



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

CRISTIANE MARTINS RODRIGUES BERNARDES

**Análise tridimensional da configuração radicular apical
de dentes anteriores superiores**

**Goiânia
2019**

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☐ Dissertação ☒ Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

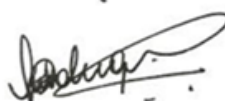
Nome completo do autor: **Cristiane Martins Rodrigues Bernardes**

Título do trabalho: **Análise tridimensional da configuração radicular apical de dentes anteriores superiores.**

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento: ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.



Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 27/12/2019

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☐ Dissertação ☒ Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Nome completo do autor: CRISTIANE MARTINS RODRIGUES BERNARDES

Título do trabalho: ANÁLISE TRIDIMENSIONAL DA CONFIGURAÇÃO RADICULAR APICAL DE DENTES ANTERIORES SUPERIORES

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.



Assinatura do (a) autor (a) ²

Data: 01 / 08 / 2022

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

²A assinatura deve ser escaneada.

CRISTIANE MARTINS RODRIGUES BERNARDES

**Análise tridimensional da configuração radicular apical
de dentes anteriores superiores**

Tese de Doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências da
Saúde da Universidade Federal de Goiás
para obtenção do título de doutor em Ciências
da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Estrela

**Goiânia
2019**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Bernardes, Cristiane Martins Rodrigues
Análise tridimensional da configuração radicular apical de dentes
anteriores superiores [manuscrito] / Cristiane Martins Rodrigues
Bernardes. - 2019.
LVI, 56 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Estrela.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Faculdade de
Medicina (FM), Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde,
Goiânia, 2019.
Bibliografia. Anexos.

1. Anatomia radicular. 2. Tomografia computadorizada de feixe
cônico. 3. Exame por imagem. I. Estrela, Carlos, orient. II. Título.

CDU 616.314

Ata da Defesa de Tese de Doutorado realizada por **Cristiane Martins Rodrigues Bernardes**. Aos trinta e um dias do mês de outubro de 2019, às 09:00 horas, reuniu-se na Faculdade de Medicina a Comissão Julgadora infra nomeada para proceder ao julgamento da defesa de Tese intitulada: "**ANÁLISE TRIDIMENSIONAL DA CONFIGURAÇÃO RADICULAR APICAL DE DENTES ANTERIORES SUPERIORES**", como parte de requisitos necessários à obtenção do título de Doutor, área de concentração **DINÂMICA DO PROCESSO SAÚDE-DOENÇA**. O Presidente da Comissão julgadora, **Prof. Dr. Carlos Estrela** iniciando os trabalhos concedeu a palavra à candidata, para exposição em até 50 minutos do seu trabalho. A seguir, o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos Examinadores, os quais passaram a arguir a candidata durante o prazo máximo de 30 minutos, assegurando-se a mesma igual prazo para responder aos Senhores Examinadores. Ultimada a arguição que se desenvolveu nos termos regimentais, a Comissão, em sessão secreta, expressou seu Julgamento, considerando a candidata aprovada ou reprovada.

Banca Examinadora

Aprovado(a)/Reprovado(a)

Prof. Dr. Carlos Estrela – Presidente
Prof. Dr. Julio Almeida Silva – Membro
Prof. Dr. Brunno Santos de Freitas Silva – Membro
Prof. Dr. Jesus Djalma Pécora – Membro
Prof. Dr. Fernando Branco Barletta – Membro
Profa. Dra. Cyntia Rodrigues de Araújo Estrela – Suplente
Prof. Dr. Orlando Aguirre Guedes – Suplente

Aprovado
Aprovado
Aprovado
Aprovado
Aprovado
Aprovado
Aprovado

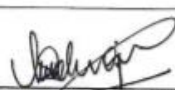
Em face do resultado obtido, a Comissão Julgadora considerou a candidata **Cristiane Martins Rodrigues Bernardes** Habilitada () Não habilitada (). Nada mais havendo a tratar, eu, **Prof. Dr. Carlos Estrela**, lavrei a presente ata que, após lida e achada conforme foi por todos assinada.

Assinatura

Prof. Dr. Carlos Estrela – Presidente
Prof. Dr. Julio Almeida Silva – Membro
Prof. Dr. Brunno Santos de Freitas Silva – Membro
Prof. Dr. Jesus Djalma Pécora – Membro
Prof. Dr. Fernando Branco Barletta – Membro
Profa. Dra. Cyntia Rodrigues de Araújo Estrela – Suplente
Prof. Dr. Orlando Aguirre Guedes – Suplente

[Assinatura]
[Assinatura]
[Assinatura]
[Assinatura]
[Assinatura]
[Assinatura]
[Assinatura]

A banca examinadora aprovou a seguinte alteração no título da Tese:



Cristiane Martins Rodrigues Bernardes

**Dedico este trabalho Àquele que me amou
primeiro. A Ele, toda honra e glória para sempre...**

AGRADECIMENTOS

Foram muitos que me ajudaram a concluir este trabalho.

Meus sinceros agradecimentos...

... a Deus por me permitir avançar nos meus sonhos, por estar comigo sempre, renovar minhas forças, e que por suas incontestáveis razões me trouxe até aqui.

... ao meu marido, Silas, pelo amor, incentivo, e por entrar comigo nessa embarcação, na esperança que pela manhã avistaremos o porto, na esperança de que o melhor ainda está por vir.

... aos meus filhos, Rubens e Pedro, pelo amor e compreensão incondicionais. Vocês são minha inspiração. Este período confirmou a verdade sobre nossos relacionamentos: Somos uma família!

... aos meus pais, Rubens e Lucília, investiram, acreditaram, me amaram como nunca.

... ao meu orientador, Dr. Carlos Estrela, sempre enxergando o melhor de mim, e eu que da estrada quis retornar pra onde parti, continuei e acreditei. Este trabalho é fruto da sua orientação, dedicação, ajuda, disponibilidade e amizade. Que privilégio o meu!

... aos meus amigos, que na angústia se fizeram irmãos e me deram a mão.

“Porque a sabedoria é melhor do que as joias, e tudo o que se possa desejar não se compara com ela”. Pv. 8:11.

“[Eu] Pensava que nós seguíamos caminhos já feitos, mas parece que não os há. O nosso ir faz o caminho.”

(C. S. Lewis)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo Geral	15
2.2. Objetivo Específico.....	15
3. MATERIAL E MÉTODO	16
3.1. Tipo de estudo	16
3.2. Seleção, cálculo e preparo da amostra.....	16
3.3. Análise Estatística	18
4. RESULTADOS	19
5. DISCUSSÃO	22
6. CONCLUSÕES	29
7. REFERÊNCIAS	30
ARTIGO	34
ANEXO 1.....	52

TABELAS E FIGURAS

	Página
Figura 1	Categorias das formas radiculares 18
Figura 2	Imagens de TCFC de incisivos superiores caracterizando a configuração de raiz curta (A, B), raiz romboide (C, D), raiz curva (E, F) e raiz em forma de pipeta (G, H) 20
Tabela 1	Frequência da configuração radicular em dentes anteriores superiores de humanos 21

ABREVIATURAS / SIGLAS / SÍMBOLOS

CA	<i>California</i>
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
cm ²	Centímetro ao quadrado
CT	<i>Connecticut</i>
eq. Al	Equivalente em alumínio
FOV	Campo de visão (<i>Field of view</i>)
GA	<i>Georgia</i>
GHz	<i>Giga Hertz</i>
IL	<i>Illinois</i>
KVp	Kilovoltagem pico
mA	Miliamperagem
Mm	Milímetro
Mw	Megawatts
NY	<i>New York</i>
RO	Rovigo
UT	<i>Utah</i>
WA	<i>Washington</i>

RESUMO

Este estudo analisou a configuração radicular apical de dentes anteriores superiores em imagens de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC). Foi analisada uma amostra de 400 dentes anteriores superiores de 167 pacientes (101 mulheres; com média de 41,8 anos de idade), de janeiro de 2012 a abril de 2017. As imagens de TCFC utilizadas foram procedentes de um banco de dados de clínicas privadas de radiologia odontológica. A configuração radicular dos incisivos anteriores superiores analisados foi verificada a partir de navegação nos três planos, em cortes de 0,1 mm/0,1 mm de espessura nas imagens de TCFC, da entrada do canal radicular até o forame radicular apical, bem como da direção apical para a coroa. A referência padrão para a configuração da forma radicular apical foi correspondente ao longo eixo do dente e quando necessário, as imagens de TCFC foram orientadas para correção do erro de Parallax. A determinação da configuração radicular dos dentes e sua frequência foram caracterizadas de acordo com a classificação de anormalidades na morfologia radicular proposta por Levander & Malmgren, registrados em quatro categorias: 1. raiz curta; 2. raiz romboide; 3. raiz curva; 4. raiz em pipeta. A frequência e porcentagem das variáveis qualitativas foram obtidas e analisadas pelo teste do Qui-quadrado. O nível de significância foi de 5%. A forma radicular apical apresentada com maior frequência nos incisivos centrais foi a de raiz romboide, seguida de raiz em forma de pipeta, raiz curva e, em menor frequência, raiz curta. Nos incisivos laterais, a maior frequência apresentada foi de raiz curva, seguida de raiz romboide, raiz em forma de pipeta e, em menor frequência, raiz curta.

Palavras chave: Anatomia radicular, tomografia computadorizada de feixe cônico, exame por imagem.

ABSTRACT

This study analyzed the apical root configuration of the upper anterior teeth in Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) images. A sample of 400 upper anterior teeth from 167 patients (101 women; mean age 41.8 years) from January 2012 to April 2017 was analyzed. The CBCT images used were from a clinical database. deprived of dental radiology. Root configuration of the maxillary anterior incisors analyzed was verified from navigation in the three planes, in 0.1 mm / 0.1 mm thickness sections on CBCT images, from the root canal entrance to the apical root foramen. as from the apical direction to the crown. The standard reference for apical root shape configuration corresponded to the long axis of the tooth and when necessary, CBCT images were oriented to correct Parallax error. The determination of the root configuration of teeth and their frequency were characterized according to the classification of abnormalities in root morphology proposed by Levander & Malmgren, recorded in four categories: 1. short root; 2. rhomboid root; 3. torn root; 4. pipette root. The frequency and percentage of qualitative variables were obtained and analyzed by the chi-square test. The level of significance was 5%. The most common apical root form presented in the central incisors was rhomboid root, followed by pipette root, lacerated root and, less frequently, short root. In the lateral incisors, the highest frequency presented was lacerated root, followed by rhomboid root, pipette root and, less frequently, short root.

Keywords: Root anatomy, cone-Beam computed tomography, imaging exam.

1. INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada de feixe cônico constitui uma importante inovação tecnológica incorporada na prática clínica da Odontologia (Mozzo et al., 1998; Arai et al., 1999; Scarfe et al., 2007; Bueno et al., 2007).

Os exames por imagens tem sido rotineiramente indicados no tratamento odontológico. Uma revolução histórica na área da saúde foi a descoberta dos raios X por Wilhelm Conrad Röntgen em 1895. As aplicações dos raios X nas diferentes especialidades trouxeram vários benefícios, mesmo diante de limitações inerentes as estruturas dentárias caracterizadas nos seus múltiplos planos visualizados em apenas duas dimensões pelos exames de imagens convencionais (Scarfe et al., 2007; Bueno et al., 2007). As variações de angulações (Clark) e o desenvolvimento da radiografia panorâmica (Paatero) direcionaram para diferentes aplicações dos raios X na odontologia. A tomografia computadorizada de feixe cônico permite uma visualização de uma imagem tridimensional, em que um novo plano é adicionado: a profundidade (Bueno et al., 2007).

Dentre os benefícios incluem a precisão no diagnóstico, no planejamento e nas tomadas de decisões clínicas. Até o momento um grande desafio do profissional era a análise dos aspectos das estruturas do complexo bucomaxilofacial e dental em imagens visualizadas por meio de uma radiografia periapical. A visualização de estruturas tridimensionais, disponíveis em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico favorece a definição precisa dos desafios e do planejamento do protocolo terapêutico (Scarfe et al., 2007; Bueno et al., 2007; Estrela et al., 2008a,b, 2009). Desde a incorporação da tomografia computadorizada de feixe cônico até o presente momento houve melhora substancial nos tomógrafos e também nos softwares, o que permitiu imagens em alta resolução com nitidez e definição. A análise

das estruturas dentárias e de suporte, as estruturas ósseas, as complexas características morfológicas dos diferentes grupos dentários bem como suas alterações de desenvolvimento puderam ser melhor avaliados com este exame por imagem interpretado multidimensionalmente (Bueno & Estrela, 2018, Bueno et al., 2018).

Diferentes modelos de estudos tem reportado uma maior precisão nos exames por imagens em tomografia computadorizada de feixe cônico quando comparadas com radiografias periapicais, como a acurácia na detecção de periodontites apicais, de reabsorções radiculares, de fraturas dentárias, de perfurações radiculares, dentre outras (Estrela et al., 2008a,b, 2009; Bueno et al., 2018). A reabsorção radicular apical é representada por uma perda da camada superficial de células que protegem as raízes dos dentes associada a atividade das células clásticas (Ne et al., 1999; Fuss et al., 2003). Estrela et al. (2009) apresentaram um método para avaliar a reabsorção radicular inflamatória externa em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico. Os critérios para as análises das reabsorções radiculares inflamatórias foram estabelecidos de acordo com o local de ocorrência da reabsorção radicular: os terços das raízes (apical, médio e cervical); as superfícies das raízes (mesial, distal, vestibular, palatino/lingual ou apical); e, a medida da extensão da reabsorção. O referencial foi a maior extensão da reabsorção radicular analisando-se os diferentes planos. Os detalhes nas imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico nos planos axiais e tangentes fornecem informações valiosas nos dentes portadores de reabsorções radiculares. Este exame por imagem mostrou maior precisão para a análise de reabsorções radiculares inflamatórias quando comparado às radiografias periapicais.

A prevalência da reabsorção radicular apical pós-tratamento ortodôntico é elevada e está associada a vários fatores, como formato da raiz, grupos de dentes, tipo e tempo de tratamento, força aplicada, dentre outros fatores de risco (Sameshima & Asgarifar, 2001; Segal et al., 2004). A possibilidade de subestimar a presença de reabsorções radiculares apicais por radiografias periapicais é real e elevada (Estrela et al., 2009; Patel et al., 2009).

Diferentes estudos analisaram a frequência e os fatores de risco para as reabsorções radiculares associadas a tratamentos ortodônticos (Levander & Malmgren, 1988; Consolaro, 2002; Freitas et al., 2013; Castro et al., 2013; Picanço et al., 2013; Maués et al., 2015; Fernandes et al., 2017; Khan et al., 2018; Pastro et al., 2018). Levander & Malmgren (1988) realizaram um estudo para estimar o risco de reabsorção radicular severa utilizando uma amostra de 390 incisivos superiores de 98 pacientes (55 meninos, 43 meninas). Foram avaliadas radiografias intra-orais antes e após 6-9 meses do tratamento. Avaliaram também, a importância da forma radicular na reabsorção por meio da análise de 610 incisivos superiores de 153 pacientes (75 meninos, 78 meninas). Foi utilizada a classificação dos graus de reabsorção de 0 a 4. Os resultados obtidos para o risco de reabsorção radicular severa em estágios iniciais do tratamento ortodôntico no período de 6-9 meses foram: 113 raízes apresentaram grau de reabsorção 0; 143 apresentaram o grau 1; 129 raízes apresentaram grau 2; e, 5 raízes apresentaram grau de reabsorção 3. Após análise das imagens radiográficas ao final do tratamento identificaram 131 raízes classificadas nos graus 0 e 1. 188 raízes foram classificadas no grau 2; 66 raízes foram classificadas no grau 3, sendo que destas, 17 apresentaram grau 1 e 49 apresentaram grau 2 na avaliação de 6-9 meses; 5 raízes foram classificadas no grau 4, sendo que 1 (uma) apresentou grau 2, e 4 apresentaram grau 3 na avaliação de 6-9 meses. Quanto aos resultados da

avaliação da importância da forma radicular na reabsorção, pode-se constatar que a forma radicular que mais reabsorveu foi a raiz curva. Os formatos radiculares que mais reabsorveram nos graus 3 e 4 foram o romboide (39%) e o de forma radicular em pipeta (78%). Maués et al. (2015) determinaram a prevalência de reabsorções radiculares externas severas e identificaram prováveis fatores de risco decorrentes do tratamento ortodôntico. Para tanto, utilizaram uma amostra selecionada aleatoriamente, composta de radiografias periapicais de incisivos superiores e inferiores, obtidas no mesmo centro radiológico, de pré- e pós-tratamento ortodôntico ativo, de 129 pacientes, de ambos os sexos, tratados por meio da técnica Edgewise. Os incisivos centrais superiores apresentaram a maior porcentagem de reabsorção radicular severa, seguidos dos incisivos laterais superiores e dos incisivos laterais inferiores. Entre 959 dentes avaliados, 28 (2,9%) apresentaram reabsorção radicular severa. Os fatores de risco relacionados foram: dentes localizados na região anterior superior, *overjet* maior ou igual a 5mm ao início do tratamento, tratamentos envolvendo extrações dentárias, tempo prolongado de terapia e, formação radicular completa à época do início do tratamento ortodôntico. O estudo demonstrou que cuidados devem ser tomados em tratamentos ortodônticos envolvendo grande retração de incisivos superiores, indicação de extrações, tratamentos prolongados e/ou ápice radicular completamente formado no início da terapia ortodôntica.

Outros estudos (Taithongchai et al., 1996; Sameshima et al., 2001; Artun et al., 2009) relacionaram o grau de reabsorção radicular apical com a forma da raiz, a largura e o comprimento, após o uso de aparelho ortodôntico. As raízes com formato normal apresentaram menos reabsorção do que raízes com forma de pipeta e curva.

O impacto clínico da tomografia computadorizada de feixe cônico comparada à radiografia periapical implica na elevada precisão de diagnóstico e planejamento e

na institucionalização de novos referenciais e padrões de estudos, além dos detalhes anatômicos visualizados em planos multidimensionais. A configuração radicular de dentes anteriores superiores tem sido analisada em imagens de radiografias convencionais, cuja limitação hoje está bem discutida. Todavia, considerando a carência de estudos que demonstraram as configurações radiculares apicais em imagens em tomografia computadorizada de feixe cônico, torna-se importante analisar suas frequências usando estratégias de navegação tridimensional, valendo-se de padrões previamente estabelecidos por Malmgren et al. (1982) e empregadas como referencial em inúmeros estudos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar a configuração radicular apical em dentes anteriores superiores em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico.

2.2. Objetivo Específico

Comparar a frequência de diferentes configurações radiculares apicais entre os incisivos anteriores superiores em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Tipo de estudo

Este estudo é do tipo transversal e retrospectivo o qual avaliou imagens de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) de um banco de dados secundário, motivo pelo qual foi requerido a dispensa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A fim de preservar a identidade do participante da pesquisa foram utilizadas imagens anonimizadas e firmado o termo de uso de banco de dados. Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás, sob parecer nº 3.154.097/2019 (ANEXO 1).

3.2. Seleção, cálculo e preparo da amostra

O banco de dados utilizado, o protocolo para a obtenção das imagens e o cálculo amostral foi adequado a partir de estudos anteriores (Estrela et al., 2015, 2018; Porto et al., 2019). O cálculo da amostra foi realizado com base em estudo piloto que permitiu analisar 90% das configurações apicais, variando 8% para mais ou para menos, dependendo da raiz dentária avaliada. Com o nível de significância de 5% seria necessária uma amostra de 54 raízes para cada grupo avaliado. A amostra analisada foi de 400 dentes anteriores superiores de 167 pacientes (101 mulheres; com média de 41,8 anos de idade), de janeiro de 2012 a abril de 2017.

Desta maneira, no presente estudo foram utilizadas imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico procedentes de um banco de dados de clínicas privadas de radiologia odontológica (C.I.R.O. Goiânia, GO, Brasil e C.R.O.I.F. Cuiabá, MT, Brasil). Os pacientes foram conduzidos ao serviço de radiologia odontológica por diferentes motivos de diagnóstico.

Os critérios de inclusão para a seleção das imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico foram dentes hígidos com ápices completamente

formados, ausência de canais radiculares calcificados, ausência de tratamento endodôntico, ausência de pinos intrarradiculares ou coroa e ausência de reabsorção radicular interna ou externa. A seleção das imagens incluiu apenas aquelas em alta resolução, com o objetivo de garantir a precisão da análise.

As imagens foram obtidas usando um scanner 3D PreXion (Prexion 3d Inc., São Mateo, CA) por meio de um protocolo padrão: espessura - 0,100 mm; dimensões - 1,170 mm x 1,570 mm x 1,925 mm; FOV - 56,00 mm; voxel - 0,108 mm; tempo de exposição - 37s (16 bits); tensão do tubo: 90 kVp; e corrente de tubo: 4 mA. As imagens foram analisadas por meio do software PreXion 3D Viewer (Tera Reconn, Foster City, CA, EUA), em uma estação de trabalho PC com o Windows XP profissional SP - 2 (Microsoft Corp, Redmond, WA, EUA), com o processador Intel Core 2 Duo 1,86 Ghz -6300 (Intel Corp, Santa Clara, CA, EUA), placa de vídeo NVIDIA Ge Force 6200 turbo cache (NVIDIA Corporation, Santa Clara, CA, EUA) e com um monitor EIZO - Flexscan S2000, resolução de 1600x1200 pixels (EIZONANAO Corp, Hakusan).

A configuração radicular apical dos incisivos anteriores superiores analisados foi verificada a partir de navegação nos três planos de 0,1 mm/0,1 mm nas imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico, da entrada do canal radicular até o forame apical (ápice da raiz), bem como da direção apical para a coroa. A estratégia de navegação em imagens de TFCF foi baseada em estudos prévios (Bueno et al., 2011; Estrela et al., 2015, 2018; Porto et al., 2019). A referência padrão para a configuração da forma radicular foi correspondente ao longo eixo do dente. A navegação nos três planos foi individualizada para cada dente. Quando necessário as imagens em TCFC foram orientadas para correção do erro de Parallax. A determinação da configuração radicular dos dentes e sua frequência foram

caracterizadas de acordo com a classificação de anormalidades na morfologia radicular proposta por Malmgren et al. (1982), registrados nas seguintes categorias: 0. raiz normal; 1. raiz curta; 2. raiz romboide; 3. raiz curva; 4. raiz em pipeta. Na presente análise morfológica radicular apical foi categorizada e comparada aquelas raízes que não foram consideradas como normais (Figura 1).

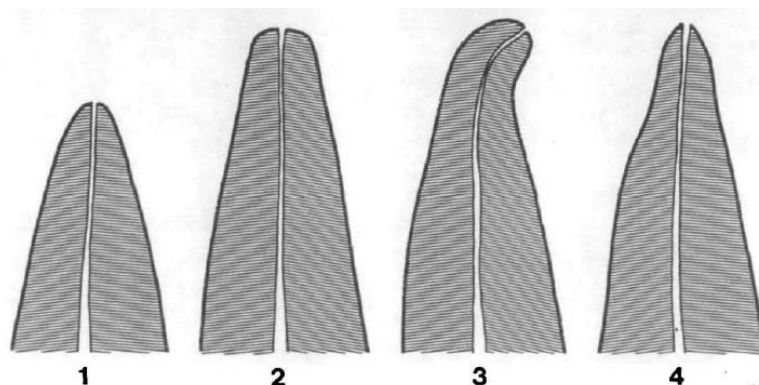


Figura 1 – Categorias das formas radiculares (1. raiz curta; 2. raiz romboide; 3. Raiz curva; 4. raiz em pipeta; Malmgren et al., 1982).

Dois especialistas em radiologia odontológica com mais de 10 anos de experiência foram os observadores que analisaram todas as imagens de TCFC, sendo calibrados a partir da avaliação de 10% da amostra. Frente a diferenças possivelmente encontradas, o consenso foi alcançado posteriormente a imagem ser analisada por um terceiro observador.

3.3. Análise Estatística

A frequência e porcentagem das variáveis qualitativas foram obtidas. As variáveis qualitativas foram avaliadas pelo teste do Qui-quadrado, sendo processadas utilizando o programa SAS 9.1 (SAS, Cary, NC, EUA). Foram considerados significativos valores de $p < 0,05$.

4. RESULTADOS

As imagens foram trabalhadas nos cortes apresentados na figura 2. Os resultados de frequência da configuração radicular dos dentes anteriores superiores de humanos estão descritos na tabela 1. A maior frequência para os incisivos centrais foi a forma radicular romboide, seguido de raiz em forma de pipeta, raiz curva e em menor frequência a forma de raiz curta ($p < 0,05$). Nos incisivos laterais a maior frequência apresentada foi a raiz curva, seguido de raiz romboide, raiz em forma de pipeta e em menor frequência raiz curta ($p < 0,05$).

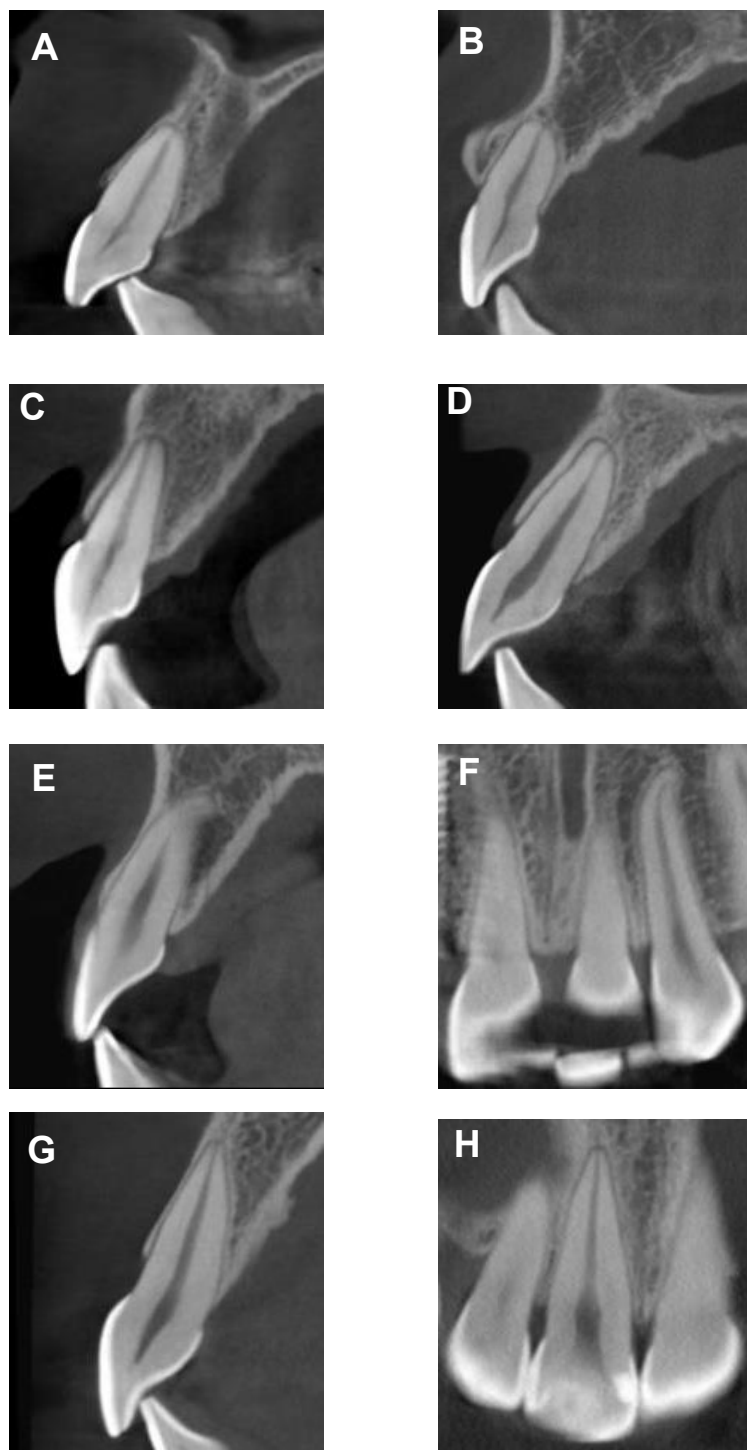


Figura 2 – Imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico de incisivos superiores caracterizando a configuração de raiz curta (A, B), raiz romboide (C, D), raiz curva (E, F) e raiz em forma de pipeta (G, H).

Tabela 1. Frequência da configuração radicular apical em dentes anteriores superiores de humanos em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico.

Configuração Radicular	Incisivo lateral N (%)	Incisivo central N (%)	<i>P</i>
1. Raiz Curta	5 (2,5)	13 (6,5)	0,000
2. Raiz Romboide	47 (23,5)	99 (49,5)	
3. Raiz Curva	111 (55,5)	19 (9,5)	
4. Raiz em Pipeta	37 (18,5)	69 (34,5)	

*Teste Qui-quadrado.

5. DISCUSSÃO

A morfologia radicular apical tem sido associada aos fatores de risco determinantes de reabsorções radiculares posterior ao tratamento ortodôntico. Os resultados do presente estudo mostraram que o incisivo central apresentou maior frequência de formato romboide e menor de formato de raiz curta, enquanto que, no incisivo lateral a maior frequência foi de formato de raiz curva e a menor, formato de raiz curta.

A metodologia do presente estudo empregou imagens de TCFC para a análise da morfologia radicular, uma vez que até então este método de exame por imagem cada vez mais tem sido indicada na prática clínica odontológica (Bueno et al., 2018), e devido ao fato da carência de estudos empregando esta metodologia. Estrela et al. (2015) avaliaram a frequência de raízes, canais radiculares e forames apicais em 1400 dentes permanentes humanos por meio de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico. A estratégia de navegação em imagens de TCFC favorece uma melhor identificação de frequência, posição das raízes, canais radiculares e forames apicais em dentes permanentes humanos. A precisão diagnóstica com imagens de TCFC comparada à radiografia periapical evita sobreposições nas imagens, além da elevada nitidez na imagem devido ao tamanho do voxel (quanto menor, mais nítida) (Scarfe et al., 2007; Bueno et al., 2018). Todavia, deve-se considerar que o resultado final do exame por imagem de TCFC pode sofrer interferência de múltiplos fatores, como o tomógrafo (incluído o software de aquisição), o paciente e o software (Bueno et al., 2018).

O emprego de imagens TCFC na pesquisa odontológica minimiza as conhecidas limitações do exame radiográfico periapical. A precisão no diagnóstico e a melhor qualidade de imagem comparada a radiografia periapical induz uma tomada

de decisão e uma estratégia de protocolo terapêutico com apreciável previsibilidade de resultados. Estrela et al. (2009) avaliaram a reabsorção radicular inflamatória usando tomografias computadorizadas de feixe cônico e radiografias periapicais em 40 pacientes. A reabsorção radicular inflamatória foi detectada em 68,8% (83 superfícies radiculares) das radiografias periapicais e 100% (154 superfícies radiculares) das TCFC. A extensão das reabsorções radiculares foi maior que 1–4 mm em 95,8% das imagens de tomografias computadorizadas e em 52,1% das imagens obtidas pelo método convencional. A TCFC parece ser útil na avaliação da reabsorção radicular, e seu desempenho diagnóstico foi melhor que o da radiografia periapical. Freitas et al. (2013) verificaram a frequência de reabsorção radicular apical após tratamento ortodôntico, em longo prazo, por meio de imagens de radiografia periapical e TCFC. As imagens radiográficas foram obtidas de dentes de 58 pacientes, antes (T1), após o tratamento ortodôntico (T2) e decorridos pelo menos 52 meses do tratamento (T3). As estruturas apicais foram avaliadas por meio de imagens de radiografias periapicais (T2 e T3), utilizando o sistema de classificação de Levander e Malmgren modificado. Os dentes que apresentaram maior frequência de reabsorção radicular apical quando analisados por meio de imagens de TCFC foram os incisivos laterais superiores (94,5%) e os centrais inferiores (87,7%), enquanto que os de menor frequência foram os pré-molares. As imagens de TCFC mostraram que os dentes envolvidos em tratamentos ortodônticos com extrações apresentaram maior frequência de reabsorção radicular apical. As radiografias periapicais mostraram maior frequência de reabsorção radicular apical que as imagens de TCFC para os grupos de pré-molares e molares, não evidenciando alteração em longo prazo. Castro et al. (2013) determinaram a frequência de reabsorção radicular apical, por meio de imagens de TCFC em uma amostra de 1256 raízes de 30 pacientes, devido ao

tratamento ortodôntico. Todos os pacientes apresentaram reabsorção radicular apical. Não foi encontrada associação estatisticamente significativa entre frequência de reabsorção, sexo e idade. A reabsorção radicular apical foi detectada por meio da TCFC em 46% de todas as raízes que foram submetidos a tratamento ortodôntico. A TCFC foi eficaz na detecção *in vivo* de graus mínimos de reabsorções radiculares apicais devido ao tratamento ortodôntico e permitiu uma avaliação tridimensional das raízes dentárias. As frequências mais altas e as reabsorções radiculares apicais mais significativas ocorreram nos incisivos e raízes distais dos primeiros molares superiores e inferiores.

Igualmente nos estudos comparativos entre imagens de TCFC e radiografia periapical, a análise morfológica radicular apical realizada no presente estudo traz parâmetros precisos e multidimensionais, característica deste exame tridimensional por imagem.

O número de amostras analisadas no corrente estudo (400 dentes anteriores superiores de 167 pacientes) seguiu protocolos para a obtenção das imagens de TCFC e cálculo amostral referente a estudos anteriores dentro de uma mesma característica (Estrela et al., 2015, 2018; Porto et al., 2019).

A análise do presente estudo foi realizada em incisivos centrais e laterais superiores devido ao fato de serem os dentes mais acometidos por reabsorções radiculares posterior ao tratamento ortodôntico (Silva-Filho et al., 1993; Sameshima & Sinclair, 2001; Rego et al., 2004; Gadben et al., 2006). Gadben et al. (2006) determinaram os níveis de reabsorções radiculares apicais externas em 47 pacientes, decorrente da movimentação ortodôntica e a sua relação com as formas das raízes, gênero e tratamento com e sem extração de quatro pré-molares. Os incisivos centrais e laterais superiores não apresentaram diferenças significativas entre si quanto à

severidade de reabsorções radiculares. Dentes com raízes de forma abaulada ou romboidal, pacientes do gênero feminino e casos tratados com extrações de pré-molares apresentaram, significativamente, maior reabsorção radicular apical externa ao final do tratamento ortodôntico. Picanço et al. (2013) avaliaram os fatores comuns aos pacientes que desenvolveram reabsorção radicular externa moderada ou severa (graus 3 e 4 de Malmgren et al, 1982) nos incisivos superiores, durante o tratamento ortodôntico fixo na dentição permanente. Foram selecionados 99 pacientes que iniciaram o tratamento ortodôntico fixo com a técnica Edgewise. Os resultados mostraram que houve diferença significativa entre os grupos para as variáveis realização de extrações, grau de reabsorção radicular inicial, comprimento radicular, proporção coroa/raiz e espessura da cortical óssea alveolar. Dentre os fatores de risco para reabsorção radicular severa nos incisivos superiores, durante o tratamento ortodôntico, foram observados a presença de reabsorção radicular antes do início do tratamento, a realização de extrações, o comprimento radicular reduzido, a proporção coroa/raiz diminuída e a espessura óssea alveolar fina. Fernandes et al. (2017) realizaram uma revisão sobre possíveis fatores de risco para reabsorção radicular apical externa em pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico. A pesquisa foi realizada nos bancos de dados MEDLINE e PubMed no período de 1993 até 2016. Pode-se constatar que o tratamento ortodôntico é um fator de risco para reabsorção radicular apical externa, sendo os incisivos superiores os dentes mais acometidos. O sexo e a idade do paciente parecem não influenciar o grau de reabsorção radicular apical externa, assim como outros fatores clínicos e relacionados ao tratamento ortodôntico, com exceção do tempo de tratamento prolongado e aplicação de forças pesadas, que estão associados com maiores níveis de reabsorção radicular apical externa. Tratamento com extrações, uso de elásticos intermaxilares e diferentes

polimorfismos genéticos apresentaram resultados conflitantes, não sendo possível definir a real relação com a reabsorção radicular apical externa. Diferenças metodológicas e populacionais entre os artigos avaliados podem explicar a divergência de resultados encontrada na literatura. Apesar de diversos fatores intrínsecos, clínicos, genéticos e relacionados ao tratamento ortodôntico terem sido descritos na literatura, os mais frequentemente descritos como reais fatores de risco para reabsorção radicular apical externa são o tempo de tratamento ortodôntico prolongado e a aplicação de forças pesadas.

Dentre os fatores de risco que envolvem as reabsorções radiculares em dentes tratados ortodonticamente está a morfologia radicular apical (Malmgren et al., 1982; Levander & Malmgren, 1988; Harris, 2000; Consolaro, 2002; Rego et al., 2004; Gadben et al., 2006; Oyama et al., 2007). As morfologias radiculares com ápices mais afilados em forma de pipeta e raízes curvas são mais suscetíveis à reabsorção durante o tratamento ortodôntico (Harris, 2000; Rego et al., 2004; Oyama et al., 2007). Desta maneira, a determinação da morfologia radicular apical em exames precisos de TCFC previamente ao tratamento ortodôntico pode estabelecer uma melhor previsibilidade de resultados quanto às reabsorções radiculares posterior ao tratamento ortodôntico. Oyama et al. (2007) analisaram a distribuição do estresse em casos de morfologias radiculares diferentes durante a aplicação de uma força ortodôntica usando modelos com elemento finito. Cinco modelos radiculares foram empregados (normal, curta, rombóide, curva e pipeta) com forças ortodônticas aplicadas nas direções vertical (intrusiva) e horizontal (lingual) para o eixo do dente. Todos os modelos apresentaram uma tendência a concentrar o estresse na região cervical e na parte da base do suporte da coroa quando a força intrusiva era aplicada. Nenhuma concentração significativa de estresse foi observada na raiz do modelo com formato normal da raiz

quando forças ortodônticas intrusivas e linguais foram aplicadas. As forças aplicadas em raízes com morfologias curtas, curvas, em forma de pipeta resultaram em maior tenção sobre a raiz do que as aplicadas em formas radiculares normais durante o tratamento ortodôntico. Essas modificações de forma radicular sugerem promover reabsorções radiculares, sendo importante identificá-las no começo do tratamento ortodôntico.

Outros fatores também foram associados às reabsorções radiculares posterior ao tratamento ortodôntico. Khan et al. (2018) compararam a média da reabsorção radicular apical externa entre dentes endodonticamente tratados e seu dente vital contralateral em tratamentos ortodônticos realizados em indivíduos adultos. A reabsorção radicular apical externa foi avaliada no pré-tratamento e pós-tratamento. Os dentes vitais apresentaram maior reabsorção radicular quando comparados aos dentes tratados endodonticamente. Houve maior reabsorção radicular em mulheres. Uma fraca correlação positiva foi encontrada entre a reabsorção da raiz, a idade e o comprimento da raiz no pré-tratamento. Nos dentes vitais constatou-se uma correlação negativa fraca entre a reabsorção radicular e a duração do tratamento. No entanto, nenhuma dessas correlações foi significativa. A reabsorção radicular apical externa parece ocorrer em maior frequência em dentes vitais e em indivíduos do gênero feminino. A reabsorção radicular não se correlacionou significativamente com a duração do tratamento, idade do paciente e comprimento da raiz pré-tratamento. Pastro et al. (2018) avaliaram os possíveis fatores associados à reabsorção radicular, comuns à ortodontia clínica. Para tanto, foi realizado um estudo retrospectivo de 600 pacientes (308 mulheres e 292 homens) previamente tratados ortodonticamente. A amostra foi dividida em dois grupos relacionados ao grau de reabsorção radicular no final do tratamento, de acordo com a classificação de Malmgren et al. em 1982. Os

resultados mostraram que a idade inicial, o sexo, o tipo de má oclusão, os hábitos parafuncionais e as alergias não apresentaram risco estatisticamente significativo de reabsorção radicular. O tempo e tipo de tratamento (com e sem extrações) e a presença de reabsorção radicular externa no início do tratamento mostrou diferenças significativas.

A aplicação clínica dos resultados do presente estudo destaca a necessidade do conhecimento da morfologia radicular apical previamente ao tratamento ortodôntico, uma vez que este tem sido considerado fator de risco e pode impactar no grau de reabsorção radicular posterior ao tratamento ortodôntico.

6. CONCLUSÃO

Baseado na metodologia de estudo usada pode-se concluir que o incisivo central superior apresentou maior frequência de formato de raiz romboide e menor de formato de raiz curta, enquanto que, o incisivo lateral superior mostrou uma maior frequência de formato de raiz curva e menor frequência de formato de raiz curta.

7. REFERÊNCIAS

1. Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of ortho cubic super high resolution CT (Ortho-CT). *Car'98 Computed Assisted Radiol Surg* 1998;8:780-5.
2. Mozzo P, Procacci C, Taccoci A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998;8:1558-64.
3. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006;72:75-80.
4. Bueno MR, Estrela C, Azevedo BC, et al. Cone beam computed tomography: Revolution in dentistry. *Rev Ass Paul Cir Dent* 2007;61:325-328.
5. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008a;34:273-9.
6. Estrela C, Bueno MR, Azevedo B, Azevedo JR, Pécora JD. A new periapical index based on cone beam computed tomography. *J Endod* 2008b;34:1325-31.
7. Estrela C, Bueno MR, Alencar AHG, Mattar R, Valladares Neto J, Azevedo BC, et al. Method to evaluate inflammatory root resorption by using cone beam computed tomography. *J Endod* 2009;35:1491-7.
8. Bueno MR, Estrela C. Incorporation of cone beam computed tomography in dental research. In: Estrela C. *Scientific methodology: Science, teaching, research*. 3 ed. Artmed: Porto Alegre, RS, Brazil, 2018. p.667-684.
9. Bueno MR, Estrela C, Azevedo BC, Diogenes A. Development of a new cone-beam computed tomography software for endodontic diagnosis. *Braz Dent J* 2018;29:517-529.

10. Fuss Z, Tsesis, Lin S. Root resorption-diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dent Traumatol.* 2003;19:175–182.
11. Ne RF, Witherspoon DE, Gutmann JL. Tooth resorption. *Quintessence Int.* 1999;30:9–25.
12. Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of root resorption and root shape: periapical vs panoramic films. *Angle Orthod.* 2001;71:185–189.
13. Segal GR, Schiffman PH, Tuncay OC. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofac Res* 2004;7:71–78.
14. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: part 2 - Cone beam computed tomography. *Int Endod J* 2009;42:463-75.
15. Levander E, Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. *Eur J Orthod* 1988;10:30–38.
16. Malmgren O, Goldson L, Hill C, Orwin A, Petrini L, Lundberg M. Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth. *Am J Orthod* 1982;82:487-491.
17. Freitas JC, Lyra OCP, Alencar AHG, Estrela C. Long term evaluation of apical root resorption after orthodontic treatment using periapical radiography and cone beam computed tomography. *Dental Press J Orthod* 2013;8:104-12.
18. Castro IO, Alencar AHG, Valladares-Neto J, Estrela C. Apical root resorption due to orthodontic treatment detected by cone beam computed tomography. *Angle Orthod* 2013; 83: 196-203.
19. Picanço GV, Freitas KMS, Cançado RH, Valarelli FP, Picanço PRB, Feijão CP. Predisposing factors to severe external root resorption associated to orthodontic treatment. *Dental Press J Orthod* 2013;18:110-20.

20. Maués CPR, Nascimento RR, Vilella OV. Severe root resorption resulting from orthodontic treatment: Prevalence and risk factors. *Dental Press J Orthod* 2015;20:52-8.
21. Fernandes LQP, Capelli-Júnior J, Campos KPL, Michelon MMM, Vidigal-Junior GM. Avaliação dos possíveis fatores de risco para reabsorção radicular apical externa após tratamento ortodôntico. *Rev Bras Odontol* 2017;74:138-42.
22. Khan AR, Fida M, Shaikh A. Evaluation of apical root resorption in endodontically treated and vital teeth in adult orthodontic subjects. *J Ayub Med Coll Abbottabad* 2018;30:506-10.
23. Pastro JDV, Nogueira ACA, Freitas KMS, et al. Factors associated to apical root resorption after orthodontic treatment. *The Open Dent J* 2018;12:331-339.
24. Taithongchai R, Sookkorn K, Killiany DM. Facial and dentoalveolar structure and the prediction of apical root shortening. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:296-302.
25. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119:505- 10.
26. Artun J, Hullenaar RV, Doppel D, Kuijpers-Jagtman AM. Identification of orthodontic patients at risk of severe apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:448-55.
27. Estrela C, Bueno MR, Couto GS, Rabelo LEG, Alencar AHG, Silva RG, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Study of root canal anatomy in human permanent teeth in a subpopulation of Brazil's center region using cone-beam computed tomography - Part 1. *Braz Dent J* 2015;26:530-536.
28. Estrela C, Couto GS, Bueno MR, Bueno KG, Estrela LRA, Porto OCL, et al. Apical foramen position in relation to proximal root surfaces of human permanent teeth

determined by using a new cone-beam computed tomographic software. J Endod 2018;44:1741-1748.

29. Porto OL, Freitas BSS, Silva JA, Estrela CRA, Alencar AHG, Estrela C. CBCT evaluation of bone thickness in maxillary and mandibular teeth: An anatomic study. J Appl Oral Sci 2019.
30. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: part 1. diagnostic factors. Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop. 2001; 119: 505-510.
31. Silva Filho OG. Estimativa da reabsorção radicular em 50 casos ortodônticos bem finalizados. Ortodontia 1993; 26: 24-37.
32. Rego MVN do, Thiesen G, Marchioro EM, Berthold TB. Radicular resorption and orthodontic treatment: myths and scientific evidences. J Bras Ortodon Ortop Facial 2004;9:292-309.
33. Gadben JMA, Ribeiro A, Generoso R, Armond MC, Marques LS. Avaliação radiográfica periapical dos níveis de reabsorção radicular de incisivos superiores após tratamento ortodôntico. Arquiv Odontol 2006;42:257-336.
34. Harris EF. Root resorption during orthodontic therapy. Semin Orthod 2000;6:183-94.
35. Consolaro A. Reabsorções Dentárias na Movimentação Ortodôntica: reabsorções dentárias nas especialidades clínicas. v.1, capítulo 12, p.259-289, Editora Dental Press, Maringá: 2002.
36. Oyama K, Motoyoshi M, Hirabayashi M, Hosoi K, Shimizu N. Effects of root morphology on stress distribution at the root Apex. Europ J Orthodont 2007;29:113–117.

**Three-dimensional analysis of apical root configuration of
maxillary anterior teeth in a Subpopulation of the Brazilian Central
Region**

Cristiane **Martins Rodrigues Bernardes**¹, DDS, MSc, PhD; Luiz Eduardo Gregoris Rabelo², DDS, MSc, PhD; Cyntia R. A. Estrela, DDS, MSc, PhD; Brunno Santos de Freitas Silva¹, DDS, MSc, PhD; Carlos Estrela², DDS, MSc, PhD;

¹Professor of Orthodontics, Department of Orthodontic, School of Dentistry, Evangelical University of Anapolis, Goiás, Brazil;

²Professor of Endodontics, Department of Stomatologic Sciences, Federal University of Goiás, Goiânia, GO, Brazil;

Running Title: Apical root configuration viewed by CBCT

Keywords: Root canal anatomy, imaging exam, cone beam computed tomography.

Acknowledgement: The authors deny any conflicts of interest related to this study.

Correspondence and offprint requests:

Profa. Cristiane **Martins Rodrigues Bernardes**

School of Dentistry, Evangelical University of Anapolis, Goiás, Brazil; School of Dentistry

Centro Universitário de Anápolis - Av. Universitária Km. 3,5 – Cidade Universitária - Anápolis - GO CEP: 75083-515

e-mail: cristiane.bernardes@unievangelica.edu.br

SUMMARY

This study analyzed the apical root configuration of maxillary anterior teeth using Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) images in a Subpopulation of the Brazilian central region. A sample of 400 maxillary anterior teeth from 167 patients (101 women; mean age 41.8 years) from January 2012 to April 2017 was analyzed. The CBCT images used in this study were from a private dental radiology clinical database. The apical root configuration of the maxillary anterior incisors was verified by navigating 0.1 mm / 0.1 mm, in the three planes, axial, coronal and sagittal sections on CBCT images, from the root canal entrance to the apical foramen as well as from the apical direction to the crown. The standard reference for apical root shape configuration corresponded to the long axis of the tooth and when necessary, CBCT images were oriented to correct Parallax error. The determination of the root configuration of teeth and their frequency were characterized according to the classification of abnormalities in root morphology proposed by Levander & Malmgren, recorded in four categories: 1. short root; 2. blunt root; 3. root with apical bend (lacerated root); 4. pipette-shaped root. The frequency and percentage of qualitative variables were obtained and analyzed by the chi-square test. The level of significance was 5%. The most common apical root form presented in the central incisors was blunt root, followed by pipette-shaped root, lacerated root and, less frequently, short root. In the lateral incisors, the highest frequency presented was lacerated root, followed by blunt root, pipette-shaped root and, less frequently, short root.

Keywords: Root anatomy, cone-beam computed tomography, imaging exam.

INTRODUCTION

Cone-beam computed tomography is an important technological innovation incorporated to the dental clinical practice (Mozzo et al., 1998; Arai et al., 1999; Scarfe et al., 2007; Bueno et al., 2007).

Imaging exams have been routinely indicated in dental treatment. The discovery of X-rays by Wilhelm Conrad Röntgen in 1895 was a historic health revolution. The applications of x-rays in different specialties have brought several benefits, even with the inherent limitations of dental structures characterized in their multiple planes viewed in only two dimensions by the conventional imaging exams (Scarfe et al., 2007; Bueno et al., 2007). Angulation variations (Clark) and the development of panoramic radiography (Paatero) led to different applications of x-rays in dentistry. Cone-beam computed tomography allows a visualization of a three-dimensional image, in which a new plane is added: depth (Bueno et al., 2007).

Benefits include accuracy in diagnosis, planning, and clinical decision making. So far a major challenge for the professional was the analysis of the aspects of the bucomaxylofacial and dental complex structures in images visualized by means of a periapical radiograph. The visualization of three-dimensional structures available with cone beam computed tomography images favors the precise definition of the challenges and the planning of the therapeutic protocol (Scarfe et al., 2007; Bueno et al., 2007; Estrela et al., 2008a, b, 2009). From the incorporation of cone beam computed tomography to the present moment, there has been a substantial improvement in CT scanners as well as in software, allowing for high resolution images with sharpness and definition. The analysis of dental and supportive structures, bone structures, the complex morphological characteristics of the different teeth groups as well as their developmental changes could be better evaluated with this multidimensional image examination (Bueno & Estrela, 2018, Bueno et al., 2018).

Different study models have been reported to have greater accuracy in cone-beam computed tomography imaging when compared to periapical radiographs, such as accuracy in detecting apical periodontitis, root resorption, dental fractures, root perforation, among others (Estrela et al., 2008a, b, 2009; Bueno et al., 2018). Apical root resorption is represented by the loss of the superficial cell layer that protect teeth's roots associated with the clastic activity cell (Ne et al., 1999; Fuss et al., 2003). Estrela et al. (2009) presented a method to evaluate external inflammatory root resorption in cone beam computed tomography images. The criteria for the analysis of inflammatory

root resorption were established according to the location of root resorption: the root thirds (apical, middle and cervical); root surfaces (mesial, distal, buccal, palatine / lingual or apical); and the extent of resorption. The reference was the largest extent of root resorption by analyzing the different planes. Details on cone beam computed tomography images in the axial and tangent planes provide valuable information on teeth with root resorption. This imaging exam showed greater accuracy for the analysis of inflammatory root resorption when compared to periapical radiographs.

The prevalence of apical root resorption after orthodontic treatment is high and is associated with several factors, such as root shape, tooth groups, type and duration of treatment, applied force, among other risk factors (Sameshima & Asgarifar, 2001; Segal et al., 2004). The possibility of underestimating the presence of apical root resorption by periapical radiographs is real and high (Estrela et al., 2009; Patel et al., 2009).

Different studies have analyzed the frequency and risk factors for root resorption associated to orthodontic treatments (Levander & Malmgren, 1988; Consolaro, 2002; Freitas et al., 2013; Castro et al., 2013; Picanço et al., 2013; Maués et al., 2015; Fernandes et al., 2017; Khan et al., 2018; Pastro et al., 2018). Levander & Malmgren (1988) estimated the risk of severe root resorption using a sample of 390 maxillary incisors from 98 patients (55 boys, 43 girls). Intraoral radiographs were evaluated before and after 6-9 months of treatment. They also evaluated the importance of root shape in the resorption by analyzing 610 maxillary incisors from 153 patients (75 boys, 78 girls). It was used the classification of resorption from 0 to 4 degrees. The results for severe risk of root resorption in the early stages of orthodontic treatment over a period of 6-9 months were: 113 roots presented resorption degree equal to 0; 143 presented grade 1; 129 roots presented grade 2; and 5 roots presented resorption degree 3. After analysis of the radiographic images at the end of the treatment they identified 131 roots classified in grades 0 and 1. 88 roots were classified in grade 2; 66 roots were classified as grade 3, of which 17 had grade 1 and 49 had grade 2 at 6-9 months; 5 roots were classified as grade 4, and 1 (one) grade 2, and 4 had grade 3 at 6-9 months. Regarding the results of the evaluation of the importance of the root form in resorption, it can be seen that the root form that most resorbed was the curved root. The most resorbed root formats in grades 3 and 4 were blunt root (39%) and pipette-shaped root (78%). Maués et al. (2015) determined the prevalence of severe external root resorption and identified the probable risk factors arising from orthodontic

treatment. For this, the authors used a randomly selected sample, composed of periapical radiographs of maxillary and mandibular incisors, obtained at the same radiological center, before and after active orthodontic treatment, of 129 patients of both sexes treated by Edgewise technique. The maxillary central incisors had the highest percentage of severe root resorption, followed by the maxillary lateral incisors and the mandibular lateral incisors. Among 959 evaluated teeth, 28 (2.9%) had severe root resorption. Related risk factors were: teeth located in the anterior superior region, overjet greater than or equal to 5mm at the beginning of treatment, treatments involving tooth extractions, prolonged therapy time and complete root formation at the time of the beginning of orthodontic treatment. The study showed that care should be taken in orthodontic treatments involving large retraction of maxillary incisors, indication of extractions, prolonged treatments and / or fully formed root apex at the beginning of orthodontic therapy.

Other studies (Taithongchai et al., 1996; Sameshima et al., 2001; Artun et al., 2009) have related the degree of apical root resorption to root shape, width and length and after use of orthodontic braces. Normally shaped roots showed less resorption than pipette-shaped and curved roots.

The clinical impact of cone-beam computed tomography compared to periapical radiographs implies high precision diagnostic and planning and institutionalization of new references and studies patterns in addition to the anatomical details visualized in multi-dimensional plans. The root configuration of maxillary anterior teeth have been analyzed in conventional radiographic images, which today is well discussed and considered very limited. However, given the lack of studies that demonstrated the apical root settings images in cone beam computed tomography, it is important to analyze apical root settings frequencies using three-dimensional navigation strategies, drawing on standards previously established by Malmgren et al. (1982) and employed as a reference in numerous studies. This study analyzed the apical root configuration in maxillary anterior teeth in cone beam computed tomography images in a Subpopulation of the Brazilian Central Region.

MATERIAL AND METHOD

The present study is a cross-sectional, retrospective study, which evaluated CBCT images from a secondary database. It was required waiver of the Informed Consent Form (ICF). It was used anonymous images in order to preserve the subject's

identity, and the database use term was signed. This study was approved by the Research Ethics Committee of the Federal University of Goiás (COEP nº 06486919.0.0000.5083) (Annex 1).

Sample Selection, Calculation and Preparation

The database used the protocol for obtaining the images and the sample calculation was adequate from previous studies (Estrela et al., 2015, 2018; Porto et al., 2019). It was performed the sample calculation based on a pilot study that allowed analyzing 90% of the apical configurations, varying 8% more or less, depending on the evaluated tooth root. With a significance level of 5%, a sample of 54 roots would be required for each group evaluated. The sample analyzed consisted of 400 maxillary anterior teeth (central and lateral incisors) from 167 patients (101 women; mean age 41.8 years), from January 2012 to April 2017.

It was used in the present study, cone beam computed tomography (CBCT) images from a database of private dental radiology clinics (C.I.R.O. Goiânia, GO, Brazil and C.R.O.I.F. - Radiological Center of Orofacial Images of Cuiabá- Cuiabá, MT, Brazil). The patients took to the dental radiology service for different diagnostic reasons.

Inclusion criteria for the selection of CBCT images were healthy teeth with fully formed apices, absence of calcified root canals, absence of endodontic treatment, absence of intraradicular pins or crown, absence of history of traumatic dental injury and absence of internal or external root resorption, no history of orthodontic treatment, no developmental disorders, and no history of systemic disease. The selection of images included only those in high resolution in order to ensure the accuracy of the analysis.

Images were obtained using a PreXion 3D scanner (Prexion 3d Inc., San Mateo, CA) using a standard protocol: thickness - 0.100 mm; dimensions - 1,170mm x 1,570mm x 1,925mm; FOV - 56.00 mm; voxel - 0.108 mm; exposure time - 37s (16 bits); pipe voltage: 90 kVp; and pipe current: 4 mA. The images were analyzed using PreXion 3D Viewer software (Tera ReconInc, Foster City, CA, USA) on a Windows XP Professional SP - 2 PC workstation (Microsoft Corp, Redmond, WA, USA) with Intel Core 2 Duo Processor 1.86Ghz-6300 (Intel Corp., Santa Clara, CA, USA), NVIDIA GeForce 6200 Turbo Cache Video Card (NVIDIA Corporation, Santa Clara, CA, USA)

and with an EIZO Monitor - Flexscan S2000, 1600x1200 pixel resolution (EIZONANAO Corp, Hakusan).

The apical root configuration of the maxillary anterior incisors was analyzed by navigating 0.1 mm / 0.1 mm axial, coronal and sagittal sections on CBCT images, from the root canal entrance to the apical foramen (root apex), as well as from the apical direction to the crown. The CBCT image navigation strategy based on previous studies (Bueno et al., 2011; Estrela et al., 2015, 2018; Porto et al., 2019). The standard reference for root shape configuration corresponded to the main root canal. Navigation in the three planes individualized for each tooth. When necessary, CBCT images were oriented to correct the Parallax error. The determination of the root configuration of teeth and its frequency were characterized according to the classification of abnormalities in root morphology proposed by Levander & Malmgren (1998), recorded in four categories: 1. short root; 2. blunt root; 3. root with apical bend (lacerated root); 4. pipette-shaped root. In the present apical root morphological analysis we categorized and compared those roots that were not considered normal (Figure 1).

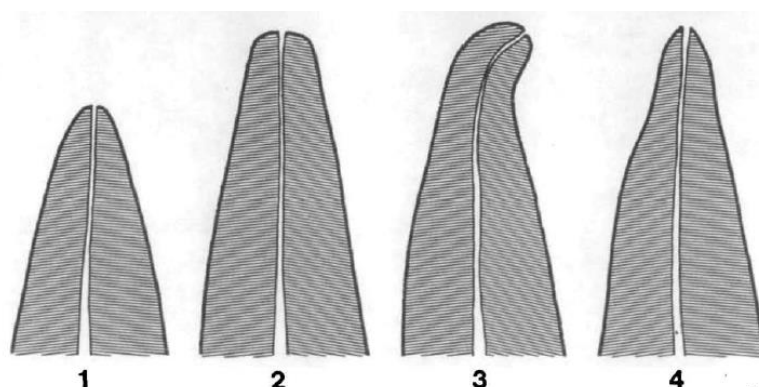


Figure 1 – Root Shape Categories (1. short root; 2. blunt root; 3. root with apical bend (lacerated root); 4. pipette-shaped root; Malmgren et al., 1982).

Two dental radiology specialists with more than 10 years of experience were the observers who analyzed all CBCT images and were calibrated from the evaluation of 10% of the sample. Facing possible differences, consensus was reached after a third observer analyzed the image.

Statistical Analysis

The frequency and percentage of qualitative variables were obtained. Qualitative variables were evaluated by the Chi-square test and processed using the SAS 9.1 software (SAS, Cary, NC, USA). Values of $p < 0.05$ were considered significant.

RESULTS

The images were worked on the cuts presented in figure 2. The frequency results of the root configuration of the maxillary anterior teeth of humans are described in Table 1. The highest frequency for the central incisors was a blunt root, followed by a pipette-shaped root, lacerated root, and a less frequent one, the short-root shape ($p < 0.05$). In the lateral incisors the highest frequency was lacerated root, followed by blunt root, a pipette-shaped root and less frequently short root ($p < 0.05$).

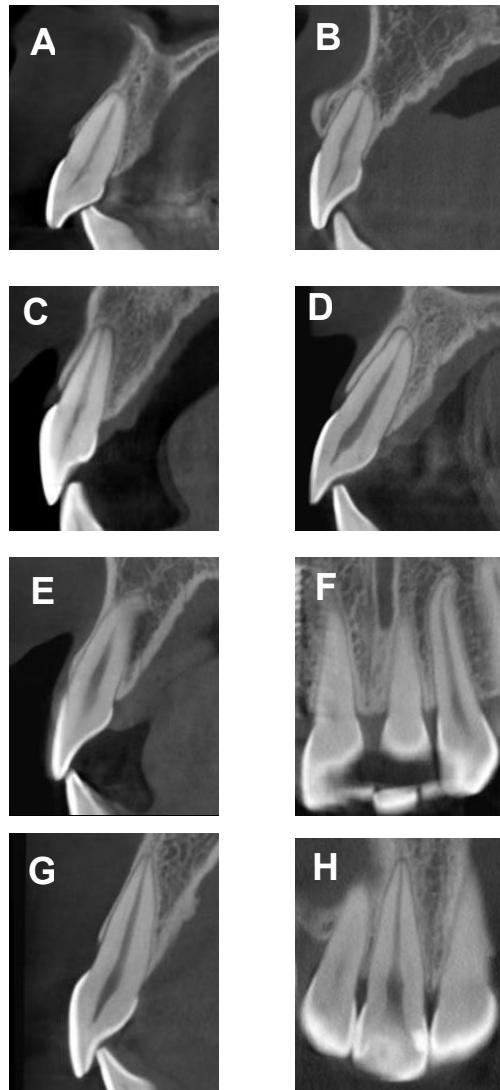


Figure 2 - CBCT images of maxillary anterior teeth of humans featuring the short root (A, B), blunt (rhomboid) root (C, D), lacerated (curved) root (E, F), and a pipette-shaped root (G, H) configurations.

Table 1. Frequency of root configuration in maxillary anterior teeth of humans.

Root Configuration	Side Incisor N (%)	Central Incisor N (%)	<i>p</i>
1. Short root	5 (2,5)	13 (6,5)	0,000
2. Blunt root	47 (23,5)	99 (49,5)	
3. Lacerated root	111 (55,5)	19 (9,5)	
4. Pipette-shaped root	37 (18,5)	69 (34,5)	

* Chi-square test

DISCUSSION

Apical root morphology has been associated with risk factors determining root resorption after orthodontic treatment. The results of the present study showed that the central incisor had a higher frequency of rhomboid (blunt) shape and smaller frequency of short root shape, while in the lateral incisor the highest frequency was of curved (lacerated) root shape and the smallest short root shape.

The methodology of the present study employed CBCT images for the analysis of root morphology, since until then this method of imaging has increasingly been indicated in clinical dental practice (Bueno et al., 2018), and due to the fact of the lack of studies using this methodology. Estrela et al. (2015) evaluated the frequency of roots, root canals, and apical foramina in 1400 human permanent teeth using cone beam computed tomography images. The CBCT imaging navigation strategy favors better identification of frequency, root position, root canals, and apical foramina in human permanent teeth. The diagnostic accuracy with CBCT images compared to periapical radiography avoids image overlaps as well as high image sharpness due to voxel size (the smaller the clearer) (Scarfe et al., 2007; Bueno et al., 2018). However, it should be considered that the final result of CBCT imaging may suffer interference from multiple factors, such as the CT scanner (including the acquisition software), the patient, and the software (Bueno et al., 2018).

The use of CBCT images in dental research minimizes the known limitations of periapical radiographic examination. Precision diagnosis and better image quality

compared to periapical radiography induces decision making and a therapeutic protocol strategy with appreciable predictability of outcomes. Estrela et al. (2009) evaluated inflammatory root resorption using cone beam computed tomography and periapical radiographs in 40 patients. Inflammatory root resorption was detected in 68.8% (83 root surfaces) of periapical radiographs and 100% (154 root surfaces) of CBCT. The extent of root resorption was greater than 1–4 mm in 95.8% of computed tomography images and in 52.1% of images obtained by the conventional method. CBCT appears to be useful in assessing root resorption, and its diagnostic performance was better than that of periapical radiography. Freitas et al. (2013) verified the frequency of apical root resorption after long-term orthodontic treatment by means of periapical radiographic images and CBCT. Radiographic images were obtained from teeth of 58 patients before (T1), after orthodontic treatment (T2) and at least 52 months after treatment (T3). The apical structures were evaluated by images of periapical radiographs (T2 and T3), using the modified Levander and Malmgren classification system. The teeth that presented the highest frequency of apical root resorption when analyzed by CBCT images were the upper lateral incisors (94.5%) and the lower central incisors (87.7%), while those with the lowest frequency were the anterior incisors. molars. CBCT images showed that teeth involved in orthodontic treatment with extractions had a higher frequency of apical root resorption. Periapical radiographs showed a higher frequency of apical root resorption than CBCT images for the premolar and molar groups, showing no long-term alteration. Castro et al. (2013) determined the frequency of apical root resorption using CBCT images in a sample of 1256 roots from 30 patients due to orthodontic treatment. All patients had apical root resorption. No statistically significant association was found between resorption frequency, gender and age. Apical root resorption was detected by CBCT in 46% of all roots that underwent orthodontic treatment. CBCT was effective in detecting minimal degrees of apical root resorption due to orthodontic treatment and allowed for a three-dimensional evaluation of dental roots. The highest frequencies and the most significant apical root resorption occurred in the incisors and distal roots of the maxillary and mandibular first molars.

Also, in the comparative studies between CBCT images and periapical radiography, the apical root morphological analysis performed in the present study brings precise and multidimensional parameters, characteristic of this three-dimensional imaging exam.

The number of samples analyzed in the current study (400 upper anterior teeth of 167 patients) followed protocols for obtaining CBCT images and sample calculation for previous studies within the same characteristic (Estrela et al., 2015, 2018; Porto et al. al., 2019).

The analysis of the present study was performed on maxillary central and lateral incisors due to the fact that they are the teeth most affected by root resorption after orthodontic treatment (Silva-Filho et al., 1993; Sameshima & Sinclair, 2001; Rego et al., 2004; Gadben et al., 2006). Gadben et al. (2006) determined the levels of external apical root resorption in 47 patients, due to orthodontic movement and its relationship with root shapes, gender and treatment with and without extraction of four premolars. The maxillary central and lateral incisors did not show significant differences among themselves regarding the severity of root resorption. Teeth with bulging or rhomboidal roots, female patients and cases treated with premolar extractions had significantly higher external apical root resorption at the end of orthodontic treatment. Picanço et al. (2013) evaluated factors common to patients who developed moderate or severe external root resorption (grades 3 and 4 of Malmgren et al, 1982) in the maxillary incisors during fixed orthodontic treatment on permanent dentition. Ninety-nine patients who started fixed orthodontic treatment with Edgewise technique were selected. The results showed that there was a significant difference between the groups for extraction, initial root resorption, root length, crown / root ratio and alveolar bone cortex thickness. Risk factors for severe root resorption in the upper incisors during orthodontic treatment were root resorption prior to initiation of treatment, extractions, reduced root length, decreased crown / root ratio, and thickness. Fine alveolar bone. Fernandes et al. (2017) conducted a review of possible risk factors for external apical root resorption in patients undergoing orthodontic treatment. The research was conducted in the MEDLINE and PubMed databases from 1993 to 2016. It can be seen that orthodontic treatment is a risk factor for external apical root resorption, with the upper incisors being the most affected teeth. The patient's gender and age do not appear to influence the degree of external apical root resorption, as well as other clinical and orthodontic treatment-related factors, with the exception of prolonged treatment time and heavy force application, which are associated with higher levels of resorption. external apical root. Extraction treatment, use of intermaxillary elastic bands and different genetic polymorphisms presented conflicting results, and it was not possible to define the real relationship with external apical root

resorption. Methodological and population differences between the evaluated articles may explain the divergence of results found in the literature. Although several intrinsic, clinical, genetic and orthodontic treatment-related factors have been described in the literature, the most frequently described as actual risk factors for external apical root resorption are the length of prolonged orthodontic treatment and the application of heavy forces.

Among the risk factors involving root resorption in orthodontically treated teeth are apical root morphology (Malmgren et al., 1982; Levander & Malmgren, 1988; Harris, 2000; Consolaro, 2002; Rego et al., 2004; Gadben et al., 2006; Oyama et al., 2007). Root morphologies with narrower pipette-shaped apex and lacerated roots are more susceptible to resorption during orthodontic treatment (Harris, 2000; Rego et al., 2004; Oyama et al., 2007). Thus, the determination of apical root morphology in accurate CBCT examinations prior to orthodontic treatment can establish a better predictability of results regarding root resorption after orthodontic treatment. Oyama et al. (2007) analyzed stress distribution in cases of different root morphologies during the application of an orthodontic force using finite element models. Five root models were employed (normal, short, rhomboid, lacerated and pipette) with orthodontic forces applied in the vertical (intrusive) and horizontal (lingual) directions to the tooth axis. All models tended to focus stress on the cervical region and the base portion of the crown support when intrusive force was applied. No significant stress concentration was observed at the root of the normal-root model when intrusive and lingual orthodontic forces were applied. The forces applied to roots with short, torn, pipette-shaped morphologies resulted in greater root strain than those applied to normal root forms during orthodontic treatment. These changes of root form suggest to promote root resorption, and it is important to identify them at the beginning of orthodontic treatment.

Other factors were also associated with root resorption after orthodontic treatment. Khan et al. (2018) compared the mean external apical root resorption between endodontically treated teeth and their contralateral vital tooth in orthodontic treatments performed on adult individuals. External apical root resorption was evaluated before and after treatment. Vital teeth showed greater root resorption when compared to endodontically treated teeth. There was greater root resorption in women. A weak positive correlation was found between root resorption, age and root length in the pretreatment. In vital teeth there was a weak negative correlation between root resorption and duration of treatment. However, none of these correlations was

significant. External apical root resorption seems to occur more frequently in vital teeth and in female subjects. Root resorption did not significantly correlate with treatment duration, patient age, and pretreatment root length. Pastro et al. (2018) evaluated the possible factors associated with root resorption, common to clinical orthodontics. To this end, a retrospective study of 600 patients (308 women and 292 men) previously treated orthodontically was performed. The sample was divided into two groups related to the degree of root resorption at the end of treatment, according to the classification by Malmgren et al. in 1982. The results showed that initial age, gender, type of malocclusion, parafunctional habits, and allergies did not present a statistically significant risk of root resorption. The time and type of treatment (with and without extractions) and the presence of external root resorption at the beginning of treatment showed significant differences.

The clinical application of the results of the present study highlights the need for knowledge of apical root morphology prior to orthodontic treatment, since it has been considered a risk factor and may impact the degree of root resorption after orthodontic treatment.

CONCLUSIONS

Based on the study methodology used, it can be concluded that the maxillary central incisor had a higher frequency of rhomboid (blunt) shape and a smaller frequency of short root shape, while the maxillary lateral incisor showed a higher frequency of curved (lacerated) shape and smaller frequency of short root shape.

REFERENCES

1. Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of ortho cubic super high resolution CT (Ortho-CT). *Car'98 Computed Assisted Radiol Surg* 1998;8:780-5.
2. Mozzo P, Procacci C, Taccoci A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998;8:1558-64.
3. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam

computed tomography in dental practice. J Can Dent Assoc 2006;72:75-80.

4. Bueno MR, Estrela C, Azevedo BC, et al. Cone beam computed tomography: Revolution in dentistry. Rev Ass Paul Cir Dent 2007;61:325-328.

5. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. J Endod 2008a;34:273-9.

6. Estrela C, Bueno MR, Azevedo B, Azevedo JR, Pécora JD. A new periapical index based on cone beam computed tomography. J Endod 2008b;34:1325-31.

7. Estrela C, Bueno MR, Alencar AHG, Mattar R, Valladares Neto J, Azevedo BC, et al. Method to evaluate inflammatory root resorption by using cone beam computed tomography. J Endod 2009;35:1491-7.

8. Bueno MR, Estrela C. Incorporation of cone beam computed tomography in dental research. In: Estrela C. Scientific methodology: Science, teaching, research. 3 ed. Artmed: Porto Alegre, RS, Brazil, 2018. p.667-684.

9. Bueno MR, Estrela C, Azevedo BC, Diogenes A. Development of a new cone-beam computed tomography software for endodontic diagnosis. Braz Dent J 2018;29:517-529.

10. Fuss Z, Tsesis, Lin S. Root resorption-diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. Dent Traumatol. 2003;19:175–182.

11. Ne RF, Witherspoon DE, Gutmann JL. Tooth resorption. Quintessence Int. 1999;30:9–25.

12. Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of root resorption and root shape: periapical vs panoramic films. Angle Orthod. 2001;71:185–189.

13. Segal GR, Schiffman PH, Tuncay OC. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofac Res* 2004;7:71–78.
14. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: part 2 - Cone beam computed tomography. *Int Endod J* 2009;42:463-75.
15. Levander E, Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. *Eur J Orthod* 1988;10:30–38.
16. Malmgren O, Goldson L, Hill C, Orwin A, Petrini L, Lundberg M. Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth. *Am J Orthod* 1982;82:487-491.
17. Freitas JC, Lyra OCP, Alencar AHG, Estrela C. Long term evaluation of apical root resorption after orthodontic treatment using periapical radiography and cone beam computed tomography. *Dental Press J Orthod* 2013;8:104-12.
18. Castro IO, Alencar AHG, Valladares-Neto J, Estrela C. Apical root resorption due to orthodontic treatment detected by cone beam computed tomography. *Angle Orthod* 2013; 83: 196-203.
19. Picanço GV, Freitas KMS, Cançado RH, Valarelli FP, Picanço PRB, Feijão CP. Predisposing factors to severe external root resorption associated to orthodontic treatment. *Dental Press J Orthod* 2013;18:110-20.
20. Maués CPR, Nascimento RR, Vilella OV. Severe root resorption resulting from orthodontic treatment: Prevalence and risk factors. *Dental Press J Orthod* 2015;20:52-8.
21. Fernandes LQP, Capelli-Júnior J, Campos KPL, Michelin MMM, Vidigal-Junior GM. Avaliação dos possíveis fatores de risco para reabsorção radicular apical externa após tratamento ortodôntico. *Rev Bras Odontol* 2017;74:138-42.

22. Khan AR, Fida M, Shaikh A. Evaluation of apical root resorption in endodontically treated and vital teeth in adult orthodontic subjects. *J Ayub Med Coll Abbottabad* 2018;30:506-10.
23. Pastro JDV, Nogueira ACA, Freitas KMS, et al. Factors associated to apical root resorption after orthodontic treatment. *The Open Dent J* 2018;12:331-339.
24. Taithongchai R, Sookkorn K, Killiany DM. Facial and dentoalveolar structure and the prediction of apical root shortening. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:296-302.
25. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119:505- 10.
26. Artun J, Hullenaar RV, Doppel D, Kuijpers-Jagtman AM. Identification of orthodontic patients at risk of severe apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:448-55.
27. Estrela C, Bueno MR, Couto GS, Rabelo LEG, Alencar AHG, Silva RG, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Study of root canal anatomy in human permanent teeth in a subpopulation of Brazil's center region using cone-beam computed tomography - Part 1. *Braz Dent J* 2015;26:530-536.
28. Estrela C, Couto GS, Bueno MR, Bueno KG, Estrela LRA, Porto OCL, et al. Apical foramen position in relation to proximal root surfaces of human permanent teeth determined by using a new cone-beam computed tomographic software. *J Endod* 2018;44:1741-1748.
29. Porto OL, Freitas BSS, Silva JA, Estrela CRA, Alencar AHG, Estrela C. CBCT evaluation of bone thickness in maxillary and mandibular teeth: An anatomic study. *J Appl Oral Sci* 2019.

30. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: part 1. diagnostic factors. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 2001; 119: 505-510.
31. Silva Filho OG. Estimativa da reabsorção radicular em 50 casos ortodônticos bem finalizados. *Ortodontia* 1993; 26: 24-37.
32. Rego MVN do, Thiesen G, Marchioro EM, Berthold TB. Radicular resorption and orthodontic treatment: myths and scientific evidences. *J Bras Ortodon Ortop Facial* 2004;9:292-309.
33. Gadben JMA, Ribeiro A, Generoso R, Armond MC, Marques LS. Avaliação radiográfica periapical dos níveis de reabsorção radicular de incisivos superiores após tratamento ortodôntico. *Arquiv Odontol* 2006;42:257-336.
34. Harris EF. Root resorption during orthodontic therapy. *Semin Orthod* 2000;6:183-94.
35. Consolaro A. Reabsorções Dentárias na Movimentação Ortodôntica: reabsorções dentárias nas especialidades clínicas. v.1, capítulo 12, p.259-289, Editora Dental Press, Maringá: 2002.
36. Oyama K, Motoyoshi M, Hirabayashi M, Hosoi K, Shimizu N. Effects of root morphology on stress distribution at the root Apex. *Europ J Orthodont* 2007;29:113–117.

ANEXO 1

APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA.



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação da geometria e ramificação radicular, morfologia do forame apical, e de efeitos de materiais obturadores e retentores intrarradiculares na produção de artefatos usando um novo software de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

Pesquisador: Carlos Estrela

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 08488919.0.0000.5083

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.154.097

Apresentação do Projeto:

Título: Avaliação da geometria e ramificação radicular, morfologia do forame apical, e de efeitos de materiais obturadores e retentores intrarradiculares na produção de artefatos usando um novo software de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico. **Responsável:** Carlos Estrela. **Instituição Proponente:** Faculdade de Odontologia / UFG. **Equipe:** Marcus Vinicius Correa da Costa; Luiz Eduardo Gregoris Rabelo; Jesus Djalma Pécora; Cyntia Rodrigues de Araújo Estrela; Julio Almeida Silva e Mike dos Reis Bueno. Trata-se de uma continuidade dos estudos que envolvem uma sequência da linha de pesquisa sobre a aplicação de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico em endodontia. **Amostra:** 1530 participantes. **Financiamento** será custeado pelos próprios pesquisadores. **Coleta de dados:** 24/04 a 31/12/2019.

Objetivo da Pesquisa:

Caracterizar a contribuição de um novo Software na avaliação da geometria, ramificação radicular, morfologia do forame apical, e de efeitos de materiais obturadores e retentores intrarradiculares na produção de artefatos em imagens de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico. **Secundários:** 1. Determinar a geometria de canais radiculares na dentição permanente humana em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico. 2. Identificar de ramificações radiculares em dentes com periodontites apicais em imagens tomografia computadorizada de feixe cônico

Endereço: Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - Agência UFG de Inovação, Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2
Bairro: Campus Samambaia, UFG **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.prpi.ufg@gmail.com



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 3.154.097

utilizando um novo software e-Vol DX. 3. Determinar a morfologia do forame apical na dentição permanente humana em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico. 4. Analisar o efeito de materiais obturadores de canais radiculares na produção de artefatos em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico - análise de um novo software e-Vol DX. 5. Avaliar o efeito de retentores intrarradiculares na produção de artefatos em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico - análise de um novo software e-Vol DX.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Alegaram que os riscos do projeto serão eliminados, uma vez que os dados (secundários) repassados das imagens pelas clínicas radiológicas serão anonimizados. Quanto aos dentes utilizados, os riscos serão minimizados, uma vez que os dados serão compilados de forma estatística, sendo extraídos por diferentes motivos incluindo periodontal, endodôntico, cirúrgico, uma vez que não pode ser mantido mais na boca, e de acordo com o tratamento que foi indicado para melhorar a saúde. Benefícios: O participante não terá benefício direto, os resultados serão publicados com o objetivo de melhorar a qualidade do tratamento de canal (Tratamento

endodôntico) oferecido à toda a população. Será caracterizado a aplicação de um novo software de tomografia computadorizada de feixe cônico com potencial de reduzir os artefatos e permitir visualização de aspectos anatômicos complexos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Este estudo busca avaliar a efetividade de um novo software capaz de melhorar a nitidez das imagens de TCFC, oferecendo maior número de informações de forma precisa, eliminando artefatos que influenciam o planejamento e apresenta impacto no diagnóstico. Haverá uso de fontes secundárias de dados; serão banco de dados radiográficos, cedidos pelas clínicas do centro de radiologia odontológica em Goiânia-GO (Unidade Radiodontológica de Goiânia Ltda., Goiânia, GO, Brasil), e em Cuiabá-MT (CROIF, Cuiabá, MT, Brasil), cedidos de forma anônima.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A cirurgia para extração do dente será realizada na Clínica de Cirurgia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás, sendo o dente guardado e em nenhum momento será identificado durante a pesquisa (será mantido o sigilo da identidade), mesmo quando os resultados da pesquisa forem divulgados. O participante poderá retirar da pesquisa a qualquer momento. A doação será feita perante o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Os documentos encontram-se adequados, bem como, assinados e timbrados como recomendado em resolução.

Endereço: Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - Agência UFG de Inovação, Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2
Bairro: Campus Samambaia, UFG **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.prpi.ufg@gmail.com

Página 02 de 04



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 3.154.097

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após leitura e análise desse projeto, bem como de seus anexos, sugerimos a aprovação do mesmo, SMJ.

Considerações Finais a critério do CEP:

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa/CEP-UFG considera o presente protocolo APROVADO, o mesmo foi considerado em acordo com os princípios éticos vigentes. Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(a) pesquisador(a) responsável deverá encaminhar ao CEP-UFG o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Resolução CNS n. 466/12 e Resolução CNS n. 510/16. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1288524.pdf	29/01/2019 10:19:30		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	29/01/2019 10:14:23	Carlos Estrela	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Pesquisadores.pdf	29/01/2019 10:13:20	Carlos Estrela	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Banco_dados.pdf	29/01/2019 10:12:24	Carlos Estrela	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado.pdf	29/01/2019 09:17:05	Carlos Estrela	Aceito
Folha de Rosto	Folha_Rosto.pdf	28/01/2019 09:25:47	Carlos Estrela	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - Agência UFG de Inovação, Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2
Bairro: Campus Samambaia, UFG **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.prpi.ufg@gmail.com