
40		11		21			21
41		v					
42		v					
43		v					
44		21				11	11
45		v					
46				v			v
47		v					
48		21					
49			21			11	11
50		v					
51		v					
52		v					
53		v					
54	v						v
55		v					
56		11			21		21

v = Ambos os incisivos centrais superiores

11 = Incisivo central superior direito

12 = Incisivo central superior esquerdo

**APÊNDICE G – Erro de Dahlberg, coeficiente de correlação de Spearman (r) para avaliar a reprodutibilidade das variáveis contínuas: reabsorção radicular (RRE T<sub>2</sub>, RRE T<sub>3</sub>), DMO alveolar T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> dos incisivos centrais superiores direito e esquerdo (11 e 21); e densidade do segundo degrau do penetrômetro de alumínio, referentes ao artigo 2.**

Medida	Erro	r
<b>11</b>		
RRE T <sub>2</sub>	0,1mm	0,931
RRE T <sub>3</sub>	0,1mm	0,935
DMO alveolar T <sub>1</sub>	1,14 g/cm <sup>2</sup>	0,994
DMO alveolar T <sub>2</sub>	0,99 g/cm <sup>2</sup>	0,996
DMO alveolar T <sub>3</sub>	0,59 g/cm <sup>2</sup>	0,997
<b>21</b>		
RRE T <sub>2</sub>	0,1mm	0,972
RRE T <sub>3</sub>	0,2mm	0,926
DMO alveolar T <sub>1</sub>	0,93 g/cm <sup>2</sup>	0,995
DMO alveolar T <sub>2</sub>	1,20 g/cm <sup>2</sup>	0,990
DMO alveolar T <sub>3</sub>	1,67 g/cm <sup>2</sup>	0,988
Densidade 2° degrau T <sub>1</sub>	0,22 g/cm <sup>2</sup>	1,000
Densidade 2° degrau T <sub>2</sub>	0,27 g/cm <sup>2</sup>	0,998
Densidade 2° degrau T <sub>3</sub>	0,23 g/cm <sup>2</sup>	0,998



**APÊNDICE H – Tabela das características dos voluntários (gênero e idade) e mensurações da reabsorção radicular apical externa (RRE) em T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e de T<sub>2</sub> a T<sub>3</sub> (mm) e da densidade mineral óssea alveolar (DMOa) em T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> (g/cm<sup>2</sup>) da amostra estudada (Artigo 2).**

Voluntário N= 35	Idade (anos)	Gênero	11						21					
			RRE T <sub>2</sub>	RRE T <sub>2</sub> -T <sub>3</sub>	RRE T <sub>3</sub>	DMOa T <sub>1</sub>	DMOa T <sub>2</sub>	DMOa T <sub>3</sub>	RRE T <sub>2</sub>	RRE T <sub>2</sub> -T <sub>3</sub>	RRE T <sub>3</sub>	DMOa T <sub>1</sub>	DMOa T <sub>2</sub>	DMOa T <sub>3</sub>
			(mm)	(mm)	(mm)	(g/cm <sup>2</sup> )	(g/cm <sup>2</sup> )	(g/cm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(g/cm <sup>2</sup> )	(g/cm <sup>2</sup> )	(g/cm <sup>2</sup> )
1	13.6	M	1,3	0,0	1,3	3,59	2,38	1,00	0,9	0,1	1,0	3,44	2,62	1,06
2	22.0	F	0,6	0,3	0,9	1,36	1,39	1,12	0,5	0,2	0,7	1,57	1,26	1,12
3	17.4	F	0,4	0,0	0,4	1,15	1,41	1,43	0,9	0,1	1,0	1,20	1,49	1,27
4	14.4	F	0,0	0,2	0,2	2,06	1,63	1,92	0,2	0,1	0,3	2,07	1,58	1,78
5	16.0	M	0,0	0,0	0,0	2,55	1,72	1,66	0,0	0,0	0,0	3,26	2,03	1,73
6	12.7	F	0,3	0,6	0,9	0,85	1,17	1,15	0,4	0,1	0,5	0,97	0,98	0,99
7	23.4	M	0,0	0,0	0,0	1,52	1,40	1,36	0,0	0,4	0,4	1,58	1,75	1,62
8	10.6	F	0,7	1,0	1,7	1,76	2,06	1,33	1,2	0,1	1,3	1,44	1,73	1,28
9	41.6	F	1,5	0,2	1,7	0,96	1,33	1,77	0,0	0,0	0,0	0,89	1,23	1,61
10	13.7	F	0,1	1,0	1,1	2,81	1,87	1,57	1,0	0,2	1,2	2,75	1,75	1,42
11	13.3	F	0,1	1,3	1,4	3,49	2,30	1,33	0,0	0,7	0,7	3,40	2,42	1,56
12	39.2	M	0,8	0,1	0,9	1,80	2,20	2,41	1,0	0,7	1,7	1,73	2,05	2,28
13	39.0	F	0,2	0,6	0,8	0,87	0,97	1,48	0,0	0,4	0,4	1,04	1,04	1,22
14	35.6	F	1,0	0,3	1,3	1,33	1,56	2,01	0,4	0,4	0,8	1,15	1,22	1,82
15	14.6	F	1,0	0,0	1,0	1,70	1,17	1,18	0,2	0,0	0,2	1,57	1,39	1,19
16	17.0	M	0,4	1,2	1,6	2,53	1,71	1,47	1,6	0,0	1,6	1,55	1,43	1,30
17	51.0	F	0,0	0,0	0,0	1,43	1,68	1,59	0,1	0,0	0,0	1,34	1,89	1,73
18	10.7	F	0,0	0,0	0,0	1,42	1,23	2,04	0,5	0,1	0,6	1,60	0,98	2,22
19	15.3	M	0,3	1,0	1,3	1,44	2,21	1,10	2,3	0,3	2,6	1,36	1,51	0,78
20	14.2	M	1,7	1,0	2,7	2,29	1,34	1,67	1,4	0,6	2,0	1,84	1,70	1,63
21	38.7	F	1,3	0,0	1,3	2,16	1,96	1,86	0,5	0,7	1,2	1,93	1,60	1,78
22	13.3	F	0,0	1,1	1,1	2,02	2,31	2,36	0,4	0,0	0,4	2,10	2,22	2,35
23	28.6	M	0,0	0,1	0,1	3,00	2,37	2,30	0,1	0,1	0,2	2,63	1,67	1,89
24	14.8	F	1,2	0,1	1,3	1,64	1,52	1,48	1,5	0,6	2,1	1,40	1,50	1,31
25	13.7	F	0,4	0,2	0,6	2,10	1,06	1,83	0,7	0,6	1,3	1,79	1,05	1,68
26	16.4	F	0,1	0,0	0,1	1,47	1,29	1,34	1,0	0,1	1,1	1,25	1,13	1,21
27	14.0	F	0,0	0,5	0,5	1,42	1,67	1,69	0,8	0,2	1,0	1,34	1,71	1,75
28	29.8	F	1,1	0,2	1,3	1,53	1,15	1,55	0,1	0,1	0,2	1,50	1,10	1,37
29	15.0	M	0,1	0,7	0,8	1,96	2,93	2,00	0,2	0,1	0,3	1,71	2,78	1,88
30	22.6	F	0,1	0,1	0,2	1,32	1,19	3,06	0,0	0,0	0,0	1,21	1,16	2,53
31	11.3	M	0,0	0,0	0,0	1,45	1,00	2,12	1,1	0,1	1,2	1,96	1,04	2,14
32	14.8	M	0,1	0,6	0,7	1,22	1,74	3,46	0,5	0,1	0,6	1,08	1,84	3,37
33	40.0	F	0,0	0,4	0,4	1,42	1,75	1,64	0,0	0,3	0,3	1,46	1,88	1,78
34	28.6	M	0,0	0,1	0,0	3,37	2,09	1,47	0,9	0,0	0,9	3,91	2,57	1,81
35	14.5	F	0,1	0,4	0,5	1,94	1,96	1,92	0,0	0,0	0,0	1,75	1,72	1,88

---

<b>Média</b>	21.46	0,43	0,38	0,80	1,85	1,68	1,74	0,59	0,21	0,79	1,79	1,63	1,67
<b>DP</b>	11.06	0,52	0,41	0,64	0,72	0,47	0,53	0,57	0,23	0,65	0,75	0,48	0,50

---

11 = Incisivo central superior direito

21 = Incisivo central superior esquerdo

F = Gênero feminino (23)

M = Gênero masculino (12)

**APÊNDICE I – Tabela das características morfológicas radiculares da amostra estudada (Artigo 2).**

<b>MORFOLOGIA RADICULAR</b>							
Voluntário	Triangular	Romboidal	Retangular	Forma de pipeta	Dilaceração apical	Raiz curta	Com tendência à RRE
N=35	(11/70)	(45/70)	(4/70)	(7/70)	(3/70)	(6/70)	(21/70)
1		√					
2		√					
3				√		√	√
4		√					
5	√						√
6		√					
7	√						√
8	21	11		21			21
9				√			√
10		√					
11	√						√
12		√					
13		√					
14		√					
15		√					
16		√					
16				√		√	√
18	11	21					11
19		11			21		21
20		√					
21		√					
22		√					
23	11	21			√		11
24		√					
25			√				
26		11		21			21
27		√					
28		√					
29		√					
30		√					
31			21			11	11
32		√					
33		√					
34	√						√
35		11			21		21

---

v = Ambos os incisivos centrais superiores

11 = Incisivo central superior direito

12 = Incisivo central superior esquerdo

**APÊNDICE J – Estatística descritiva da amostra estudada no Artigo 2 para os fatores idade, RRE em T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e de T<sub>2</sub> a T<sub>3</sub> (mm), e DMOa (g/cm<sup>2</sup>) para os 70 incisivos centrais superiores direito e esquerdo (11,21). Comparação entre a DMOa em T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> mediante o teste de Kruskal-Wallis (p).**

	Mínimo	Máximo	Média	DP	p
Idade	10,6	51	21,5	11,065	
<b>11</b>					
RRE T <sub>2</sub>	0,00	1,72	0,43	0,52	
RRE T <sub>2</sub> -T <sub>3</sub>	0,00	1,27	0,37	0,41	
RRE T <sub>3</sub>	0,00	2,67	0,80	0,63	
DMOa T <sub>1</sub>	0,85	3,59	1,85	0,72	
DMOa T <sub>2</sub>	0,97	2,93	1,68	0,47	0,776 ns
DMOa T <sub>3</sub>	1,00	3,46	1,74	0,53	
<b>21</b>					
RRE T <sub>2</sub>	0,00	2,32	0,59	0,57	
RRE T <sub>2</sub> -T <sub>3</sub>	0,00	0,85	0,20	0,23	
RRE T <sub>3</sub>	0,00	2,59	0,77	0,66	
DMOa T <sub>1</sub>	0,89	3,91	1,79	0,75	
DMOa T <sub>2</sub>	0,98	2,78	1,63	0,48	0,854 ns
DMOa T <sub>3</sub>	0,78	3,37	1,67	0,50	
<b>11, 21</b>					
RRE T <sub>2</sub>	0,00	2,32	0,51	0,55	
RRE T <sub>2</sub> -T <sub>3</sub>	0,00	1,27	0,29	0,34	
RRE T <sub>3</sub>	0,00	2,67	0,79	0,64	
DMOa T <sub>1</sub>	0,78	3,91	1,82	0,73	
DMOa T <sub>2</sub>	0,97	2,93	1,65	0,48	0,711ns
DMOa T <sub>3</sub>	0,78	3,46	1,70	0,51	

ns – diferença não significativa

## ANEXO A – Normas para submissão de artigos à revista *The Angle Orthodontist*



### Information for Contributors

---

Please organize and enter your Original Article manuscript using the following headings (Case reports and other types of articles may vary):

**COVER LETTER** - Must contain the following:

**Copyright Releases** - The following written statement, signed by one of the authors and acting on behalf of all of the authors, must accompany all manuscripts:

"The undersigned author transfers all copyright ownership of the manuscript (fill in the title of your manuscript) to *The Angle Orthodontist* in the event the work is published. The undersigned author warrants that the article is original, is not under consideration for publication by another journal and has not been previously published. I sign for and accept responsibility for releasing this material on behalf of *any* and all coauthors."

Direct quotations, tables or images that have appeared elsewhere in copyrighted material must be accompanied by a signed release from the copyright owner. Complete information identifying the source of the material is required.

**Patient Releases** - A signed release must be obtained for all images that contain identifiable patients or human subjects. These releases must be retained indefinitely by the Corresponding Author. A cover letter must be submitted with the manuscript attesting to the fact that all applicable patient releases were obtained and are on file with the Corresponding Author.

Each release statement must be on a separate page, include the manuscript title, all authors' names and contain a copy of the following statement signed by the patient:

"I hereby grant all rights to publish photographs or other images of me in the above manuscript where I appear as a patient or subject without payment of any kind. I have been informed that any images of me that do appear may be modified."

- **ARTICLE FILE**

Articles must be original and written in clear English. The total article file must be entered as one document and must contain the Title, Abstract, Text References and Figure Legends. The article file must not exceed a maximum of 3500 words. To determine the number of words in your document, go to the toolbar, click on tools and then click on word count.

**Please enter only the following items in the article file:**

- **Title** of the manuscript
- **Abstract** - *The Angle Orthodontist* is using a structured abstract which must be limited to 250 words. The abstract should conform to the following outline and not contain an introduction, literature review or discussion.

**ABSTRACT**

**Objective:** List the specific goal(s) of the research.

**Materials and Methods:** Briefly describe the procedures you used to accomplish this work. Leave the small details for the manuscript itself.

**Results:** Identify the results that were found as a result of this study.

**Conclusion:** List the specific conclusion(s) that can be drawn based on the results of this

study.

- **Manuscript text** - Please remove all references to the author's identity or institutions as manuscripts are peer reviewed anonymously. An original article text will contain the following in order:

*INTRODUCTION* - This section states the purpose of the research and includes a brief summary of the literature describing the current state of the field.

*MATERIALS AND METHODS* - This section states exactly what was done and should enable a reader to replicate the work. Materials or methods described elsewhere in the literature can be referenced without repeating these details. Identify teeth using the full name of the tooth or the FDI annotation. If human subjects or animals were involved in the work, this section must contain a statement that the rights of the human or animal subjects were protected and approval was obtained from an identified institutional review board, or its equivalent.

*RESULTS* - This section should describe the objective findings without any comment on their significance or relative importance. Cite all tables and figures in sequential order in the text.

*DISCUSSION* - Only this section allows you freedom to interpret your data and to give your opinion of the value of your findings relative to previous work. All opinions must be limited to this section.

*CONCLUSION* - This section states what conclusions can be drawn specifically from the research reported. Bullet points are preferred. Do not repeat material from other sections..

*REFERENCES* - References cited must refer to published material. Number references consecutively in order of their appearance in the manuscript using superscript and Arabic numerals. References to "personal communication" or unpublished theses are not acceptable. The style and punctuation of references should strictly conform to *American Medical Association Manual of Style: A Guide for Authors and Editors*, 9th ed (Baltimore, Md: Williams & Wilkins; 1998). Consult previous issues of *The Angle Orthodontist* for guidance (Available at <http://www.angle.org> ).

*FIGURE LEGENDS* - All figures must be numbered sequentially in the manuscript and a legend for each figure must appear in this section.

- **TABLE FILES**

Each table must be in WORD or EXCEL format and entered as a separate file. Each table must have its own legend accompanying it, numbered with Arabic numerals and sequentially referred to in the text. All abbreviations used in the table must be defined in a footnote. Use \*  $P \leq .05$ ; \*\*  $P \leq .01$ ; \*\*\*  $P \leq .001$ ; \*\*\*\*  $P \leq .0001$  as needed. Tables cannot be in pictorial or image formats. Pictorial or image formats are figures and must be entered as figures.

- **FIGURE FILES**

Each figure must be of sufficient resolution for high quality publication usually in TIFF or EPS format. All images need to be at 300 DPI when the figure is of the size to be used in publication.

If you enter a large image at 300 DPI and reduce it to a much smaller size for publication, this will increase the DPI and the image will be very heavy and slow to open electronically. If you enter a small image (such as a 35 mm picture) and plan to enlarge it for publication, it needs to be entered at more than 300 DPI since enlargement will only reduce the resolution.

Figures in WORD or presentation software such as PowerPoint, Corel Draw or Harvard Graphics do not contain sufficient resolution for publication and will not be accepted. Authors will be charged for publication of figures in color.

### **Manuscript Review**

After you have entered your manuscript, you will receive automated responses from the system as the manuscript is processed. You may also follow the progress of your manuscript via the web site and your own password you

created when you first entered the system.

Your manuscript will be peer reviewed and the reviewers' comments will be sent to you. Please allow adequate time for this process. Our automated system is instantaneous, but the reviewers are busy people who donate their expertise and time.

A manuscript returned to an author with suggested revisions must be returned within 3 months. Revised manuscripts returned after this time will be considered new submissions.

After the revisions are complete, the editor will submit the manuscript to the printer and an electronic copy of your galley proof will be sent to you for corrections and final approval. Expect the figures in the galley proof to be of low resolution for ease of transmission. The final publication will contain your high quality figures.

### **Reprints**

Reprints are available through special order for a nominal charge. Your galley copy will contain an order form for you to request any reprints desired. When you complete this application, return it directly to the printer. Reprints are not sent out or billed to you until the printed copy of your article is mailed out.

### **General Information**

The E. H. Angle Education and Research Foundation invites manuscripts concerning the dental and craniofacial complex. Original research, clinical observations and review articles as well as guest editorials, letters to the editor and case reports are welcome.

Articles are peer reviewed and subject to editorial revision. Statements and opinions expressed in articles are not necessarily those of the editor or publisher. The editor and the publisher disclaim any responsibility or liability for such material.

*The Angle Orthodontist* is now ONLINE for all manuscript submissions and review. Please go to the Internet: <http://angle.allentrack.net/> and follow the easy instructions for manuscript submission. If you have questions regarding the submission of your manuscript, please e-mail those questions to <[rjisaacson@aol.com](mailto:rjisaacson@aol.com)>.



## ANEXO B



**Universidade Estadual de Maringá**


**Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação**

Comitê Permanente de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos

Registrado na CONEP em 10/02/1998

CAAE Nº. 0042.0.093.000--08

PARECER Nº. 190/2008

<b>Pesquisador (a) Responsável: Adilson Luiz Ramos</b>	
<b>Centro/Departamento: DOD</b>	
<b>Título do projeto: Correlação entre a densidade óssea alveolar e a reabsorção radicular apical em pacientes ortodônticos</b>	
<p><b>Considerações:</b></p> <p>Trata-se de um projeto que pretende avaliar a correlação entre densidade óssea alveolar da região de incisivos centrais superiores e a reabsorção radicular apical destes dentes durante a movimentação ortodôntica. O número de sujeitos do estudo é 36 (mulheres saudáveis entre 30 e 45 anos não menopausicas) divididos em dois grupos (controle e experimental). O projeto tem duração prevista para 9 meses. Apresenta cronograma financeiro e autorização da Clínica Odontológica onde será realizado o estudo. O novo TCLE apresentado está adequado, redigido na forma de convite conforme predispõe a Res 196/96-CNS/MS</p>	
<p><b>Parecer:</b></p> <p>Considerando o exposto somos de parecer pela aprovação do presente protocolo.</p>	
<b>Situação: APROVADO</b>	
<b>CONEP:</b> <input checked="" type="checkbox"/> para registro <input type="checkbox"/> para análise e parecer <b>Data:</b> 25/04/2008	
<b>O pesquisador deverá apresentar Relatório Final para este Comitê em: março de 2009</b>	
<p>O protocolo foi apreciado de acordo com a Resolução nº. 196/96 e complementares do CNS/MS, na 151ª reunião do COPEP em 25/04/2008.</p>	 <b>PROFª.DRª. Ieda Harumi Higashi</b> <b>Presidente do COPEP</b>