

IVAN ONONE GIALAIN

Avaliação bidimensional e tridimensional do ângulo de curvatura de dentes permanentes: comparação entre radiografia periapical e TCFC

São Paulo

2019

IVAN ONONE GIALAIN

Avaliação bidimensional e tridimensional do ângulo de curvatura de dentes permanentes: comparação entre radiografia periapical e TCFC

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em **Ciências Odontológicas** para obter o título de Doutor em **Ciências**.

Área de concentração: **Clínica Integrada**

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Gusmão Paraíso Cavalcanti

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Gialain, Ivan Onone.

Avaliação bidimensional e tridimensional do ângulo de curvatura de dentes permanentes: comparação entre radiografia periapical e TCFC / Ivan Onone Gialain ; orientador Marcelo de Gusmão Paraíso Cavalcanti . -- São Paulo, 2019.

73 p. : tab., fig. graf. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas. Área de Concentração: Clínica Integrada. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida

1. Tomografia computadorizada de feixe cônico. 2. Tratamento endodôntico. 3. Radiografia dentária digital. 4. Curvatura. I. Cavalcanti, Marcelo de Gusmão Paraíso. II. Título.

Gialain IO. Avaliação bidimensional e tridimensional do ângulo de curvatura de dentes permanentes: comparação entre radiografia periapical e TCFC. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em: 19/07/2019

Banca Examinadora

Prof. Dr. Celso Luiz Caldeira

Instituição: FOUSP

Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Arthur Rodriguez Gonzalez Cortes

Instituição: FOUSP

Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Carlos Eduardo Fontana

Instituição: PUC-Campinas

Julgamento: Aprovado

Gostaria de dedicar este trabalho a todos os mestres e professores que tive até hoje, seja no meio escolar, universitário ou da vida.

Se hoje sou algo, é porque eu aprendi com vocês.

Muito obrigado

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao Gohouzen por me ajudar a mudar a maneira como vejo o mundo.

Não tenho como começar a seção de agradecimentos sem demonstrar a gratidão pelo professor Marcelo de Gusmão Paraíso Cavalcanti. O senhor me deu a oportunidade de continuar minha evolução profissional, abriu as portas do Labi 3D e me recebeu. Além da orientação e acompanhamento dos trabalhos desenvolvidos no laboratório, agradeço sua confiança e liberdade para poder me aventurar na vida docente, o que com certeza não será esquecido. Muito obrigado!

Agradeço à CAPES pela bolsa agraciada durante o curso de doutorado.

O Labi 3D não teria metade do seu valor se não fossem todos os alunos que já fizeram parte direta e indiretamente e para vocês também gostaria de enviar meus sinceros agradecimentos. Mas em especial meus 3 colegas na jornada do doutorado, Fernanda Cristina Sales Salineiro, Solange Kobayashi-Velasco e Wellington Hideaki Yanaguizawa, vocês fizeram toda essa jornada ser mais produtiva, mais leve e muito mais divertida. E não posso deixar de mencionar a Mariana Chagas, recém-chegada ao Labi. Obrigado pela amizade e companhia de todos vocês.

Ao meu grande amigo, professor, colega de trabalho e de passeios, Arthur Rodriguez Gonzales Cortes, não tenho palavras para agradecer todo apoio e incentivo que recebi de você nos muitos anos de amizade que temos. Fiquei muito feliz quando começamos a fazer pesquisas juntos, pois tenho certeza que tive, tenho e sempre terei muito a aprender com você.

Juntamente com o professor Arthur, os demais pós-graduandos e professores da disciplina de Radiologia sempre estavam presentes e em várias conversas pudemos trocar ideias no âmbito acadêmico e pessoal. Com destaque especial à professora Emiko Saito Arita que sempre manteve as portas abertas e conselhos sempre assertivos e ao amigo Reinaldo Abdala Júnior que, com sentimento totalmente altruísta, se ofereceu para ajudar na aquisição tomográfica de todos os elementos dentários em sua clínica radiológica, sem você este trabalho literalmente não existiria.

Outro amigo que tem uma importância enorme nesse trabalho, por mais que de maneira indireta é Fernando Siano dos Reis. Por conta de uma parceria nossa em seu trabalho de mestrado a questão que motivou todo esse estudo apareceu. Juntamente com o Fernando, agradeço toda a equipe EndoFriends e também a equipe EEC (grupo de endodontia de Campinas) capitaneado pelo Prof. Dr. Carlos Silva Bueno. De ambos os grupos apenas recebi palavras de apoio e encorajamento.

Sem a atuação de todos que fazem a FOU SP funcionar, também quero demonstrar minha gratidão. Dentre todos os funcionários da faculdade, algumas pessoas contribuíram muito para o bom andamento de todas as atividades, sinto a necessidade de destacar a ajuda das meninas da pós-graduação (Katia e Alessandra), secretárias do Departamento de Estomatologia (principalmente a Cidinha que, mesmo não fazendo parte do mesmo programa que eu, nunca negou ajuda) E como sempre, a todos funcionários da SDO – o esforço de vocês permite que as pesquisas possam acontecer na FOU SP, com carinho especial para as bibliotecárias Glauci e Vânia.

Em uma nota pessoal, não posso deixar de agradecer à minha família por me proporcionar base, apoio e condições para poder seguir o caminho que acredito. Tenho uma felicidade enorme de fazer parte de uma família com pessoas tão diferentes e poder aprender sobre a vida com diferentes pontos de vista.

De maneira geral agradeço meus amigos por, mesmo com a distância, estarem presentes na minha vida e me darem força quando as coisas não vão tão bem.

Agradeço muito poder conhecer e poder aprender muito sobre mim mesmo com a minha namorada, Elisa. Acredito que não conheço ninguém com a mesma força de caráter que você tem.

A maior mudança na vida até hoje foi ter encontrado no Budismo Primordial uma parte da minha personalidade que não conhecia até 2016. No *otera* fui procurar respostas e calma, porém me foi oferecido muito mais que isso. Estou aprendendo consciência e passei a viver e conhecer pessoas maravilhosas, por isso deixo meu *ARIGATOUGOZAIMASU*.

E o último agradecimento vai para as pessoas que se tornaram o maior motivo para todo o estudo: ALUNOS. Sem a função de propagar o conhecimento, toda pesquisa perde o sentido, e agradeço profundamente a confiança e dedicação de toda semana.

中々に 物学びより 心をば
正直にする 稽古第一

“Muito além do que
adquirir conhecimento,
o treinamento principal
é criar um coração honesto”.

Mestre Nissen Shounin

RESUMO

Gialain IO. Avaliação bidimensional e tridimensional do ângulo de curvatura de dentes permanentes: comparação entre radiografia periapical e TCFC [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2019. Versão Corrigida.

A curvatura dos canais radiculares pode ser considerada um grande desafio para o sucesso do tratamento endodôntico, por tal motivo é necessária uma boa compreensão da anatomia interna dental. Diversas técnicas para avaliação qualitativa e quantitativa da curvatura foram propostas desde o século XVIII, porém ainda não foi aceita uma técnica que pudesse fornecer a pesquisadores e profissionais clínicos descrição detalhada sobre a curvatura do canal. O objetivo do presente estudo foi descrever uma técnica baseada em coordenadas delimitadas na luz do canal radicular (denominada método de pontos), utilizando fórmulas matemáticas e programas de desenho computacional, para que fosse possível determinar, tanto de maneira bidimensional quanto tridimensional, o desvio da trajetória do canal (considerado como ângulo de curvatura), o quão acentuado é esse desvio (grau de curvatura) e determinar a região em que as curvaturas se encontram no canal. Além desse objetivo, a metodologia foi aplicada em quatro grupos dentais (incisivo lateral superior, pré-molar inferior, molar superior e molar inferior) para estudar possíveis diferenças entre os grupos e entre os seus terços radiculares. Para realizar o estudo foram utilizadas imagens bidimensionais (radiografia periapical) e tridimensionais (tomografia computadorizada por feixe cônico). Na análise bidimensional, a aplicabilidade da metodologia proposta foi demonstrada comparando o método de pontos aos métodos de Schneider e de Pruett sobre radiografias periapicais de pré-molares inferiores. Os resultados mostraram que o método de pontos obteve valores angulares maiores quando comparados às outras técnicas e houve forte correlação entre o maior valor angulado encontrado pelo presente método quando comparado ao cálculo do raio de curvatura pelo método de Pruett. Para a análise tridimensional, foi comparada angulação de curvatura dos quatro grupos dentários e comparando os resultados obtidos pelo método de Schneider (por ser o mais comumente empregado), método de pontos bidimensional e método de pontos tridimensional. Os resultados desta avaliação demonstraram que em todos os grupos o valor angular obtido pelo

método em três dimensões foi maior quando comparado aos outros métodos, indicando que a angulação tridimensional não é totalmente considerada ao ser realizada uma análise bidimensional da estrutura. Ao analisar a diferença entre os grupos dentários, os resultados mostraram que os dentes multirradiculares (molares superiores e inferiores) apresentaram curvatura mais acentuada da encontrada em dentes unirradiculares e na comparação entre os terços radiculares, o terço apical foi a região que concentrou os maiores valores de curvatura de canal.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada por feixe cônico. Tratamento endodôntico. Radiografia dentária digital, Anatomia dental.

ABSTRACT

Gialain IO. Bidimensional and tridimensional root canal curvature angle evaluation: comparison between periapical radiography and CBCT [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2019. Versão Corrigida.

Root canal curvature can be assumed to be a major concern regarding endodontic therapy success, hence it is mandatory to understand the tooth internal anatomy. Several methods were proposed to analyze or quantify root canal curvature, however there has not been accepted a single technique that could describe this curvature and be used by both researcher or clinical professionals. The goal of the present work was to describe a method based on point coordinates (denominated point method), mathematical analysis or computer aided design (CAD) software, considering bidimensional or tridimensional images. The desired characteristics to be calculated from the root canal curvature were the deviation found on the root canal path (considered as curvature angle), the abruptness of this deviation (defined as curvature radius), and determine the position of the curvature. Moreover, the proposed methodology was applied to calculate root canal curvature of four different tooth groups (superior lateral incisors, inferior premolars, superior and inferior molars) to compare difference amongst these groups or among apical, middle or cervical thirds. To achieve these goals the teeth underwent periapical radiograph exam and cone beam computed tomography acquisitions. In order to demonstrate the suitability of the proposed method, it was compared to Schneider's and Pruett's methods regarding curvature angle and radius using bidimensional images of inferior premolars. The results of the bidimensional analysis showed that the angular values obtained by the point method were higher when compared to the other two methods and there was a strong correlation between the highest angle value found with the point method and the curvature radius found with Pruett's method. The tridimensional analysis of this study compared, in both 2D and 3D, the four tooth groups regarding curvature angle, comparing these results with Schneider's method. The results showed that 3D curvature angle was significantly higher, suggesting that bidimensional method underestimate root canal curvature. When analyzing difference among tooth groups, it

was found that multirooted teeth had higher curvature angles than those found on single-rooted teeth. And among the root thirds, the apical third had the majority of high angular values.

Keywords: Cone beam computed tomography. Endodontic treatment. Digital dental radiography, Tooth anatomy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Classificação de Vertucci para os diferentes padrões de canais radiculares encontrados nos dentes estudados	22
Figura 2.2 - Demonstração pelo método de Schneider	23
Figura 2.3 - Demonstração pelo método de Southard.....	24
Figura 2.4 - Demonstração pelo método de Kyomen	25
Figura 2.5 - Demonstração pelo método de Berbert e Nishiyama	26
Figura 2.6 - Demonstração pelo método de Luiten.....	27
Figura 2.7 - Classificação proposta por Nagy – Canal em forma de “I”, “J”, “C” e “S”, respectivamente	27
Figura 2.8 - Demonstração pelo método de Pruett.....	29
Figura 2.9 - Demonstração pelo método de Zhan e Hu.....	31
Figura 2.10 - Demonstração pelo método de Estrela	33
Figura 2.11 - Demonstração pelo método de Eaton	34
Figura 4.1 - Demonstração do processo de escalonamento da radiografia periapical, para que a maior distância vertical coincida com a medida real de altura do elemento dentário.....	39
Figura 4.2 - Linhas horizontais paralelas com distância constante para delimitação dos pontos.....	40
Figura 4.3 - Pontos determinados na radiografia periapical e vetores formados entre os pontos, seguindo o trajeto do canal radicular	41
Figura 4.4 - Imagem axial de tomografia computadorizada por feixe cônico com ponto escolhido. Visualização das coordenadas (x, y e z) do ponto determinado	44
Figura 4.5 - Vetor α formado entre os pontos 3 e 4, vetor β formado entre os pontos 4 e 5 e ângulo θ formado entre os vetores α e β	45
Gráfico 5.1 - Média e desvio padrão (linha vertical) dos valores angulares obtidos a partir do método de pontos, Schneider e Pruett, valores em graus. Linhas horizontais representam diferença significativa entre os dados	47

- Gráfico 5.2 - Gráfico de dispersão mostrando correlação entre o maior valor angular observado pelo método de pontos e do valor do raio de curvatura obtido pelo método de Pruett. A linha pontilhada é a linha de regressão entre as variáveis..... 48
- Gráfico 5.3 - Média e desvio padrão (linha vertical) dos valores angulares obtidos a partir dos diferentes métodos estudados para cada grupo dentário, valores em graus. As linhas horizontais representam diferença significativa entre os dados 49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1	Curvatura em imagens bidimensionais.....	23
2.2	Curvatura em imagens tridimensionais	32
3	PROPOSIÇÃO	35
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
4.1	Parte 1 – determinação do método de pontos.....	37
4.2	Parte 2 – comparação entre curvaturas em imagens bidimensionais ou tridimensionais.....	42
5	RESULTADOS.....	47
5.1	Comparações bidimensionais em pré-molares.....	47
5.2	Diferença entre método bidimensional e tridimensional	48
6	DISCUSSÃO	53
7	CONCLUSÕES	59
	REFERÊNCIAS.....	61
	ANEXOS	65

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da correta anatomia do complexo formado por câmara pulpar e canais radiculares, assim como suas variações mais frequentes, é de extrema importância para o sucesso do tratamento endodôntico. Uma das variáveis de um canal radicular é a sua curvatura, que pode ser constante durante todo seu percurso ou mais acentuada no terço apical da raiz.¹ Uma revisão de literatura cita como os principais objetivos da instrumentação endodôntica a conformação e o alargamento do canal radicular, evitando alguns erros que podem ocorrer de acordo com as propriedades mecânicas dos instrumentos, tais como: retificação do canal, formação de ombro, desvio da anatomia do canal e perfuração.²

Com a evolução das técnicas de imagem, principalmente a tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC) e a microtomografia, uma série de estudos vem sendo realizados com diferentes marcas e especificações de instrumentos endodônticos. Um dos trabalhos mais citado como referência a esses estudos foi o realizado por Gambill³, cujo método descrito é composto por aquisição de imagens tomográficas antes e depois de instrumentação endodôntica. Após a sobreposição das imagens em cortes axiais correspondentes (por exemplo, a 1mm do ápice), é possível obter as distâncias mesial e distal da luz do canal até a borda externa da dentina. Através das formulas descritas no trabalho é possível calcular a transposição e centralização causada por cada instrumento endodôntico após o preparo do canal radicular.

Diversos autores utilizaram essa metodologia para avaliar o comportamento mecânico dos instrumentos quando submetidos ao estresse inerente do preparo de canais curvos, sendo que esses canais tinham suas curvaturas simuladas (em blocos de resina) ou de dentes humanos dentro de um padrão pré-determinado.⁴⁻⁷ Um dos fatores para a inclusão dos dentes nos estudos *ex-vivo* (com dentes extraídos) é a curvatura do canal que normalmente estão dentro de uma faixa de angulação, normalmente calculada segundo metodologia proposta por Schneider⁸.

Outra técnica, introduzida por Pruett⁹ considera tanto o ângulo quanto o raio da curvatura do canal. O estudo demonstra que dois canais com ângulos de curvatura iguais podem ter curvaturas diferentes, concluindo que o raio da curvatura é importante e deve ser considerado em estudos avaliando instrumentação

endodôntica. A falta do cálculo do raio de curvatura foi citada como uma falha da técnica de Schneider.

A limitação de ambas as técnicas é analisar apenas uma imagem bidimensional de uma estrutura tridimensional, já que os autores fazem todas as mensurações em radiografias periapicais. Mensurações tridimensionais já foram propostas por outros autores, porém em alguns casos foram utilizadas duas projeções bidimensionais, o que não corresponde a uma análise do volume, ou utilizaram metodologia que necessitava de softwares específicos^{10,11}.

Ao serem consideradas as diferentes técnicas propostas para a descrição quantitativa da curvatura de canais radiculares, uma revisão sistemática publicada em 2019 conclui que há uma lacuna no campo estudo. Existe a necessidade da descrição de uma técnica que possa ao mesmo tempo demonstrar o desvio presente na curvatura assim como sua severidade (descrita por Pruett na forma de “raio de curvatura”) e a posição de cada um desses aspectos, além de poder ser aplicada em ambiente laboratorial e clínico considerando a natureza tridimensional da anatomia do sistema de canais radiculares¹². Por conta das limitações das técnicas atuais, é desejável a descrição um método que combine maior detalhamento de informações acerca curvatura do canal com uma metodologia compatível para utilização tanto em ambiente clínico como laboratorial.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Diversas técnicas para visualização, estudo e conhecimento da anatomia interna do dente tem sido utilizadas nos estudos envolvendo endodontia. O principal tema desta tese é abordar análises quantitativas da curvatura do canal radicular, isto é, técnicas que demonstraram em valores numéricos tais características. Antes de revisarmos a literatura acerca métodos bidimensionais e tridimensionais para o cálculo de curvatura, serão apresentadas algumas análises qualitativas que merecem destaque. São elas:

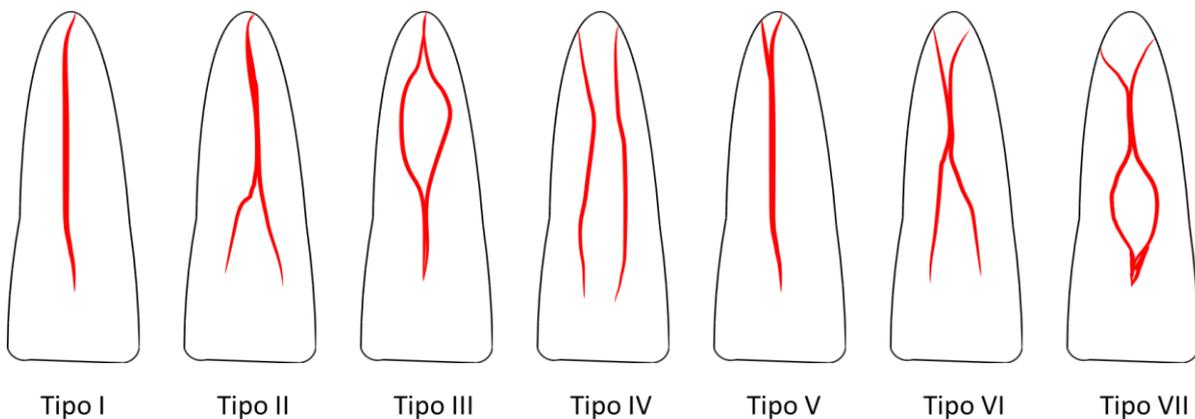
Modelos tridimensionais foram obtidos diretamente pela inserção de resina no interior complexo pulpar, em um trabalho realizado em 1975¹³. O primeiro passo foi criar uma abertura na câmara pulpar pela face vestibular com o auxílio de uma broca esférica sob baixa rotação. A próxima etapa foi a remoção dos tecidos orgânicos, lavagem e secagem. Após o preenchimento completo da câmara pulpar e canais radiculares com resina corada, a porção mineral do elemento dentário foi destruída num banho de 72h em ácido clorídrico (HCl). Ao final, a resina que foi depositada no interior do dente foi incluída em bloco de resina transparente, resultando em uma peça de estudo e ensino de grande importância¹³.

A técnica apresentada por Littman¹⁴ utilizou um meio radiográfico (solução de sódio e diatrizoato de meglumina) que foi inserido na câmara pulpar e canal de dentes com apenas um canal e um ápice. Após a inserção do material, operadores realizaram o preparo mecânico do canal, sem a utilização de irrigantes. O objetivo do trabalho era analisar as técnicas endodônticas para remoção do meio radiopaco, assim demonstrando um método menos destrutivo para avaliar qualitativamente a anatomia do canal.

Um grande trabalho publicado por Slowey¹⁵ descreve as características anatômicas de diferentes grupos dentários, trazendo informações relevantes de cada um dos grupos. Foram consideradas como complicações anatômicas diferenças encontradas em cada grupo, como dificuldades no correto acesso à câmara pulpar, curvaturas acentuadas na porção apical, quantidade de raízes e canais em um elemento dentário, etc. O estudo concluí que em todos os dentes é possível encontrar alterações anatômicas e o conhecimento individual é necessário para o sucesso do tratamento endodôntico.

Para auxiliar e padronizar a classificação de certas características, o clássico trabalho feito por Vertucci¹⁶ analisou 2400 elementos dentários. Para a análise o tecido pulpar foi corado com hematoxilina e a porção mineral foi clareada até que a anatomia interna pudesse ser observada. O trabalho trouxe uma classificação diferenciada onde era considerada a quantidade de entradas de canais, possíveis bifurcações ou fusões de canais e a quantidade de forames apicais, conforme é demonstrado na figura 2.1.

Figura 2.1 – Classificação de Vertucci para os diferentes padrões de canais radiculares encontrados nos dentes estudados



Mesmo a radiografia trazendo boa capacidade de analisar os aspectos anatômicos dos canais radiculares, muitas vezes não consegue demonstrar com fidelidade a natureza tridimensional. Fatores além do grau de curvatura devem ser considerados, como a localização de tal curvatura, se a curvatura é possível de ser observada em radiografia periapical, e múltiplas curvaturas em um mesmo canal¹⁷.

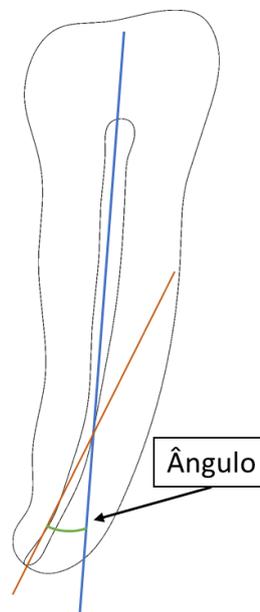
Como muitas das características anatômicas relevantes à endodontia não são superficiais, a utilização de metodologias envolvendo imagens radiológicas ou tomográficas são necessárias. As radiografias periapicais constituem a técnica mais comum de imagem utilizada na avaliação da câmara pulpar e sistema de canais radiculares. Com o desenvolvimento da tecnologia envolvida na produção de aparelhos e sensores radiográficos, técnicas como as tomografias computadorizadas podem ser realizadas com menores doses de radiação. Lembrando que sempre devemos escolher utilizar as menores doses de radiação possível a fim de obtermos o melhor diagnóstico para o paciente – princípio ALARA^{12,18,19}.

2.1 Curvatura em imagens bidimensionais

Neste subcapítulo serão apresentadas as diferentes técnicas propostas na literatura para a mensuração bidimensional da curvatura de canais radiculares.

O primeiro trabalho a trazer uma técnica para demonstrar numericamente a angulação da curvatura do canal radicular foi o trabalho proposto por Schneider. A técnica proposta é calculada sobre uma radiografia periapical onde uma primeira linha é desenhada seguindo o longo eixo do canal, a partir do ponto onde o canal desvia da primeira linha, uma segunda linha é desenhada deste ponto até o forame apical (Figura 2.2). O ângulo agudo (medido em graus) entre as duas linhas foi considerado como ângulo de curvatura e foi sugerida a classificação: canal reto (para curvaturas menores que 5°), curvatura moderada (entre 10° a 20°) e curvatura severa (entre 25° e 70°).⁸

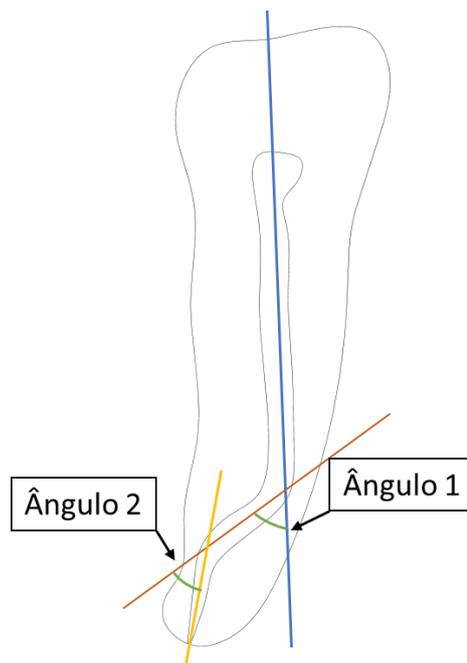
Figura 2.2 – Demonstração do método de Schneider



O trabalho realizado por Southard, Oswald e Natkin utilizou uma técnica semelhante à proposta por Schneider, porém com as seguintes alterações: padronização das radiografias, incluindo os dentes em resina; acesso do canal radicular e inserção de instrumento endodôntico; análise de dentes com curvatura

dupla onde o procedimento para definir os ângulos partir de uma primeira linha seguindo a imagem do instrumento na porção coronal, a segunda linha foi descrita como a que “melhor encaixava” no trajeto, e a terceira linha era formada do forame apical até a segunda linha. O ângulo entre primeira e segunda linhas foi considerado como ângulo primário, já o encontrado entre a segunda e terceira linha foi o ângulo secundário (Figura 2.3). Na técnica proposta foi analisada a curvatura em uma radiografia “clínica” (com a face vestibular do dente voltada para o filme radiográfico) e em outra radiografia “proximal” (com a face mesial voltada o filme).²⁰

Figura 2.3 – Demonstração do método de Southard



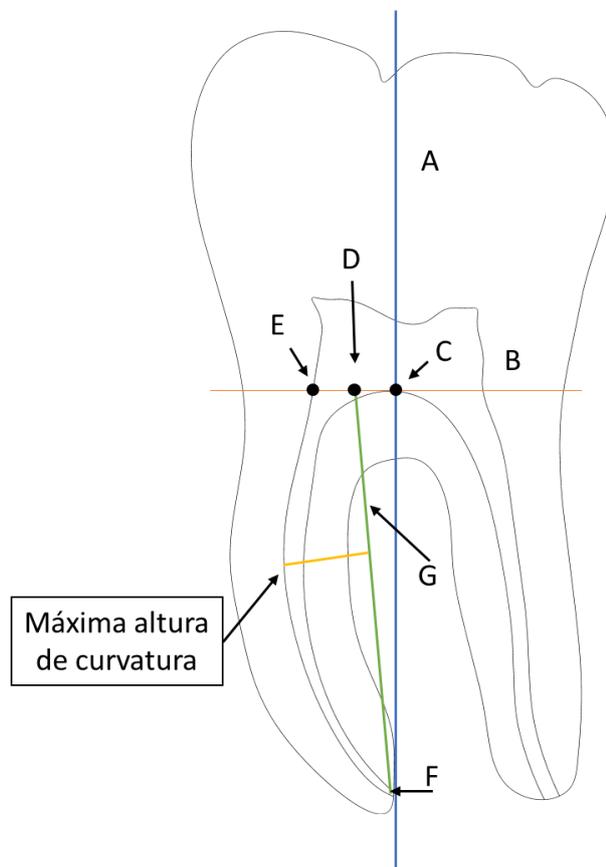
Uma alteração na técnica proposta por Southard foi proposta em um trabalho. A alteração consistiu em medir a distância linear da segunda linha (para curvaturas únicas) ou da segunda e terceira linhas (para curvaturas duplas), que foi considerada como raio de curvatura. Além de considerar o raio, foi determinado o cálculo do “quociente radial” onde o valor do ângulo era dividido pelo raio da linha subsequente ao próprio ângulo. Nesse cálculo, quão maior for o quociente, mais severa pode ser considerada a curvatura.²¹

O trabalho realizado por Cunningham e Senia utilizou técnica muito semelhante à de Southard. No próprio trabalho os autores descrevem sua técnica utilizando o método proposto por Schneider, porém como se fosse uma análise tridimensional, já

que calculou o ângulo de curvatura tanto em radiografias em norma “clínica” e “proximal”.²²

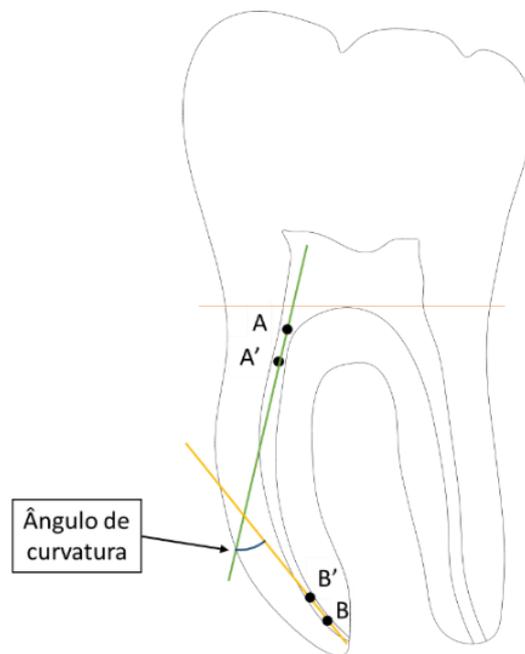
Em 1994, Kyomen, Caputo e White propuseram uma técnica que consistia no desenho de algumas linhas perpendiculares até se calcular a curvatura. Inicialmente era desenhada uma linha “A” representando o longo eixo do dente localizada na metade da distância méso-distal da imagem radiográfica. Uma segunda linha “B” era desenhada perpendicular à linha “A” no assoalho da câmara pulpar, e em seguida um ponto médio (ponto “E”) entre o ponto de encontro do assoalho com a linha “B” (ponto “C”) e o encontro da parede proximal na linha “B” (ponto “D”) era definido. Um outro ponto “F” era descrito no forame apical e uma linha “G” era desenhada entre os pontos “E” e “F”. A medida de escolha era a maior distância perpendicular da linha “G” até o trajeto do canal radicular. Essa medida foi nomeada de “máxima altura de curvatura” (Figura 2.4).²³

Figura 2.4 – Demonstração do método de Kyomen



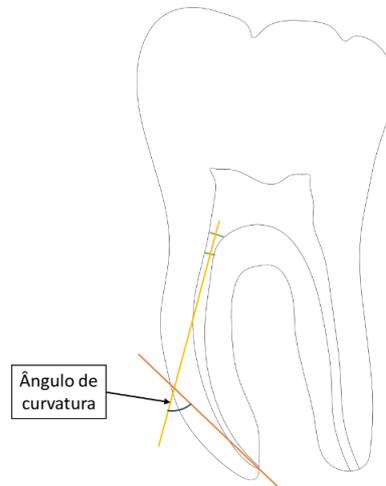
A primeira técnica descrita por pesquisadores brasileiros foi realizada por Berbert e Nishiyama. Em sua técnica era desenhada sobre uma imagem projetada de radiografia periapical uma linha XY perpendicular ao longo eixo, a altura do assoalho da câmara pulpar. Dois pontos A e A' foram definidos na porção coronária do canal, a 2mm e 3mm da linha XY, respectivamente. Seguindo os dois pontos foi traçada a reta "a", que era interseccionada por uma linha "b". Para determinação da linha "b", dois pontos B e B' foram definidos a 1mm e 2mm, respectivamente, de distância do forame apical. O ângulo formado entre as linhas "a" e "b" representavam o ângulo de curvatura do canal (Figura 2.5).²⁴

Figura 2.5 – Demonstração do método de Berbert e Nishiyama



Radiografias periapicais escaneadas foram utilizadas em programas de computador para determinar a curvatura do canal radicular. Para se determinar a curvatura do canal, duas linhas transversais (conectando a parede mesial e distal do canal) foram traçadas na entrada do canal e 2mm abaixo da entrada. Ligando o ponto médio dessas duas primeiras linhas foi desenhada uma terceira linha de referência. Uma quarta linha foi desenhada paralela ao último milímetro do canal (porção apical) e o ângulo encontrado entre a terceira e quarta linhas foi considerado o ângulo de curvatura do canal (Figura 2.6).²⁵

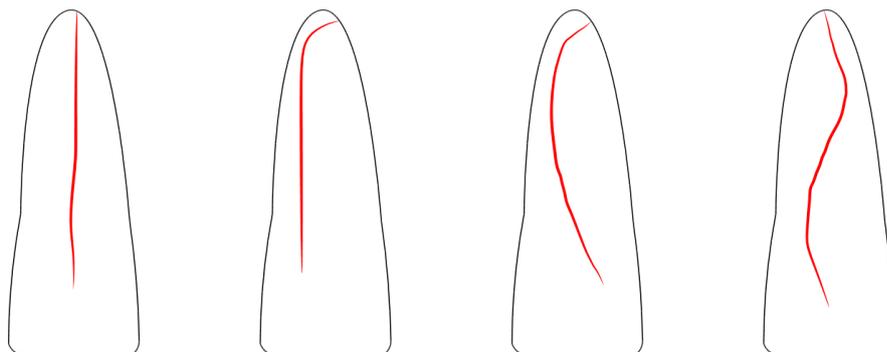
Figura 2.6 – Demonstração do método de Luiten



A técnica de microrradiografia de contato foi empregada em um estudo realizado em 1995. Utilizando essa modalidade de imagem os autores mensuraram a distância entre a entrada do canal e o início da curvatura, o ângulo de curvatura (baseado no método de Schneider) e o raio de curvatura com o auxílio de um gabarito.²⁶

Um método matemático foi proposto por Nagy e colaboradores onde 7 pontos foram descritos sobre uma imagem radiográfica. Para a aquisição da anatomia, o canal foi esvaziado e preenchido com material radiopaco. Os pontos foram posicionados seguindo o eixo do canal radicular, com o primeiro sendo localizado no forame apical e o último na entrada do canal. As coordenadas dos pontos alimentaram uma função polinomial de quarto grau que definiu o eixo do canal. A partir dos dados de curvatura obtidos nessa função os canais foram classificados de acordo com seu formato, se assemelhando às letras I, J, C e S (Figura 2.7).²⁷

Figura 2.7 – Classificação proposta por Nagy – Canal em forma de “I”, “J”, “C” e “S”, respectivamente

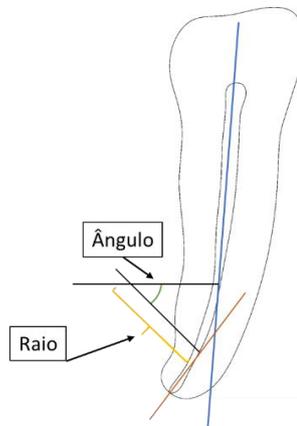


Em 1996, um novo método nomeado LAT (*long-axis technique*) foi descrito. Neste método, a imagem radiográfica analisada era de um dente com acesso endodôntico e com a presença de uma lima no interior do canal radicular. A técnica em si era muito semelhante à técnica de Schneider, onde foi desenhada uma linha no longo eixo do dente e uma segunda linha seguindo o longo eixo da porção apical. O ângulo formado entre as duas linhas foi considerado o ângulo de curvatura. ²⁸

Outro método que buscou analisar a curvatura do canal em três dimensões foi o proposto por Harlan, Nicholls & Steiner. Neste método as análises foram realizadas em radiografias periapicais em norma “clínica” e “proximal”, onde uma lima endodôntica havia sido previamente inserida no canal para facilitar a visualização da curvatura. Os valores dos ângulos em cada norma foram realizados seguindo o método de Schneider, porém foi considerado como valor real de curvatura o valor obtido a partir da seguinte fórmula: $T = \alpha \tan [(\tan(c))^2 + (\tan(p))^2]^{1/2}$; onde “c” era o valor do ângulo obtido na norma “clínica” e “p” na norma “proximal”. ²⁹

Uma das principais técnicas utilizadas na literatura é a proposta por Pruett, Clement e Carnes. O fato desta técnica ser bem aceita foi a capacidade de demonstrar que apenas o ângulo de curvatura é insuficiente para descrever a curvatura do canal. Em seu método os autores demonstram uma maneira de calcular o quão abrupta é a curva observada no canal radicular, onde foi exemplificado que o mesmo ângulo de curvatura, se possuir um pequeno raio de curvatura acaba resultando em uma curvatura mais acentuada do que outro ângulo com grande raio. Para realizar as mensurações uma primeira linha no longo eixo do dente foi feita (linha 1), uma segunda linha seguindo o longo eixo da porção apical foi desenhada até a intersecção com a primeira (linha 2). Em ambas as linhas foram marcados os pontos onde o canal sofria desvio da linha (pontos A e B) e partindo de cada um dos pontos, retas perpendiculares às linhas 1 e 2 foram desenhadas até se encontrar. Na intersecção de tais linhas perpendiculares se formava um ângulo (considerado como ângulo de curvatura) e a distância entre o ponto de intersecção até o ponto A ou B foi definida como o raio da curvatura (Figura 2.8).⁹

Figura 2.8 – Demonstração do método de Pruett



Lopes e colaboradores também propuseram um método para calcular o raio da curvatura para complementar o valor angular obtido pelo método de Schneider. O raio da curvatura foi mensurado na região de maior curvatura observada em radiografias periapicais utilizando um método geométrico, que consiste no encontro de medianas de duas coordenadas, onde a curvatura é maior.³⁰

No ano 2000, em uma continuação do trabalho realizado em 1995, Dobo-Nagy e colaboradores exploraram a curvatura tridimensional do canal radicular. Apesar de ser uma técnica tridimensional, está sendo descrita no presente subcapítulo por se tratar de uma técnica utilizando imagens bidimensionais. Na técnica as equações polinomiais anteriormente descritas eram calculadas tanto para a imagem em norma “clínica” como em norma “proximal” e, após o pareamento das imagens, uma nova equação era utilizada para retornar uma descrição tridimensional da curvatura do canal radicular.¹⁰

Em metodologia semelhante a utilizada por Nagy, em um trabalho de doutorado realizado na Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo foi desenvolvido o “Método Odontométrico Digitalizado – MODi”, onde de um mesmo elemento dentário foram realizadas radiografias em quatro incidências diferentes. As imagens foram importadas para um programa de computador onde os ângulos foram analisados a cada 1mm ou em cada terço do canal. Os cálculos foram feitos para cada uma das quatro incidências.³¹

Ainda seguindo o conceito que apenas o ângulo de curvatura não é suficiente para descrever corretamente a curvatura do canal radicular, foi introduzido um novo método para o cálculo do raio de curvatura. Para as medidas angulares o método empregado foi o de Schneider e para calcular o raio de curvatura foram empregados

conhecimentos geométricos seguindo a construção de triângulos isósceles e utilizando a medida da distância entre o ponto onde o canal desvia do longo eixo do dente e do ponto do forame apical.³²

Em outro estudo uma proposta diferenciada para descobrir qual a maior curvatura encontrada no canal. Neste método o elemento dentário era previamente preparado até o diâmetro de uma lima endodôntica K#15. Após ser inserido num bloco de resina o dente era apoiado sobre uma mesa rotatória e diversas radiografias eram executadas até que a imagem do instrumento inserido no canal aparecesse como uma linha reta, após esse passo a mesa era girada 90° e uma nova imagem era feita e considerada como a imagem de maior curvatura. A imagem escolhida para a análise foi importada para um programa de computador onde, através de desenho computacional, o raio de curvatura foi determinado.³³

Um novo conceito na curvatura do canal foi proposto como “ângulo de acesso do canal” (CAA), e foi medido traçando uma linha reta entre o ponto de entrada do canal (linha AB) e o forame apical, e também foi considerada a linha de longo eixo da porção coronal do canal (linha AC - semelhante ao método de Schneider). Na intersecção entre essas duas linhas o ângulo CAA foi formado e sua medida anotada. Além dessa medida, duas medidas lineares foram incluídas: partindo do ponto onde a curvatura desvia do longo eixo coronal (ponto C), uma linha perpendicular à linha AB foi formada, marcando o ponto D. A distância entre o ponto A e D foi considerada como a distância de curvatura e a distância entre A e C foi considerada como a altura da curvatura. Com essas medidas seria possível descrever com mais detalhes a curvatura do canal radicular.³⁴

Além de medidas diretas nas radiografias, foi demonstrado o uso de um gabarito com diferentes raios de curvatura, fabricado por uma empresa odontológica. O gabarito foi sobreposto a diferentes imagens radiográficas e a curvatura observada era classificada como simples, média ou difícil.³⁵

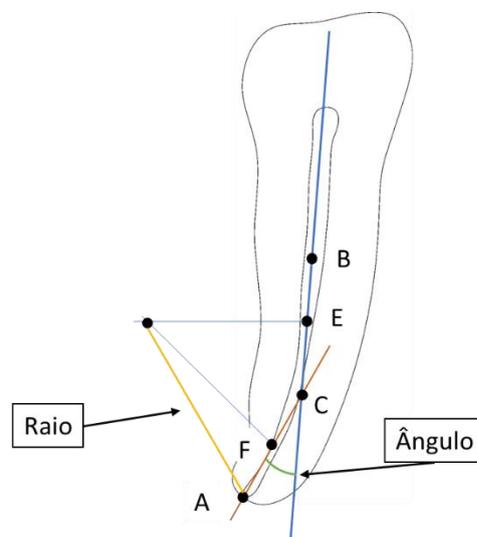
Sonntag e colaboradores propuseram outra alternativa matemática para solucionar o cálculo da curvatura em canais radiculares. Em sua fórmula foi considerado o raio de curvatura de um círculo hipotético e pode ser usada para calcular a curvatura em diferentes pontos no trajeto do canal.³⁶

Ainda seguindo o modelo proposto por Schneider, o trabalho de Willershausen e colaboradores considerou calcular, em um mesmo trajeto do canal, a curvatura em diferentes pontos. Foram utilizadas radiografias padronizadas de pré-molares

superiores. Uma linha foi criada seguindo o longo eixo do canal, e foi marcado o ponto onde o canal desviou desta primeira linha (ponto 1). A partir deste ponto uma segunda linha foi traçada seguindo o eixo da porção radicular seguinte, a distância entre a junção amelocementária e o ponto 1 foi anotada e o ângulo entre as duas primeiras linhas foi considerado como primeiro ângulo de curvatura. Caso o canal desviasse da segunda linha, um novo ponto (ponto 2) seria marcado e uma terceira linha seria criada até o ápice, resultando em diferentes distâncias de segmentos de retas e diversos ângulos de curvatura.³⁷

Em uma carta ao editor de um periódico, Zhang e Hu discutem uma maneira um método alternativo para o cálculo do raio de curvatura e ângulo de curvatura. O ângulo em si foi descrito seguindo o método de Schneider. A partir de um ponto A, situado no forame apical, foi desenhada uma linha que segue até cruzar a linha do longo eixo do dente no ponto B (ponto onde a curvatura desvia do longo eixo). Um terceiro ponto (ponto C) foi determinado sobre a linha de longo eixo a uma distância igual à distância entre os pontos A e B, formando dois segmentos de reta com mesmo comprimento (AB e BC). Os pontos E e F foram inseridos no ponto médio de cada um desses segmentos de reta e a partir de cada um deles foi traçada uma linha perpendicular até que as duas linhas se encontrem no ponto O (ponto central da curvatura). A distância entre o ponto O até os pontos A, B ou C definiu o valor de raio de curvatura (Figura 2.9).³⁸

Figura 2.9 – Demonstração do método de Zhang e Hu



Para determinar o longo eixo do canal radicular, Fuentes e colaboradores desenvolveram uma técnica que consistiu em determinar o teto da câmara pulpar em pré-molares (ponto A), depois foi determinada a linha L1 que representava o limite amelocementário e um segundo ponto (ponto B) a 5mm de distância da L1 em direção apical. Uma segunda linha (L2) foi determinada como longo eixo do dente e mais dois pontos foram inseridos – ponto C no forame apical; e o ponto D situado onde a curvatura desviou do longo eixo (L2). Entre os pontos C e D foi determinada a L3 e entre L2 e L3 foi encontrado o ângulo de curvatura.³⁹

Em 2018, o mesmo grupo de pesquisadores determinou uma técnica para cálculo do ângulo de curvatura em molares inferiores. O início da técnica descreve a determinação do longo eixo na região de furca do molar – foram determinados dois pontos, um na região mais côncava da furca e outro no assoalho da câmara pulpar localizado na distância média entre as paredes mesial e distal da câmara. A união desses pontos foi definida como longo eixo do dente (A). Uma linha tangente (T) ao assoalho da câmara e perpendicular à linha A foi determinada como ponto inicial do trajeto do canal. Sobre a linha T no centro do canal radicular foi iniciado o traçado da linha R1, que seguiu o percurso do canal. No ponto onde o trajeto do canal desviou da linha R1 foi iniciada a linha R2, seguindo o trajeto novamente, e esses passos foram realizados até as linhas alcançarem o forame apical.⁴⁰

2.2 Curvatura em imagens tridimensionais

Nos parágrafos seguintes serão descritas as técnicas que consideraram imagens tridimensionais, onde a modalidade utilizada foi a tomografias computadorizada, na forma de microtomografias ou por feixe cônico.

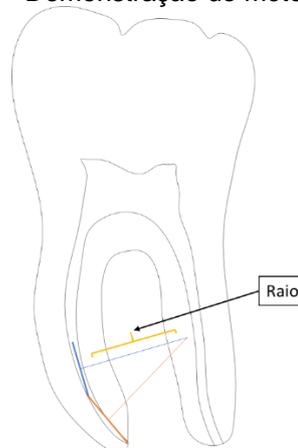
Microtomografia computadorizada de alta resolução (cerca de 68 μm) foi empregada para analisar a curvatura entre a região de furca até o ápice de 12 molares superiores. Através da análise computadorizada da superfície criada após aquisição foi possível determinar volume e superfície dos canais radiculares. Além dessas variáveis, a posição mesio-distal e vestibulo-palatina foi determinada em cada corte transversal (axial) do volume, e a partir desses dados o computador forneceu a curvatura do canal.⁴¹

A utilização de softwares específicos para análise de microtomografias também foi o material utilizado por Bergmans e colaboradores em seu estudo. A partir do modelo tridimensional criado após aquisição foi definido o eixo central do canal radicular, e dessa linha os dados de curvatura foram extraídos a partir dos valores de coordenadas presentes na linha de eixo.⁴²

Processo semelhante foi utilizado em outro estudo feito por um grupo de pesquisa, porém com o desenvolvimento de um software específico para o cálculo da curvatura. Neste método as imagens de microtomografia foram manipuladas para extrair informações do eixo central do canal, e utilizando equações matemáticas para definição da rotação de tangentes foi possível expressar numericamente a curvatura do canal estudado.¹¹

O primeiro método encontrado na literatura que utilizou a tomografia computadorizada por feixe cônico foi descrito por um grupo de estudo brasileiro. O método foi elaborado utilizando dois segmentos de reta com 6mm de comprimento, onde o primeiro se iniciava no ápice seguindo o trajeto do canal e o segundo subsequente ao primeiro. No ponto médio de cada segmento uma linha perpendicular foi traçada até que as duas perpendiculares se encontrarem, numa intersecção que foi definida como centro de curvatura. O comprimento da linha perpendicular até o centro da curvatura foi considerado o raio de curvatura e, segundo os autores, o comprimento dos segmentos de reta iniciais pode ser menor que 6mm, sem porém especificar como determinar essa dimensão (Figura 2.10).⁴³

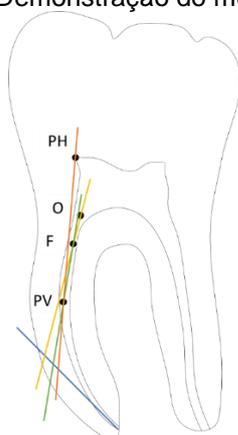
Figura 2.10 – Demonstração do método de Estrela



No estudo realizado por Eaton e colaboradores a técnica foi descrita sobre imagens obtidas por microtomografia. Para analisar a curvatura alguns pontos foram

selecionados na câmara pulpar e no canal da seguinte forma: ponto mais oclusal do corno pulpar (PH), centro da entrada do canal no assoalho da câmara (O), centro do canal na altura da furca (F) e ponto de maior curvatura (PV). Após a definição dos pontos o modelo tridimensional foi rotacionado a fim de obter a imagem com a maior curvatura, imagem essa que foi exportada para um programa de análise de imagem. Os ângulos de curvatura foram mensurados na intersecção entre a linha do longo eixo da porção cervical e uma segunda linha que foi determinada de três maneiras diferentes: linha O-F; linha F-PV ou linha PH-PV (Figura 2.11).⁴⁴

Figura 2.11 – Demonstração do método de Eaton



Utilizando imagens obtidas através de tomografia computadorizada por feixe cônico, o método proposto por Choi, Moon e Seo leva em consideração os pontos encontrados no centro do canal utilizando as imagens axial, coronal e sagital da reconstrução multiplanar. Os valores das coordenadas (x, y e z) foram utilizadas para determinar o eixo central do canal e a partir da entrada do canal até o ápice foi definida a curvatura em cada um dos terços da coroa. Os ângulos foram mensurados no plano mesio-distal e no plano vestibulo-palatino de maneira separada.⁴⁵

O canal radicular pode ser descrito de maneira matemática considerando diversos aspectos, inclusive a principal forma da secção transversa encontrada na geometria, como foi descrito no trabalho realizado por Dannemann e colaboradores. Dentro das características foi analisado o raio de curvatura, que foi determinado através de fórmulas matemáticas obtidas da descrição matemática de toda a geometria do canal. Neste estudo, diferentes fórmulas e simplificações foram estudadas para melhor descrever a anatomia tridimensional das estruturas.⁴⁶

3 PROPOSIÇÃO

Tendo em vista a lacuna observada na literatura o atual trabalho propõe, através de análises *in vitro*, atingir os seguintes objetivos:

Objetivo principal

Apresentar um novo método para mensurar a angulação da curvatura de canais radiculares que descreva com maior fidelidade o grau, posição e severidade de tais curvaturas. Esse método será denominado método de pontos.

Objetivos secundários

Comparar em imagens bidimensionais e tridimensionais o grau de curvatura obtido pelo método de pontos com o método mais frequentemente aplicado (Schneider⁸).

Comparar o grau de curvatura entre diferentes grupos de dentes permanentes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a utilização dos espécimes foram emitidos pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FOU SP pareceres positivos com os seguintes números: 1.824.876 (Anexo A) e 2.201.787 (Anexo B). Todos os dentes utilizados nesta pesquisa são provenientes do biobanco de dentes da FOU SP (Anexo C e D), e serão devolvidos após o término do estudo.

Para realizar o atual trabalho, a metodologia foi separada em duas etapas. A primeira parte do trabalho descreve a execução do método proposto e comparação com dois dos métodos bidimensionais mais frequentes na literatura. A segunda parte da metodologia visa demonstrar como a comparação entre imagens bidimensionais e tridimensionais foi feita e também a comparação entre os grupos dentários.

4.1 Parte 1 – determinação do método de pontos

Seleção dos espécimes

Foram selecionados 12 pré-molares inferiores do Biobanco de dentes da FOU SP. Os elementos dentários deveriam ter forames apicais completamente formados, não apresentar tratamento endodôntico prévio ou qualquer imagem radiopaca no interior do canal radicular, apresentar apenas um canal radicular com apenas uma curvatura. As características anatômicas foram confirmadas através de imagens radiográficas. O número da amostra foi obtido após cálculo amostral, realizado em um banco de dados online (powerandsamplesize.com).

Aquisição das imagens

Nesta primeira parte foram realizadas apenas análises bidimensionais, portanto o exame de escolha foi a radiografia periapical. Os elementos dentários foram submetidos a radiografia periapical digital (sistema digital direto com sensor conectado a um computador - Microlmagem, Indaiatuba, Brasil) pelo método do paralelismo. Para todas as aquisições de imagens os elementos dentários estavam suportados por uma base feita em cera utilidade, com o longo eixo do dente perpendicular ao plano

horizontal. As imagens foram exportadas em formato TIFF ("*Tagged Image File Format*").

Preparo das imagens

Todos os 12 dentes foram analisados de acordo com três diferentes métodos, totalizando 36 análises:

- Analisando o ângulo pelo método de Schneider⁸;
- Analisando o ângulo e raio de curvatura pelo método de Pruett⁹
- Analisando o ângulo pelo método de pontos

As imagens no formato TIFF foram importadas no software Rhinoceros 3D (Robert McNeel & Associates, Seattle, WA, EUA), onde cada dente foi inserido em uma camada. O primeiro passo necessário para realizar as mensurações foi escalonar a imagem para que a distorção inerente ao método radiográfico empregado fosse superada, seguindo alguns passos:

- Foi coletada a dimensão vertical de cada dente com o auxílio de um paquímetro e esses valores foram anotados;
- Na imagem digital duas linhas horizontais foram criadas nos limites superior e inferior de cada dente, e a distância vertical entre elas correspondia à altura virtual do dente;
- Uma linha vertical foi criada a partir do limite inferior com a altura real do dente, previamente coletada com auxílio do paquímetro;
- O comando "*scale*" foi utilizado para que a altura virtual da imagem fosse alterada até corresponder com a altura real do elemento dentário (Figura 4.1).

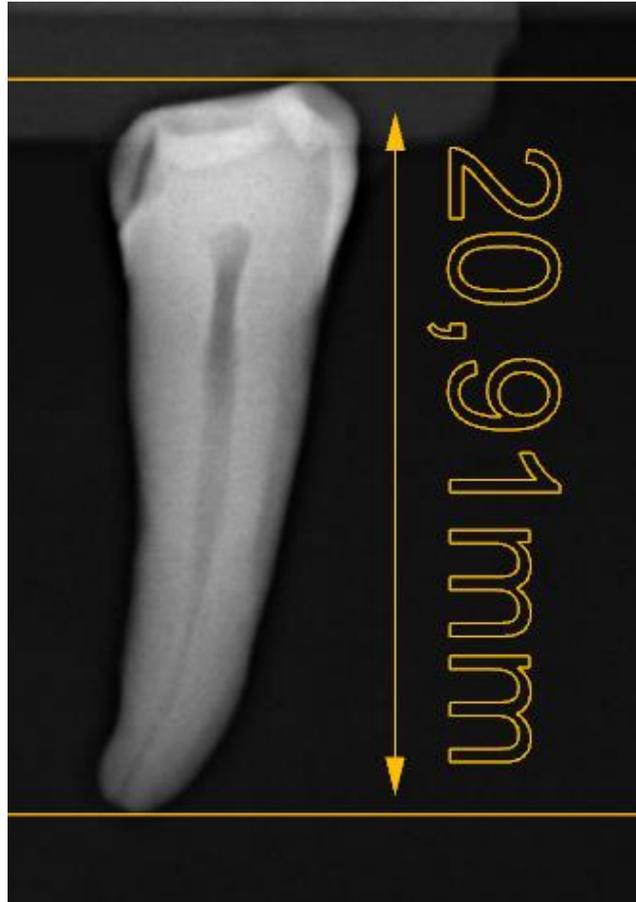
Após escalonado, a cada dente foi atribuída uma camada, e foram criadas subcamadas para que cada método fosse aplicado para determinar as características de curvatura.

Análise pelo método de Schneider

Seguindo o método proposto pelo autor⁸, foi feita uma linha paralela ao longo eixo da raiz e uma segunda linha desenhada a partir do forame apical até encontrar a primeira linha onde a luz do canal deixa a primeira linha. A angulação foi medida com a ferramenta "*angle*" nativa do software Rhinoceros 3D (Robert McNeel & Associates,

Seattle, WA, EUA) e os resultados foram inseridos em uma planilha do software Microsoft Excel (Microsoft, Redmont, WA, USA).

Figura 4.1 – Demonstração do processo de escalonamento da radiografia periapical, para que a maior distância vertical coincida com a medida real de altura do elemento dentário



Análise pelo método de Pruett

Da mesma maneira, o método foi aplicado como descrito no trabalho original⁹. Uma linha paralela ao longo eixo da porção cervical do canal radicular (linha 1), e uma segunda linha foi criada seguindo o longo eixo da porção apical (linha 2).

Na primeira linha foi encontrado o ponto (ponto A) onde o canal desvia da linha original e o mesmo foi feito para a linha do ápice, criando um segundo ponto (ponto B).

A partir do ponto A foi criada uma linha perpendicular à linha 1 e a partir do ponto B foi criada uma linha perpendicular à linha 2.

Na intersecção das duas linhas perpendiculares foi criado um ângulo que representa a curvatura do canal. Além desse ângulo a distância entre a intersecção e

a linha 1 foi anotada como sendo o raio de curvatura, assim como descrito na figura anterior

Análise pelo método de pontos – bidimensional

Inicialmente foi criada uma linha horizontal (descrever como o plano horizontal foi determinado) passando pelo forame apical, e a partir dessa primeira linha, outras linhas paralelas a elas foram criadas. A distância entre as linhas paralelas foi fixada em um milímetro e as linhas foram desenhadas até atingir o nível da junção amelocementária (Figura 4.2). Essa escolha foi feita pois normalmente a conicidade dos instrumentos endodônticos são determinadas a cada milímetro.

Figura 4.2 – Linhas horizontais paralelas com distância constante para delimitação dos pontos



No trajeto do canal radicular, o centro do canal foi marcado sobre cada linha horizontal com a ferramenta “*point*”. Entre os pontos foram inseridos segmentos de retas formando vetores (Figura 4.3). E finalmente entre cada par de vetores subsequentes foram formados diversos ângulos. Os ângulos foram mensurados utilizando a ferramenta “*angle*” no próprio software e cada valor foi anotado.

Os valores angulares obtidos por esse método compreenderam apenas os ângulos situados nos terços apical e cervical. Além da soma dos ângulos foi anotado separadamente o ângulo com maior valor, que pode ser considerado como indicativo de severidade da curvatura.

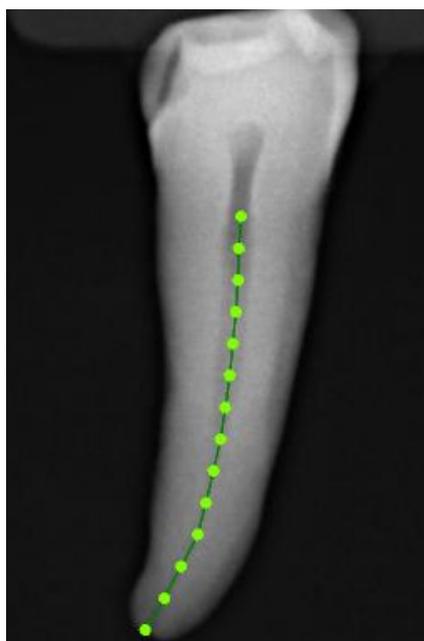
Comparação dos dados e análise estatística

Todos os grupos foram analisados pelo teste de Shapiro-Wilk para verificar aderência à curva de normalidade. Os valores angulares obtidos pelos três diferentes métodos foram comparados entre si para detectar diferença entre os grupos, foi escolhido o teste ANOVA para medidas repetidas, tendo em vista que os três métodos foram aplicados em cada um dos espécimes.

Já o valor do raio de curvatura foi analisado junto ao valor do maior ângulo obtido pelo método de pontos. Como o raio da curvatura do canal demonstra a quão abrupta tal curvatura pode ser encontrada no canal, propósito semelhante a descrever o maior ângulo pelo método dos pontos, o teste de escolha foi a correlação linear.

Todos os testes estatísticos foram executados no software SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp), tendo como valor de significância $p < 0,05$.

Figura 4.3 – Pontos determinados na radiografia periapical e vetores formados entre os pontos, seguindo o trajeto do canal radicular



4.2 Parte 2 – comparação entre curvaturas em imagens bidimensionais ou tridimensionais

Seleção de espécimes

Foram selecionados 30 dentes de quatro diferentes grupos dentários (incisivos laterais superiores, pré-molares inferiores, molares inferiores e molares superiores) totalizando 120 dentes.

Os dentes incluídos na pesquisa seguiam os seguintes pré-requisitos: raízes com ápice completamente formado, sem presença de tratamento endodôntico, ausência de material radiopaco no canal radicular, ausência de reabsorção radicular interna ou externa e com somente uma curvatura observada em radiografia periapical. Para incisivos laterais superiores e pré-molares inferiores foram incluídos apenas dentes unirradiculares e apenas um ápice. Já para os molares superiores e inferiores, apenas o canal méso-vestibular foi analisado.

O número da amostra foi obtido após cálculo amostral, realizado em um banco de dados online (powerandsamplesize.com).

Aquisição de imagens

Os elementos dentários foram submetidos a radiografia periapical digital (sistema digital direto com sensor conectado a um computador - MicroImagem, Indaiatuba, Brasil) pelo método do paralelismo e submetidos a tomografia computadorizada por feixe cônico com campo de visão de 60mm X 40mm e tamanho de voxel de 0,085mm (OP300, Instrumentarium Dental, Tuusula, Finland). Durante todas as aquisições de imagens os elementos dentários foram suportados por uma base feita em cera utilidade, padronizando o longo eixo do dente em posição perpendicular ao plano horizontal. As aquisições tomográficas foram exportadas em formato DICOM ("Digital Imaging and Communications in Medicine" - comunicação de imagens digitais em medicina) e analisadas no software OsiriX MD (Pixmeo, Genebra, Suíça; <http://www.osirix-viewer.com/>) em uma estação de trabalho iMac 27" Mac OS X (Apple, Cupertino, CA, EUA).

Grupos

Todos os dentes da amostra foram analisados seguindo três métodos diferentes, constituindo quatro grupos:

Método de Schneider (Método S)

Método de pontos bidimensional (Método 2D), utilizando as coordenadas X e Y encontradas na imagem bidimensional

Método de pontos tridimensional (Método 3D) – considerando as coordenadas X, Y e Z encontradas na imagem tridimensional

Análise pelo método de Schneider

A análise pelo método de Schneider nos elementos dos quatro grupos dentários seguiu a metodologia descrita no item 4.1.

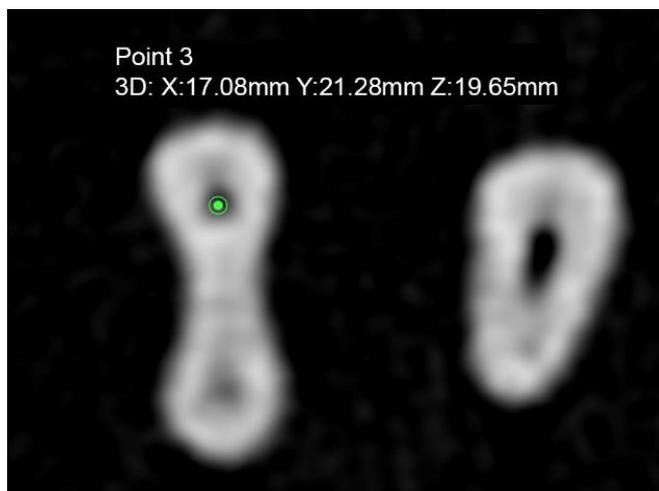
Análise pelo método de pontos bidimensional

A análise pelo método de pontos bidimensional foi realizada da mesma maneira como descrita no item 4.1, porém com uma pequena alteração. Para a determinação do comprimento real do dente, esta foi considerada como a maior dimensão vertical obtida no exame de TCFC.

Análise pelo método de pontos tridimensional

Com as aquisições tomográficas já importadas para o software OsiriX MD (Pixmeo, Genebra, Suíça; <http://www.osirix-viewer.com/>), a ferramenta “*point*” (Figura 4.5) foi utilizada para demarcação de um ponto no forame apical, e a partir desse ponto, a cada milímetro, foi demarcado um novo ponto até a entrada do canal. Para os molares a entrada do canal foi considerada na mesma altura do assoalho (descrever melhor a “altura”) da câmara pulpar, e para os dentes unirradiculares foi considerada a altura da junção amelocementária. Os pontos foram determinados nos cortes axiais.

Figura 4.4 – Imagem axial de tomografia computadorizada por feixe cônico com ponto escolhido. Visualização dos valores de coordenada (x, y e z)



Para todos os pontos determinados em todos os dentes, os valores de coordenadas X, Y e Z foram exportados para uma nova planilha do Microsoft Excel (Microsoft, Redmont, WA, USA), que também foi o programa escolhido para fazer todo o cálculo dos valores de ângulos.

Os valores dos ângulos foram calculados seguindo princípios de geometria analítica. Considerando três pontos demarcados na tomografia como sendo Ponto 1, Ponto 2 e Ponto 3:

- Foi calculado o valor de coordenadas de um vetor formado entre dois pontos subsequentes (neste caso um vetor α entre os pontos 1 e 2):

$$\text{Coordenada X do vetor } \alpha = \text{Ponto 1X} - \text{Ponto 2X}$$

$$\text{Coordenada Y do vetor } \alpha = \text{Ponto 1Y} - \text{Ponto 2Y}$$

$$\text{Coordenada Z do vetor } \alpha = \text{Ponto 1Z} - \text{Ponto 2Z}$$

- O mesmo cálculo foi feito para um vetor β entre os pontos 2 e 3

No ponto de intersecção entre dois vetores adjacentes (ponto 2), um ângulo foi formado. Foram considerados os ângulos formados entre todos os pontos presentes no canal radicular, mas apenas os ângulos nos terços apical e médio foram utilizados (Figura 4.5). Essa escolha foi feita levando em conta o preparo cervical realizado no tratamento endodôntico, que pode remover a angulação da porção cervical do canal radicular⁴⁷. A curvatura de cada dente será calculada na TCFC usando a seguinte fórmula para descobrir o ângulo entre os vetores α e β :

$$\cos \theta = \frac{\alpha \times \beta}{|\alpha| \times |\beta|}$$

Sendo que:

$$\alpha \times \beta = \alpha x \times \beta x + \alpha y \times \beta y + \alpha z \times \beta z$$

$$|\alpha| \times |\beta| = \sqrt{\alpha x^2 + \alpha y^2 + \alpha z^2} \times \sqrt{\beta x^2 + \beta y^2 + \beta z^2}$$

Onde:

θ – Ângulo entre dois vetores

αx – Componente do eixo X do primeiro vetor

αy – Componente do eixo Y do primeiro vetor

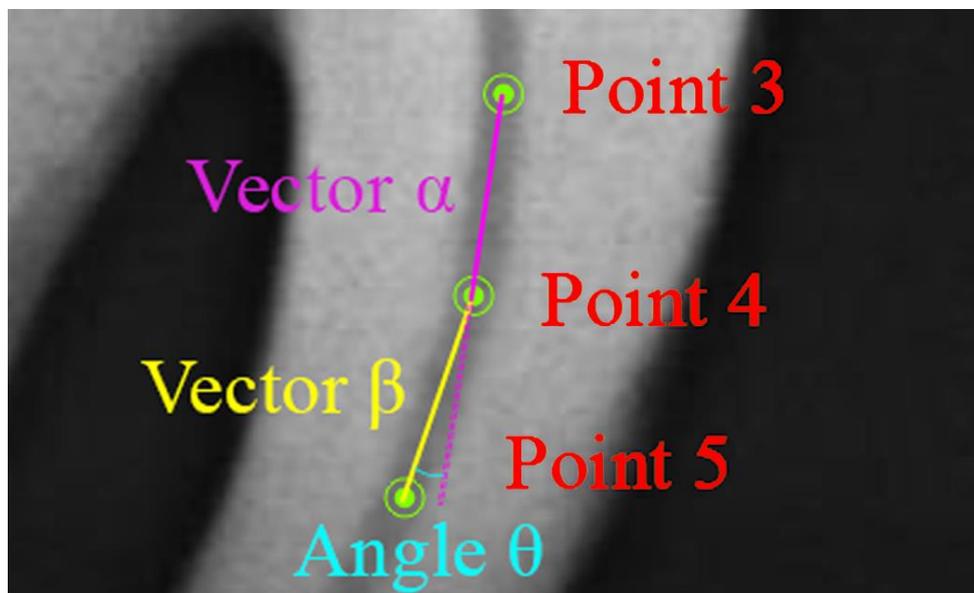
αz – Componente do eixo Z do primeiro vetor

βx – Componente do eixo X do segundo vetor

βy – Componente do eixo Y do segundo vetor

βz – Componente do eixo Z do segundo vetor

Figura 4.5 - Vetor α formado entre os pontos 3 e 4, vetor β formado entre os pontos 4 e 5 e ângulo θ formado entre os vetores α e β



Depois de calcular o ângulo entre cada par de vetores, a soma dos ângulos presentes nos terços apical e médio foi considerada como a angulação do canal para o determinado método.

Comparação dos dados e análise estatística

As seguintes comparações foram realizadas:

- Para cada grupo dentário:
 - Os métodos foram comparados da seguinte forma: Grupo S vs Grupo 2D (apenas terços médio e apical) vs Grupo 3D (apenas terços médio e apical);
- Dentro do grupo S:
 - Os grupos dentários foram comparados entre si;
- Dentro do grupo 2D:
 - A angulação total em cada grupo dentário;
 - Os terços apical, médio e cervical foram comparados para cada grupo dentário;
 - Para terço, os grupos dentários foram comparados (ex: comparação dos terços médios entre todos os grupos dentários);
- Dentro do grupo 3D:
 - A angulação total em cada grupo dentário;
 - Os terços apical, médio e cervical foram comparados para cada grupo dentário;
 - Para terço, os grupos dentários foram comparados (ex: comparação dos terços médios entre todos os grupos dentários);

Os valores de curvatura foram exportados para uma planilha de Microsoft Excel e todos os testes estatísticos foram executados no software SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp), tendo como valor de significância $p < 0,05$. Todos os grupos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk. Para os testes entre os métodos, como o mesmo grupo dentário foi testado diversas vezes, um teste de medidas repetidas foi utilizado. Nos testes comparando os grupos dentários dentro de cada método, como o mesmo teste foi utilizado com espécimes diferentes, um teste de medidas independentes foi escolhido.

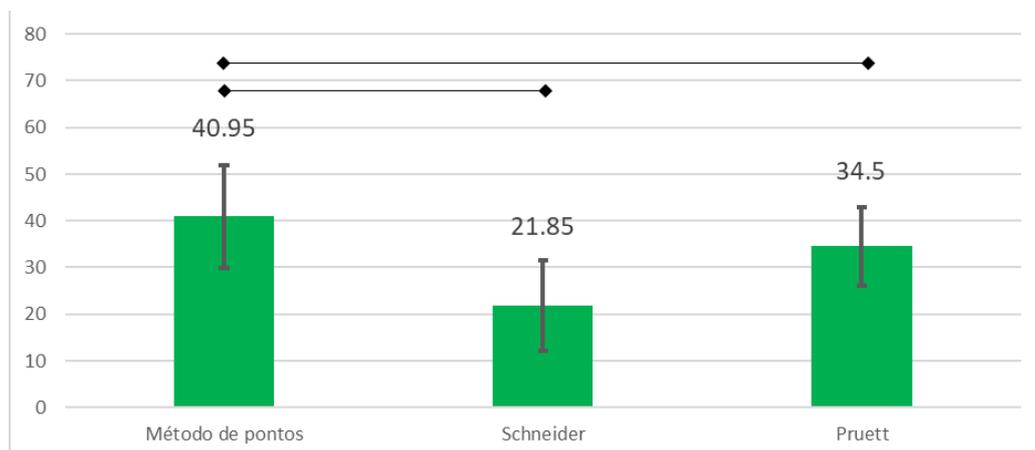
5 RESULTADOS

5.1 Comparações bidimensionais em pré-molares

Os valores atribuídos a todas as medidas calculadas na primeira parte do trabalho, após o teste de Shapiro-Wilk, apresentaram aderência à curva normal ($p > 0,05$), portanto os testes escolhidos foram o ANOVA para medidas repetidas com *poshoc* de Tukey para comparar as médias de ângulos entre os três grupos e o teste de correlação linear de Pearson entre o raio de curvatura e maior ângulo observado no método de pontos.

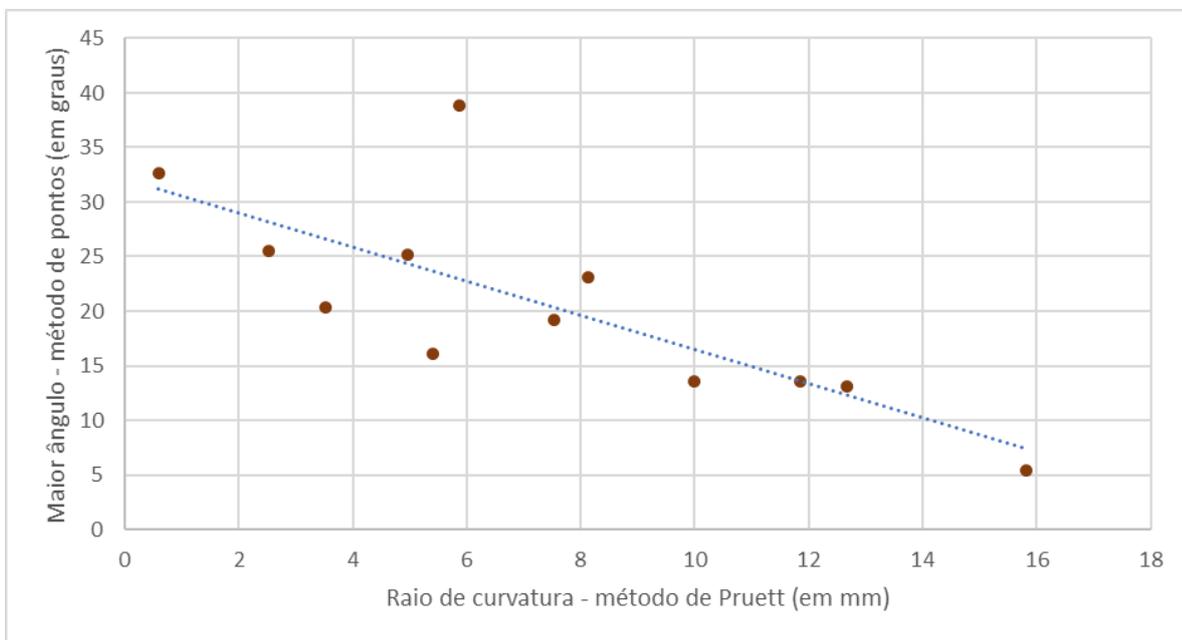
Ao serem comparados, os três métodos de cálculo de ângulo de curvatura, houve diferença estatística entre eles ($p < 0,05$) no teste ANOVA para medidas repetidas. O teste *poshoc* de Tukey demonstrou que houve diferença entre todos os grupos, sendo que a menor média foi obtida pelo método de Schneider, que foi de $21,85^\circ$ ($\pm 9,68^\circ$ como desvio padrão). O método de Pruett apresentou média de valores igual a $34,50^\circ$ com um desvio padrão de $\pm 8,31^\circ$. O método de pontos obteve a maior média entre os três grupos, que foi de $40,95^\circ$, e como desvio padrão o valor foi de $\pm 10,96^\circ$. Os valores estão apresentados no gráfico 5.1. A menor angulação calculada tanto com o método de Schneider quanto pelo de Pruett sugere que tais métodos subestimam o desvio encontrado no canal radicular.

Gráfico 5.1 – Média e desvio padrão (linha vertical) dos valores angulares obtidos a partir do método de pontos, Schneider e Pruett, valores em graus. Linhas horizontais representam diferença significativa entre os dados



Na comparação do grau severidade da curvatura (quão abrupta é a mudança), a correlação linear de Pearson entre o valor do raio de curvatura (método de Pruett) e o maior valor angular encontrado pelo método de pontos apresentou valor de $-0,765$ ($p < 0,05$), o que constata uma boa correlação entre as variáveis. Portanto ao coletarmos o maior valor angular pelo método de pontos podemos descrever a severidade da curvatura do canal radicular. Um gráfico de dispersão com linha de regressão exibe a correlação encontrada (Gráfico 5.2).

Gráfico 5.2 – Gráfico de dispersão mostrando correlação entre o maior valor angular observado pelo método de pontos e do valor do raio de curvatura obtido pelo método de Pruett. A linha pontilhada é a linha de regressão entre as variáveis



5.2 – Diferença entre método bidimensional e tridimensional

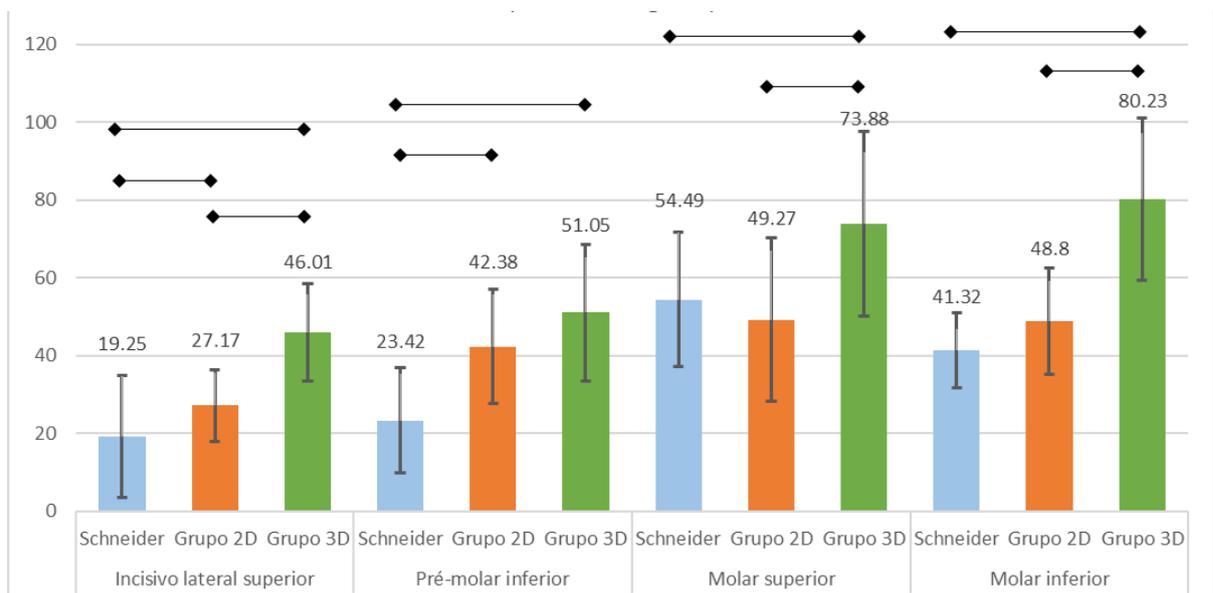
O teste de Shapiro-Wilk para verificar a aderência à curva normal demonstrou valor significativo para alguns grupos, portanto foram escolhidos testes não paramétricos para fazer as comparações. Apesar de serem realizados testes não paramétricos, os valores de cada grupo serão descritos como média e desvio padrão.

Os resultados para a comparação entre os métodos em cada grupo dentário foram:

- Incisivos laterais superiores:
 - Método S: 19,25° ($\pm 15,64^\circ$)
 - Método 2D: 27,17° ($\pm 9,16^\circ$)
 - Método 3D: 46,01° ($\pm 12,52^\circ$)
- Pré-molares inferiores
 - Método S: 23,42° ($\pm 13,60^\circ$)
 - Método 2D: 42,38° ($\pm 14,74^\circ$)
 - Método 3D: 51,05° ($\pm 17,45^\circ$)
- Molares superiores:
 - Método S: 54,49° ($\pm 17,18^\circ$)
 - Método 2D: 49,27° ($\pm 21,04^\circ$)
 - Método 3D: 73,88° ($\pm 23,75^\circ$)
- Molares inferiores:
 - Método S: 41,32° ($\pm 9,66^\circ$)
 - Método 2D: 48,80° ($\pm 13,69^\circ$)
 - Método 3D: 80,23° ($\pm 20,73^\circ$)

O teste de Friedman apresentou diferença estatística em todos os grupos dentários. O gráfico 5.3 demonstra a relação entre os métodos dentro de cada grupo dentário com indicação de quais métodos foram estatisticamente diferentes entre si.

Gráfico 5.3 – Média e desvio padrão (linha vertical) dos valores angulares obtidos a partir dos diferentes métodos estudados para cada grupo dentário, valores em graus. As linhas horizontais representam diferença significativa entre os dados



Para a comparação dos grupos dentários dentro de cada método foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis e os resultados são apresentados na tabela 5.1. Pelos métodos de Schneider e 3D houve diferença estatística entre os valores obtidos em dentes multirradiculares (molares superiores e molares inferiores) quando comparados aos de dentes unirradiculares (incisivos laterais superiores e pré-molares inferiores). Já pelo método 2D o grupo incisivo lateral superior foi diferente dos demais grupos.

Tabela 5.1 – Resultados angulares obtidos pelos métodos de Schneider, 2D e 3D, separados pelos grupos dentários. Letras maiúsculas sobrescritas diferentes denotam diferença estatística entre os grupos para cada método. Valores descritos como média (desvio padrão)

Método	Incisivo lateral superior	Pré-molar inferior	Molar superior	Molar inferior
S	19,25° (±15,64) ^A	23,42° (±13,60) ^A	54,49° (±17,18) ^B	41,32° (±9,66) ^B
2D	27,17° (±9,16) ^A	42,38° (±14,74) ^B	49,27° (±21,04) ^B	48,80° (±13,69) ^B
3D	48,01° (±12,52) ^A	51,05° (±17,45) ^A	73,88° (±23,75) ^B	80,23° (±20,73) ^B

Os resultados da descrição detalhada pelo método de pontos bidimensional (Grupo 2D), comparando os terços de cada elemento dental e comparando os terços entre os grupos de dentes estão apresentados na tabela 5.2. Da mesma maneira a tabela 5.3 traz os resultados da descrição detalhada pelo método de pontos tridimensional (Grupo 3D). O teste estatístico para essas análises também foi o de Kruskal-Wallis e onde as diferenças estatísticas encontradas estão descritas nas respectivas tabelas.

Tabela 5.2 – Resultados angulares obtidos pelos métodos 2D, separados pelos grupos dentários e terços radiculares. Letras maiúsculas sobrescritas diferentes denotam diferença estatística entre os grupos dentários e letras minúsculas sobrescritas diferentes denotam diferença estatística entre os terços. Valores descritos como média (desvio padrão)

Terços	Incisivo lateral superior	Pré-molar inferior	Molar superior	Molar inferior
Apical	18,35° (±8,81°) ^{A, a}	30,78° (±13,03°) ^{B, a}	21,58° (±15,41°) ^{B, a}	27,22° (±11,33°) ^{B, a}
Médio	8,83° (±5,10°) ^{A, b}	11,60° (±5,26°) ^{A, b}	21,30° (±14,06°) ^{B, a}	21,58° (±7,24°) ^{B, ab}
Cervical	6,89° (±3,66°) ^{A, b}	6,61° (±3,25°) ^{A, c}	25,68° (±9,46°) ^{B, a}	20,09° (±7,69°) ^{B, b}

Tabela 5.3 – Resultados angulares obtidos pelos métodos 3D, separados pelos grupos dentários e terços radiculares. Letras maiúsculas sobrescritas diferentes denotam diferença estatística entre os grupos dentários e letras minúsculas sobrescritas diferentes denotam diferença estatística entre os terços. Valores descritos como média (desvio padrão)

Terços	Incisivo	Pré-	Molar	Molar
	lateral superior	molar inferior	superior	inferior
Apical	27,82° (±9,63°) ^{A, a}	31,51° (±11,83°) ^{A, a}	37,45° (±17,52°) ^{AB, a}	43,40° (±14,76°) ^{B, a}
Médio	18,19° (±7,41°) ^{A, b}	19,54° (±9,84°) ^{A, b}	36,44° (±16,08°) ^{B, a}	36,83° (±10,73°) ^{B, ab}
Cervical	19,97° (±10,17°) ^{A, b}	20,99° (±12,95°) ^{A, b}	30,07° (±13,76°) ^{B, a}	36,25° (±23,10°) ^{B, b}

6 DISCUSSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal descrever uma técnica em que fosse possível demonstrar de maneira mais precisa a curvatura encontrada no canal radicular. Para atingir esse objetivo o trabalho foi dividido em duas partes. Na primeira parte o método de pontos foi descrito sobre imagens bidimensionais pois, apesar de não descreverem corretamente a natureza tridimensional da estrutura, são as imagens mais utilizadas por cirurgiões-dentistas na prática clínica. Assim que a aplicabilidade do método foi demonstrada na primeira parte, o método foi executado sobre imagens bidimensionais e tridimensionais e os resultados obtidos foram comparados com o método de cálculo de curvatura mais utilizado (método de Schneider).

Antes de analisar criticamente os resultados obtidos neste estudo, se faz necessário compreender as diferentes técnicas e suas limitações. Inicialmente apenas medidas bidimensionais foram possíveis de serem executadas, por conta da falta de tecnologia de imagens tridimensionais para realizar análises quantitativas da curvatura do canal radicular. O primeiro método foi descrito em 1971 e é o método mais conhecido até hoje⁸. Como foi um estudo pioneiro dentro do tema, serviu como base (direta ou indireta) para uma grande quantidade de métodos subsequentes^{20-22,26,28-30,32,34,37,38}. As principais limitações atribuída à técnica de Schneider são:

- Análise da curvatura em apenas duas dimensões, limitação esta que começou a ser ultrapassada quando imagens tridimensionais ou diferentes projeções radiográficas foram empregadas. Porém este tópico será discutido em um parágrafo futuro;
- Análise de canais com curvatura única: para suprir esta limitação técnicas como as propostas por Southard ou Cunningham, por exemplo, trouxeram a solução de segmentar o canal e calcular o ângulo em cada seção;^{20,22}
- Não demonstrar se a curvatura acontecia de maneira abrupta ou não, como sugere, por exemplo a técnica de Pruett.⁹

Na técnica original de Schneider, descrita no artigo científico, o grupo dentário estudado foi composto por apenas pré-molares inferiores apresentando apenas um canal. Seguindo este aspecto a técnica descreve que a linha inicial deve seguir o longo

eixo do dente, mas ao ser realizada a análise em molares (dentes multirradiculares), alguns autores descrevem que a linha inicial deve seguir o longo eixo da porção cervical, demonstrando assim uma inconsistência na técnica^{25,28,30,40}. A maneira de determinar o longo eixo do dente foi utilizada no atual trabalho, seguindo a descrição feita por Hankins.²⁸

Ao se definir o ângulo de curvatura, diversos autores discutiram a ideia de que apenas o ângulo não poderia descrever corretamente a curvatura encontrada. O exemplo utilizado no trabalho de Pruett mostra como dois canais com ângulo de curvatura de 60° podem ter formatos diferentes, dependendo do raio de curvatura encontrado⁹. O conceito de raio de curvatura descreve o quão repentina a curvatura ocorre, por exemplo, quanto maior o raio de curvatura, um trajeto maior deverá ser percorrido para que uma curvatura de 60° exista. Além do trabalho de Pruett, outros estudos utilizaram o raio como ferramenta para descrever a curvatura.^{21,30,33,36,38}

Apesar do raio de curvatura servir como um complemento à angulação da curvatura, ainda não fornece todas as informações importantes para a análise da geometria. Para resolver essa limitação, a distância entre a entrada do canal e o início da curvatura foi estudada por alguns autores^{23,24,26,34}. Determinando a partir de que localização a curvatura se inicia é possível descrever com maiores detalhes a curvatura em si, considerando agora tanto quanto existe de desvio (ângulo de curvatura), o quão abrupto é esse desvio (raio de curvatura) e a partir de que ponto esse desvio se inicia e termina.¹²

A partir da evolução tecnológica e maior acesso a imagens radiográficas tridimensionais, como a microtomografia computadorizada ou a tomografia computadorizada por feixe cônico, foi possível realizar análises do canal radicular contemplando todos os aspectos geométricos nos três planos do espaço. Trabalhos utilizando a microtomografia apresentam imagens com um grau elevado de detalhes, porém são limitadas ao estudo *in vitro* pela impossibilidade de realizar um exame em paciente^{11,41,42,44,46}. Já as imagens obtidas por tomografia computadorizada por feixe cônico podem trazer as informações necessárias para o estudo da curvatura do canal radicular^{43,45}. Nos trabalhos citados nesse parágrafo, programas de computadores específicos foram utilizados para realizar descrições detalhas da geometria estudada, porém muitos desses softwares não são acessíveis a todos os profissionais clínicos ou pesquisadores. Um ponto importante a se notar é que para haver uma avaliação realmente tridimensional de uma estrutura, é necessário analisar o volume total da

aquisição. Isto significa que calcular uma curvatura tridimensional a partir de diferentes projeções bidimensionais^{10,22,29}, é possível que a estrutura não seja corretamente considerada por conta de sobreposições.

O método de pontos proposto no atual trabalho apresenta características encontradas em diferentes trabalhos necessárias para alcançar um resultado satisfatório para análise laboratorial e clínica. Os estudos encontrados na literatura que mais se assemelham ao atual são os que consideraram pontos e suas coordenadas para calcular a curvatura.^{27,45}

O método proposto por Nagy utiliza as coordenadas bidimensionais para determinar a função de curvatura em cada canal estudado, classificando os canais de acordo com o seu formato, porém não apresenta valores numéricos. Uma característica importante sobre o uso de coordenadas apresentada é que existe a possibilidade de corretamente indicar a presença de dupla curvatura no canal, que pode ser mascarada ao se utilizar o método de Schneider.²⁷

Já o trabalho realizado por Choi e colaboradores utilizou a tomografia computadorizada por feixe cônico, sendo passível de ser realizado em situação clínica, para obtenção das coordenadas tridimensionais. A escolha da análise, porém, foi feita em duas diferentes projeções bidimensionais (mesio-distal e vestibulo-palatina) ao invés de considerar as três coordenadas (x, y e z) na determinação de um ângulo tridimensional. Outro ponto que pode dificultar a aceitação do método entre os profissionais de endodontia e radiologia pode ser a utilização de um programa de computador desenvolvido especificamente para o trabalho, não sendo disponibilizada uma alternativa livre.⁴⁵

As descrições de curvatura mais detalhadas encontradas na literatura foram as observadas nos métodos de Lee e Dannemann (ambos em 3D)^{11,46}. Imagens obtidas por meio de microtomografias foram usadas com complexas funções matemáticas para descrever com detalhes a geometria dos canais radiculares. Apesar de trazer informações importantes para a compreensão da anatomia interna dos elementos dentários, metodologias demasiadamente complexas podem não ser aceitas para utilização tanto em estudos *in vitro* quanto em trabalhos clínicos. Trabalhos futuros podem ser realizados para testar a reprodutibilidade do método de pontos proposto nesse trabalho.

Levando em consideração os dados apontados nos parágrafos anteriores, e vendo em vista a utilização de um método que compreenda estudar o desvio, o quão

repentino é esse desvio, a posição inicial e final da curvatura, possibilidade de analisar múltiplas curvaturas, considerar a natureza tridimensional do canal e sendo de maneira mais simples possível, podemos justificar as opções metodológicas aplicadas no presente trabalho:

- Utilização das coordenadas: tanto em imagens bidimensionais ou tridimensionais é possível, com diferentes softwares livres, obter os valores de coordenadas dos pontos selecionados dentro dos canais. Utilizando apenas as coordenadas é possível analisar a interação em cada porção de cada canal;
- Grande número de pontos estudados: a comparação entre o método de pontos com os métodos de Schneider e Pruett demonstram que métodos considerando o longo eixo de cada porção pode subestimar o valor da curvatura encontrada;
- Mensuração apenas de valores angulares: como foi demonstrado na comparação entre raio de curvatura e maior ângulo encontrado, o uso de apenas valores angulares se mostrou satisfatório para determinar o quão abrupto foi o desvio encontrado na curvatura;
- Um ponto a cada milímetro de distância vertical: Os instrumentos endodônticos normalmente possuem conicidade que é descrita como um aumento na área de secção transversa a cada milímetro. Mesmo com essa determinação, o atual método pode ser utilizado considerando diferentes alturas verticais. Por exemplo, a cada meio milímetro no terço apical e depois adicionando um ponto por milímetro.
- Estudo tridimensional: os resultados da comparação entre angulação bidimensional e tridimensional mostrou que as medidas bidimensionais também podem subestimar a curvatura real encontrada no canal radicular.
- Utilização de tomografia computadorizada por feixe cônico: apesar de microtomografias resultarem em imagens com mais detalhes, a utilização de um método tridimensional de imagem acessível à prática clínica torna possível a aplicação do presente método em estudos *in vivo* ou até mesmo para análises clínicas, como por exemplo levantamentos de prevalência de curvatura em determinada população.

Os resultados observados nas comparações dos terços radiculares mostram que dentre os grupos estudados os dentes multirradiculares obtiveram valores de curvatura total mais elevados do que dentes unirradiculares. Já a comparação entre os terços dentro de cada grupo dental resultou em valores geralmente maiores para curvaturas no terço apical do que nos terços médio e cervical. Tais desfechos foram de acordo com os achados da literatura, onde canais mesio-vestibulares de molares são normalmente estudados por apresentarem curvaturas mais severas, e o terço apical normalmente se mostra como a porção da raiz com maior complexidade.^{1,16,48,49}

7 CONCLUSÕES

Começar com os pontos positivos, não desvalorizar.

Considerando as limitações do presente estudo foi possível concluir que:

- O método de pontos é um método capaz de determinar características da curvatura de canais radiculares, compreendendo o desvio encontrado no trajeto do canal, o quão acentuado é esse desvio e sua posição.
- O método de pontos, em sua avaliação bidimensional obteve valores angulares mais elevados quando comparado aos métodos de Schneider e Pruett. Ao compararmos a análise bidimensional e tridimensional do método proposto, os valores de curvatura tridimensional foram maiores.
- Os molares superiores e molares inferiores apresentaram valores de curvatura maiores dos encontrados em incisivos laterais superiores e pré-molares inferiores.
- A angulação encontrada no terço apical foi mais acentuada do que a encontrada nos terços médio e cervical para todos os grupos, com a exceção dos molares superiores.

REFERÊNCIAS¹

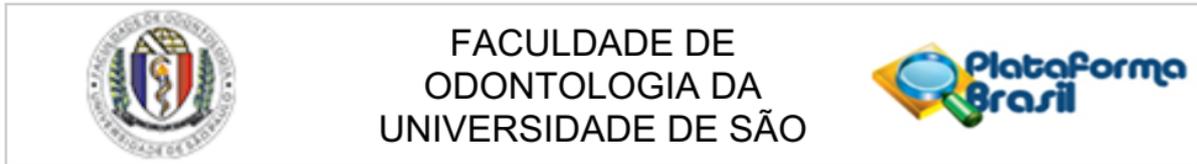
1. Hargreaves KM, Cohen S, Berman LH. Pathways of the pulp. 10th ed. St. Louis: Mosby Co; 2011. 1026 p.
2. Hulsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals-shaping goals, techniques and means. *Endod Top*. 2005;10(10):47.
3. Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod*. 1996 Jul;22(7):369–75.
4. Garip Y, Günday M. The use of computed tomography when comparing nickel-titanium and stainless steel files during preparation of simulated curved canals. *Int Endod J*. 2001;34:452–7.
5. Ayar LR, Love RM. Shaping ability of ProFile and K3 rotary Ni-Ti instruments when used in a variable tip sequence in simulated curved root canals. *Int Endod J*. 2004 Sep;37(9):593–601.
6. Jatahy Ferreira do Amaral RO, Leonardi DP, Gabardo MCL, Coelho BS, Oliveira KV de, Baratto Filho F. Influence of Cervical and Apical Enlargement Associated with the WaveOne System on the Transportation and Centralization of Endodontic Preparations. *J Endod*. 2016;1–6.
7. Vallaeys K, Chevalier V, Arbab-Chirani R. Comparative analysis of canal transportation and centring ability of three Ni–Ti rotary endodontic systems: Protaper®, MTwo® and Revo-S™, assessed by micro-computed tomography. *Odontology*. 2016;104(1):83–8.
8. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol*. 1971;32(2):271–5.
9. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod*. 1997 Feb;23(2):77–85.
10. Dobó-Nagy C, Keszthelyi G, Szabó J, Sulyok P, Ledeczky G, Szabó J. A Computerized Method for Mathematical Description of Three-Dimensional Root Canal Axis. *J Endod*. 2000 Nov;26(11):639–43.
11. Lee JK, Ha BH, Choi JH, Heo SM, Perinpanayagam H. Quantitative Three-Dimensional Analysis of Root Canal Curvature in Maxillary First Molars Using Micro-Computed Tomography. *J Endod*. 2006;32(10):941–5.
12. Hartmann RC, Fensterseifer M, Peters OA, de Figueiredo JAP, Gomes MS, Rossi-Fedele G. Methods for measurement of root canal curvature: a systematic and critical review. *Int Endod J*. 2019 Feb;52(2):169–80.
13. Fisher DE, Ingersoll N, Bucher JF. Anatomy of the pulpal canal: three-dimensional visualization. *J Endod*. 1975 Jan;1(1):22–5.
14. Littman SH. Evaluation of root canal debridement by use of a radiopaque medium. *J Endod*. 1977 Apr;3(4):135–8.
15. Slowey RR. Root canal anatomy. Road map to successful endodontics. *Dent Clin North Am*. 1979 Oct;23(4):555–73.
16. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1984 Nov;58(5):589–99.
17. Buchanan LS. Management of the curved root canal. *J Calif Dent Assoc*. 1989 Apr;17(4):18–25, 27.
18. Kiarudi AH, Eghbal MJ, Safi Y, Aghdasi MM, Fazlyab M. The applications of

¹ De acordo com Estilo Vancouver.

- cone-beam computed tomography in endodontics: A review of literature. *Iran Endod J.* 2015;10(1):16–25.
19. Mota De Almeida FJ, Knutsson K, Flygare L. The effect of cone beam CT (CBCT) on therapeutic decision-making in endodontics. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2014;43(4).
 20. Southard DW, Oswald RJ, Natkin E. Instrumentation of curved molar root canals with the roane technique. *J Endod.* 1987 Oct;13(10):479–89.
 21. Backman CA, Oswald RJ, Pitts DL. A radiographic comparison of two root canal instrumentation techniques. *J Endod.* 1992 Jan;18(1):19–24.
 22. Cunningham CJ, Senia ES. A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars. *J Endod.* 1992 Jun;18(6):294–300.
 23. Kyomen SM, Caputo AA, White SN. Critical analysis of the balanced force technique in endodontics. *J Endod.* 1994 Jul;20(7):332–7.
 24. Berbert A, Nishiyama CK. Curvaturas radiculares: uma nova metodologia para mensuracao e localizacao. *Rev Gaucha Odontol.* 1994;42(6):356–8.
 25. Luiten DJ, Morgan LA, Baugartner JC, Marshall JG. A comparison of four instrumentation techniques on apical canal transportation. *J Endod.* 1995 Jan;21(1):26–32.
 26. Thompson SA, Al-Omari AO, Dummer PM. Assessing the shape of root canals: an in vitro method using microradiography. *Int Endod J.* 1995 Mar;28(2):61–7.
 27. Nagy CD, Szabó J, Szabó J. A mathematically based classification of root canal curvatures on natural human teeth. *J Endod.* 1995 Nov;21(11):557–60.
 28. Hankins PJ, ElDeeb ME. An evaluation of the canal master, balanced-force, and step-back techniques. *J Endod.* 1996 Mar;22(3):123–30.
 29. Harlan AL, Nicholls JI, Steiner JC. A comparison of curved canal instrumentation using Nickel-titanium or stainless steel files with the balanced-force technique. *J Endod.* 1996 Aug;22(8):410–3.
 30. Lopes HP, Elias CN, Estrela C, Siqueira JF. Assessment of the apical transportation of root canals using the method of the curvature radius. *Braz Dent J.* 1998;9(1):39–45.
 31. Lamarão SMS. Método odontométrico digitalizado para mensuração do ângulo, direção de curvatura e comprimento de canais radiculares de dentes humanos. 2000.
 32. Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod.* 2002;28(3):211–6.
 33. Iqbal M, Maggiore F, Suh B, Edwards K, Kang J, Kim S. Comparison of Apical Transportation in Four Ni-Ti Rotary Instrumentation Techniques. *J Endod.* 2003 Sep;29(9):587–91.
 34. Günday M, Sazak H, Garip Y. A comparative study of three different root canal curvature measurement techniques and measuring the canal access angle in curved canals. *J Endod.* 2005;31(11):796–8.
 35. Cabrales RJS, Yamazaki AK, Moura-Netto C, Cardoso LN, Kleine BM, Moura AAM de, et al. Análise comparativa entre dois métodos para determinação do grau de curvatura de canais radiculares Comparative analysis between two methods for root canals curvature degree determination. *Rev Inst Ciênc Saúde.* 2006;24(2):109–13.
 36. Sonntag D, Stachniss-Carp S, Stachniss C, Stachniss V. Determination of root canal curvatures before and after canal preparation (part II): A method based on numeric calculus. *Aust Endod J.* 2006 Apr 5;32(1):16–25.

37. Willershausen B, Tekyatan H, Kasaj A, Marroquín BB. Roentgenographic In Vitro Investigation of Frequency and Location of Curvatures in Human Maxillary Premolars. *J Endod.* 2006 Apr;32(4):307–11.
38. Zhang R, Hu T. Root canal curvature. *Int Endod J.* 2010 Jun 8;43(7):616–8.
39. Fuentes R, Arias A, Navarro P, Ottone N, Bucchi C. Morfometría de Premolares Mandibulares en Radiografías Panorámicas Digitales- Análisis de Curvaturas Radiculares. *Int J Morphol.* 2015;33(2):476–82.
40. Fuentes R, Farfán C, Astete N, Navarro P, Arias A. Distal root curvatures in mandibular molars: analysis using digital panoramic X-rays. *Folia Morphol (Warsz).* 2018 Mar 5;77(1):131–7.
41. Peters OA, Laib A, Rügsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res.* 2000;79:1405–9.
42. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. *Int Endod J.* 2001 Jul;34(5):390–8.
43. Estrela C, Bueno MR, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Method for determination of root curvature radius using cone-beam computed tomography images. *Braz Dent J.* 2008;19(2):114–8.
44. Eaton JA, Clement DJ, Lloyd A, Marchesan MA. Micro-Computed Tomographic Evaluation of the Influence of Root Canal System Landmarks on Access Outline Forms and Canal Curvatures in Mandibular Molars. *J Endod.* 2015 Nov;41(11):1888–91.
45. Choi M, Moon Y, Seo M. Prevalence and features of distolingual roots in mandibular molars analyzed by cone-beam computed tomography. *Imaging Sci Dent.* 2015;45(4):221.
46. Dannemann M, Kucher M, Kirsch J, Binkowski A, Modler N, Hannig C, et al. An Approach for a Mathematical Description of Human Root Canals by Means of Elementary Parameters. *J Endod.* 2017;43(4):536–43.
47. Pécora JD, Sousa Neto MD, Saquy PC, Woelfel JB. In vitro study of root canal anatomy of maxillary second premolars. *Braz Dent J.* 1993;3(2):81–5.
48. Carrotte P. Endodontics: Part 4 Morphology of the root canal system. *Br Dent J.* 2004 Oct 9;197(7):379–83.
49. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endod Top.* 2005 Mar;10(1):3–29.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa para o uso de dentes molares inferiores



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação bidimensional e tridimensional do ângulo e do raio de curvatura de canais méso-vestibulares de molares inferiores

Pesquisador: Ivan Onone Gialain

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 57071516.2.0000.0075

Instituição Proponente: Universidade de Sao Paulo

Patrocinador Principal: MINISTERIO DA EDUCACAO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.824.876

Apresentação do Projeto:

O conhecimento da correta anatomia do complexo formado por câmara pulpar e canais radiculares, assim como suas variações mais frequentes, é de extrema importância para o sucesso do tratamento endodôntico e os exames de imagem são armas poderosas no diagnóstico preciso dessa anatomia.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do presente estudo é desenvolver duas técnicas para mensurar o ângulo e raio de curvatura a partir de 7 pontos, tanto de maneira bidimensional (a partir de radiografia periapical) quanto tridimensional (a partir de imagens obtidas em TCFC). Além de comparar os resultados de ângulo e raio de curvatura das duas técnicas propostas com os encontrados pelos métodos de Schneider e Pruett.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos mínimos, já que utilizará dentes do biobanco e os benefícios do estudo será a contribuição para conhecimento mais aprofundado da anatomia tridimensional dos canais radiculares de molares inferiores

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br



FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO



Continuação do Parecer: 1.824.876

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante para o estudo da anatomia dos canais radiculares, com potencial para contribuição para sua área.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os itens foram devidamente apresentados: Folha de rosto, projeto, carta do banco de dentes.

Recomendações:

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOUSP relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final, utilizando-se da opção "Enviar Notificação" (descrita no Manual "Submeter Notificação", disponível na Central de Suporte - canto superior direito do site www.saude.gov.br/plataformabrasil).

Qualquer alteração no projeto original deve ser apresentada "emenda" a este CEP, de forma objetiva e com justificativas para nova apreciação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto atende às recomendações da CONEP e os autores atenderam às solicitações do relator.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_720878.pdf	24/10/2016 14:55:57		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa.docx	13/09/2016 14:53:01	Ivan Onone Gialain	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	13/09/2016 14:52:01	Ivan Onone Gialain	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	Carta_Biobanco_de_Dentes.pdf	17/05/2016 16:00:09	Ivan Onone Gialain	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

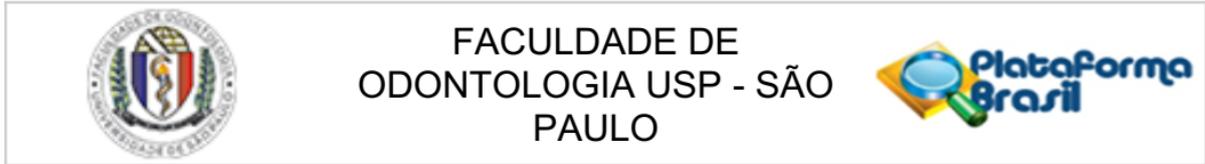
Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

ANEXO B – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa para o uso de dentes molares superiores, pré-molares inferiores e incisivos laterais superiores.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação bidimensional e tridimensional do ângulo e do raio de curvatura de dentes permanente

Pesquisador: Ivan Onone Gialain

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 71848017.3.0000.0075

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.201.787

Apresentação do Projeto:

Estudos das características mecânicas de instrumentos endodônticos guiam a ciência endodôntica para que cada vez melhores limas (manuais ou mecanizadas) sejam desenvolvidas para garantir maior sucesso nos tratamentos. Ao analisar esses instrumentos, diversos estudos realizam comparações de local e quantidade de desgaste dentinário que cada lima realiza e, para escolher os dentes em que serão realizados os preparos mecânicos é utilizada uma classificação de curvatura proposta por Schneider em 1971. Uma característica dessa metodologia é classificar os canais radiculares de acordo com a curvatura observada em radiografias periapicais, que podem subestimar a curvatura tridimensional de um canal radicular.

Objetivo da Pesquisa:

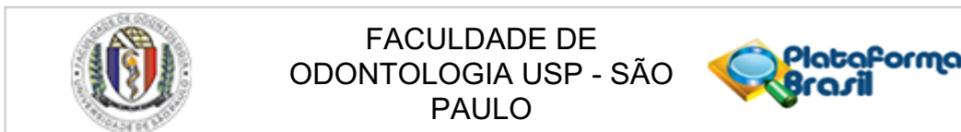
é desenvolver duas técnicas para mensurar o ângulo e raio de curvatura a partir de 7 pontos, tanto de maneira bidimensional (a partir de radiografia periapical) quanto tridimensional (a partir de imagens obtidas em TCFC). Além de comparar os resultados de ângulo e raio de curvatura das duas técnicas propostas com os encontrados pelos métodos de Schneider.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: mínimos

Benefícios: Conhecimento mais aprofundado da anatomia tridimensional dos canais radiculares de

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7814 **E-mail:** cepfo@usp.br



Continuação do Parecer: 2.201.787

molares inferiores

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Estudo in vitro que pretende desenvolver uma nova técnica para mensurar a curvatura das raízes de incisivos laterais superior, primeiro premolar superior e inferior e molares superiores.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados:

Folha de rosto

Justificativa para ausência de TCLE

Carta do Biobanco

Projeto detalhado

Recomendações:

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOUSP relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final, utilizando-se da opção "Enviar Notificação" (descrita no Manual "Submeter Notificação", disponível na Central de Suporte - canto superior direito do site www.saude.gov.br/plataformabrasil).

Qualquer alteração no projeto original deve ser apresentada "emenda" a este CEP, de forma objetiva e com justificativas para nova apreciação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

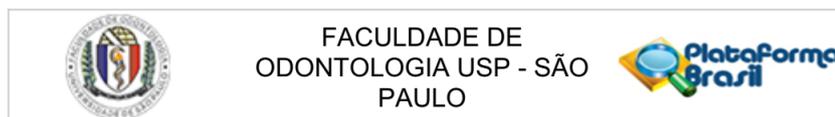
Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_964232.pdf	25/07/2017 10:23:02		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Justificativa_TCLE.docx	25/07/2017 10:22:33	Ivan Onone Gialain	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório /	Banco_Dentes.jpeg	25/07/2017 10:21:59	Ivan Onone Gialain	Aceito

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7814 **E-mail:** cepfo@usp.br



Continuação do Parecer: 2.201.787

Biobanco	Banco_Dentes.jpeg	25/07/2017 10:21:59	Ivan Onone Gialain	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa_Cont.docx	25/07/2017 10:21:32	Ivan Onone Gialain	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto_Ivan.pdf	25/07/2017 10:20:55	Ivan Onone Gialain	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

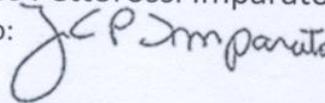
ANEXO C – Carta de autorização do Biobanco da FOUSP para a utilização de dentes molares inferiores.

AUTORIZAÇÃO

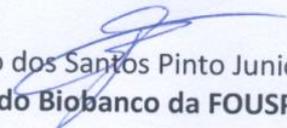
O **Biobanco da FOUSP** –Divisão de Dentes Humanos- compromete-se a fornecer 44 amostras do material biológico molares inferiores, para a execução do trabalho de pesquisa intitulado: **“Avaliação bidimensional e tridimensional do ângulo e raio de curvatura de canais méso-vestibulares de molares inferiores”** a ser realizado pelas pesquisadoras: Ivan Onone Gialain e Prof. Dr. Marcelo de Gusmão Paraíso Cavalcanti, após a aprovação do protocolo de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

São Paulo, 02 de maio de 2016

Prof(a) Dr(a) José Carlos Pettorossi Imparato
Responsável Laboratório:



Prof. Dr. Décio dos Santos Pinto Junior
Coordenador do Biobanco da FOUSP



ANEXO D – Carta de autorização do Biobanco da FOUSP para o uso de dentes molares superiores, pré-molares inferiores e incisivos laterais superiores.



Fundada em 1900
"Em constante busca da excelência"

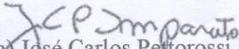
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO FACULDADE DE ODONTOLOGIA

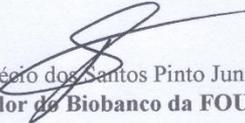
BIOBANCO DA FOUSP

AUTORIZAÇÃO

O *Biobanco da FOUSP* – Divisão de Dentes Humanos compromete-se a fornecer **44 amostras** do material biológico **molares superiores, 44 amostras de 1ºs pré-molares superiores, 44 amostras de 1ºs pré-molares inferiores e 44 amostras de incisivos laterais superiores** para a execução do trabalho de pesquisa intitulado: **"Avaliação bidimensional e tridimensional do ângulo de curvatura de canais de dentes permanentes"** a ser realizada pelo pesquisador Ivan Onone Gialain e orientado pela Prof. Dr. Marcelo de Gusmão Paraíso Cavalcanti, após a aprovação do protocolo de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

São Paulo, 27 de junho de 2017.


Prof(a) Dr(a) José Carlos Pettorossi Imparato
Responsável Laboratório


Prof. Dr. Décio dos Santos Pinto Junior
Coordenador do Biobanco da FOUSP