

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Dora Marise Medeiros de Castro

**AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE 2º CANAL EM
INCISIVOS INFERIORES POR MEIO DO SOFTWARE
(e-Vol DX) DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA
CONE BEAM**

Passo Fundo

2025

Dora Marise Medeiros de Castro

**AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE 2º CANAL EM
INCISIVOS INFERIORES POR MEIO DO SOFTWARE
(e-Vol DX) DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA
CONE BEAM**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da UPF, para obtenção do título de Doutor em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica, sob orientação do prof. Dr. **Matheus Albino Souza**.

Passo Fundo

2025

Folha reservada para
Ata de aprovação da Banca Examinadora

Observação:

Mantenha esta página no seu arquivo, imprimindo-a.
Após, faça a substituição pela Ata de aprovação fornecida pela
Secretaria para manter a correta numeração do seu trabalho.

Folha reservada para
Ficha catalográfica

Observação:

Mantenha esta página no seu arquivo, imprimindo-a.
Após, faça a substituição pela Ficha Catalográfica fornecida pela
Biblioteca Central de Estudantes da UPF para manter a correta
numeração do seu trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Dora Marise Medeiros de Castro.

Entrei no Curso de Odontologia na UPF no ano de 1995 e simplesmente me apaixonei pela profissão.

Desde sempre, busquei conhecimento nas mais diversas áreas da odontologia e até mesmo fora dela.

Fiz especialização em Radiologia Odontológica na UNICAMP no ano de 2000 e de 2001 em Piracicaba-SP.

Sou proprietária de uma das maiores clínicas de Radiologia Odontológica no interior do estado do RS, a Clínica Kozma Radiologia Odontológica.

Estou com quase 25 anos de formada e voltar para a faculdade depois de tantos anos para o mestrado e, agora, doutorado, foi um desafio muito grande, mas também foi muito gratificante e importante para o meu crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Só posso agradecer a paciência e a perseverança que todos os envolvidos neste projeto tiveram comigo.

Aos colegas, aos colaboradores, aos alunos, aos professores, aos funcionários da UPF o meu muito obrigada de coração.

Agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. Matheus Albino Souza, que sempre me apoiou, me incentivou e confiou em mim. Obrigada pela confiança no meu trabalho, pelo respeito, por me ensinar, pela compreensão, pela paciência e por prontamente me ajudar sempre que o procurei. Minha eterna gratidão!

Agradecimento especial para meu marido que sempre esteve ao meu lado, aos meus filhos e enteados, aos meus pais e toda a minha família que sempre me apoiou neste projeto.

Finalizo, com o sentimento de dever cumprido, com a certeza de que nunca vou me acomodar e sempre com a certeza de que amo a odontologia e de que sou muito realizada profissionalmente.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE ABREVIATURAS	9
RESUMO	11
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
3. PROPOSIÇÃO	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS	34
5. RESULTADOS	38
6. DISCUSSÃO	43
7. CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	55
ANEXOS	65
ARTIGO SUBMETIDO	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Prevalência de 2º canal em incisivos inferiores e distribuição de acordo com o número de forâmens apicais, gênero e idade.....39

Tabela 2 - Prevalência de 2º canal em incisivos centrais e laterais inferiores, e do número de forames apicais.....40

Tabela 3 - Prevalência de 2º canal em incisivos centrais (direito e esquerdo) e laterais (direito e esquerdo) inferiores, e do número de forames apicais nos diferentes grupos dentários....42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Corte sagital de CBCT de incisivo central inferior com dois canais, terminando em um único forâmen.....	65
Figura 2 - Corte sagital de CBCT de incisivo central inferior com dois canais, terminando em forâmens independentes.....	66
Figura 3 - Corte sagital de CBCT de incisivo lateral inferior com dois canais, terminando em um único forâmen.....	67
Figura 4 - Corte sagital de CBCT de incisivo lateral inferior com dois canais, terminando em forâmens independentes.....	68
Figura 5 - Corte sagital de CBCT de incisivo central inferior com dois canais, com presença de tratamento endodôntico no canal vestibular, ausência de tratamento endodôntico no canal lingual e presença de lesão periapical.....	69
Figura 6 - Corte axial de CBCT revelando a presença de dois canais nos quatro incisivos inferiores.....	70
Figura 7 - Corte axial de CBCT de incisivo central inferior com dois canais, com presença de tratamento endodôntico no canal vestibular e ausência de tratamento endodôntico no canal lingual.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS

3D - Tridimensional

°C - Celsius

CBCT - Tomografia computadorizada cone beam

MV - Mésio-vestibular

MV1 - Mésio-vestibular 1

MV2 - Mésio-vestibular 2

DV - Canal distovestibular

P - Canal palatino

PA - Periodontite apical

PCR - Polymerase chain reaction

PMMA - Polimetimetacrilato

RNAr - Ácido ribonucleico ribossômico

RR - Risco relativo

TC - Tomografia computadorizada

TCFC - Tomografia computadorizada de feixe cônico

MD - Mesiodistal

BL - Bucolingual

MB - Mediobucal

ML - Mediolingual

dpi - Dots per inch (pontos por polegada)

DICOM - Digital imaging and communications in medicine

RESUMO¹

Este estudo teve como objetivo avaliar a incidência de 2º canal em incisivos centrais e laterais inferiores por meio do software e-Vol DX de tomografia computadorizada cone-beam (CBCT). Para a avaliação, foram selecionados 321 pacientes com 1284 imagens de CBCT de incisivos centrais (642 imagens) e laterais (642 imagens) inferiores, que procuraram o serviço de radiologia de uma clínica privada de diagnóstico por imagem na cidade de Passo Fundo, RS. O software e-Vol DX foi utilizado para a revisão retrospectiva dessas imagens. Foram registradas presença ou não-presença de 2º canal, o número de forames nos incisivos centrais e laterais analisados, além de dados categóricos. Análise estatística específica foi realizada para a presente avaliação, com nível de significância estabelecido em 5%. Os resultados revelaram que o 2º canal foi encontrado por meio do software e-Vol DX de CBCT em 17.4% dos incisivos inferiores analisados, enquanto que em 82.6% dos incisivos inferiores analisados foi encontrado apenas um canal, havendo diferença

¹ Dora Marise Medeiros de Castro

estatisticamente significante quanto a estas incidências ($p<0.05$). Dos casos em que foram encontrados 2 canais nos incisivos inferiores, a incidência de 2 canais terminando em um único forâmen foi de 95.5%, enquanto que a incidência de 2 canais terminando em dois forâmens independentes foi de 4.5%, havendo diferença estatisticamente significativa entre si ($p<0.05$). Pode-se concluir que a realização de CBCT aliada ao software e-Vol DX é uma efetiva ferramenta para avaliar a incidência de 2º canal em incisivos centrais e laterais inferiores.

Palavras-chave: CBCT, e-Vol, incisivo inferior, tomografia computadorizada cone-beam.

ABSTRACT²

This study aimed to evaluate the incidence of second canal in lower central and lateral incisors using cone-beam computed tomography (CBCT) software (e-Vol DX). For this evaluation, 321 patients were selected with 1284 CBCT images of central (642 images) and lateral (642 images) lower incisors, which sought the radiology service of a private diagnostic imaging clinic in the city of Passo Fundo, RS. The e-Vol DX software was used for retrospective review of these images. The presence or non-presence of a 2nd canal, the number of foramens in the analyzed central and lateral incisors, as well as categorical data, were recorded. Specific statistical analysis was carried out for this evaluation, with a significance level set at 5%. The results revealed that the second canal was found using the e-Vol CBCT software in 17.4% of the lower incisors analyzed, while in 82.6% of the lower incisors analyzed only one canal was found, with a statistically significant difference in these incidences ($p < 0.05$). Of the cases in which 2 canals were found in the lower incisors, the

² Evaluation of the incidence of second canal in lower incisors by using the e-Vol DX software of cone-beam computed tomography

incidence of 2 canals ending in a single foramen was 95.5%, while the incidence of 2 canals ending in two independent foramens was 4.5%, with a statistically significant difference between them. ($p<0.05$). It was concluded that performing CBCT combined with the e-Vol software is an effective tool for evaluating the incidence of 2nd canal in lower central and lateral incisors.

Keywords: CBCT, cone-beam computed tomography, e-Vol, lower incisor.

1. INTRODUÇÃO

Os microorganismos são os principais agentes etiológicos das alterações patológicas que acometem a polpa e os tecidos periapicais, atuando, de forma direta e indireta, na colonização do sistema de canais radiculares, bem como na indução e evolução destas patologias (Kakehashi et al., 1965). Dessa forma, um dos principais objetivos do tratamento endodôntico é eliminar estes microorganismos, por meio da ação mecânica de instrumentos endodônticos e ação química de substâncias químicas auxiliares, atendendo a este propósito de descontaminação (Byström & Sundqvist, 1981; Byström & Sundqvist, 1983).

No entanto, um grande número de variações e complexidades anatômicas tem sido encontrado no interior desse sistema, correspondendo a espaços amplamente propícios para a colonização e proliferação dos microorganismos, bem como dificultando a sua eliminação por parte dos procedimentos intracanaís de descontaminação. Embora a maioria dos microorganismos se encontre localizada dentro do canal principal, também podem ser observados na profundidade dos túbulos

dentinários, ramificações, lacunas de cimento (Shovelto, 1964), na região periapical (Nair et al., 1990) ou, ainda, em canais não localizados durante a primeira intervenção endodôntica (Betancourt et al., 2015).

A literatura científica revela que muitos dentes não respondem ao tratamento endodôntico porque erros de procedimento impedem o controle da infecção endodôntica intracanal (Lin et al., 2005). Em incisivos centrais e laterais inferiores, apesar do Tipo I de Vertucci ter sido indicado como a anatomia mais comum, a presença de um segundo canal radicular avaliada por estudos epidemiológicos usando a tecnologia CBCT foi relatada como variando de 0,4% (Martins et al., 2018) para 48,1% (Arslan et al., 2015). E a sua não localização, bem como o seu não tratamento, podem implicar na permanência de microorganismos e, conseqüentemente, no insucesso do tratamento endodôntico (Betancourt et al., 2015). Portanto, o conhecimento da anatomia dental interna e a localização do 2º canal em incisivos inferiores é de suma importância.

A CBCT fornece imagens tridimensionais dos elementos dentários e suas complexidades anatômicas, apresentando excelente resolução de imagem e utilizando uma dose relativamente baixa de radiação (American Association of Endodontists & American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology, 2011). A imagem advinda da CBCT oferece melhor

sensibilidade e especificidade do que a radiografia convencional (Weissman et al., 2015) e, atualmente, tem sido utilizada para diferentes aplicações na odontologia e endodontia (Patel et al., 2007). De acordo com estudos prévios, o uso da CBCT aumenta a precisão dos diagnósticos. Por consequência, os resultados do tratamento endodôntico se tornam mais previsíveis (Scarfe et al., 2007; Estrela et al., 2008)

Ao mesmo tempo em que diversos dispositivos de CBCT foram desenvolvidos nos últimos anos, também foram se desenvolvendo softwares específicos para cada um destes dispositivos. Isso porque as imagens originais de CBCT podem não ser adequadas para visualização, podendo estar borradas, não nítidas e com a presença de artefatos. Nesse sentido, essas imagens requerem uma série de ajustes para melhorar a qualidade da visualização (Bueno et al., 2018). Diante dessa necessidade foi desenvolvido o software e-Vol DX (CDT Software, Bauru, SP, Brasil), com recursos mais avançados para melhorar a qualidade da imagem. Dentre eles, se incluem ajuste de brilho e contraste, controle de espessura de imagem, filtro de nitidez de imagem, filtro de redução de ruído e a capacidade de reconhecer automaticamente dados de diferentes dispositivos de CBCT, resultando em economia de tempo durante a navegação de imagens e captura de imagens de alta resolução (Bueno et al., 2018).

Diante do exposto e da escassez da literatura relacionando o tema e o novo software, se torna justificável a realização do presente estudo, no intuito de avaliar a incidência de 2º canal em incisivos inferiores por meio de um novo software (e-Vol DX) de CBCT.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Tennert et al. (2014) analisaram a microbiota de pacientes submetidos a tratamento de infecções endodônticas persistentes primárias e secundárias, relacionando os aspectos clínicos e radiográficos. Foram coletadas amostras de 21 pacientes por meio de cones de papel esterilizados. As amostras foram plaqueadas, e em seguida, os microrganismos foram isolados e identificados morfolologicamente por análise bioquímica e sequenciamento dos genes de RNAr 16S dos microrganismos que foram isolados. Os resultados mostraram que foram isoladas 33 espécies bacterianas em 12 dos 21 canais radiculares avaliados, sendo 12 anaeróbios facultativos e 21 anaeróbios estritos. O *E.faecalis* foi mais frequentemente isolado em infecções endodônticas secundárias, podendo-se incluir que esta espécie bacteriana é altamente resistente e de difícil eliminação a partir da utilização de estratégias antimicrobianas de descontaminação.

Cotton et al. (2007) avaliaram 7 casos clínicos com intuito de mostrar a aplicabilidade da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC), tendo como objetivo revisar imagens

tridimensionais (3D) e suas vantagens em relação a tomografia computadorizada tradicional (TC) e radiografias convencionais. Mais especificamente na área endodôntica, pode ser utilizada para fins de diagnóstico e detectar a morfologia dos canais radiculares, como no caso 1, onde a TCFC se mostrou imprescindível para identificação e localização de um canal distolingual com lesão perirradicular em um elemento que já havia tratamento endodôntico prévio. No caso 2 mostra-se útil para identificação de patologias não endodônticas, como um aumento do canal incisivo, que na radiografia convencional mostrou resultados imprecisos. No caso 3, fratura radicular em que uma radiografia periapical mostrou apenas sinais de reabsorção óssea e alargamento do periodonto. No caso 4, as radiografias periapicais revelaram a presença de uma radiolusência na junção do terço médio e apical da raiz. A aparência foi sugestiva de uma grande reabsorção interna, confirmada pela TCFC, que além de trazer imagens mais detalhadas como a determinação da extensão do defeito reabsortivo, auxiliou na concepção um plano de tratamento apropriado. No caso 5 onde se relata uma reabsorção cervical invasiva, as informações da TCFC auxiliaram no planejamento do tratamento do caso multidisciplinar complexo. No caso 6, para avaliação anatômica pré-cirúrgica em que a radiografia periapical revelou a extrusão de material apical após endodontia do 45 e a TCFC foi realizada para melhor inspecionar os tecidos

perirradiculares. Por fim, no caso 7, a TCFC foi utilizada para localizar e para melhor apreciar o tamanho e extensão de lesões associadas ao implante.

Estrela et al. (2008) realizaram um estudo com objetivo de avaliar a precisão dos métodos de imagem tomográficas, radiografias panorâmicas e periapicais para detecção de periodontite apical (PA). Foram avaliados exames de imagem de 888 pacientes. Todos os pacientes tiveram 1 dente com história de infecção endodôntica confirmada por exame clínico. Um total de 1508 dentes foram selecionados para o estudo, 523 molares, 597 pré-molares, 154 caninos e 234 incisivos, sendo que 94,5% da amostra já haviam tratamento endodontio prévio. As imagens tomográficas foram examinadas com software específico (3D tomo X versão 1.0.51) em uma estação de trabalho PC executando o Microsoft Windows XP profissional SP-1 (Microsoft Corp, Redmond, WA). Para determinar a condição periapical foram usadas as seguintes divisões: 1, estrutura periapical normal; 2, pequenas mudanças na estrutura óssea; 3, mudanças na estrutura óssea com alguma perda mineral; 4, periodontite com áreas radiolúcentes bem definidos; 5, periodontite grave com características exacerbantes. Pode-se concluir que as imagens de TCFC apresentam alta precisão para a detecção de PA, pois tendem a oferecer escores maiores que as radiografias periapicais

e panorâmicas, sugerindo que o diagnóstico da PA por métodos convencionais é, muitas vezes, subestimado.

De Oliveira et al. (2017) realizaram um estudo com objetivo de aplicar um programa de software livre recém desenvolvido, para avaliar a qualidade das imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Um fantasma cilíndrico de polimetilmetacrilato (PMMA), com 70 mm de altura e 150 mm de diâmetro, foi dividido em 7 discos circulares (10 mm de altura e 140 mm de diâmetro), composto por diferentes materiais que representam estruturas com várias densidades, permitindo avaliar a qualidade da imagem nos diferentes parâmetros. Um programa macro foi desenvolvido, usando o software livre ImageJ, para avaliar automaticamente os parâmetros de qualidade da imagem baseada em 8 parâmetros: uniformidade, sinal-ruído (SNR), ruído, a relação contraste / ruído (CNR), resolução espacial, índice de artefato, precisão geométrica e resolução de baixo contraste. A aquisição de imagens foi realizada usando três scanners CBCT diferentes: NewTom TM 5G (QR srl, Verona, Itália), Cranex® 3D (Soredex Oy, Tuusula, Finlândia) e Scanora 3D (Soredex Oy, Tuusula, Finlândia). O software foi testado em 3 unidades de TCFC, usando 7 protocolos. Em relação ao CNR, a alta estrutura e densidade foram mais sensíveis ao efeito dos parâmetros de varredura. Não houve diferenças significativas entre SNR e CNR em objetos centralizados e periféricos. A avaliação da precisão

geométrica mostrou que todos os as medidas de distância foram inferiores aos valores reais. A resolução de baixo contraste foi influenciada pela digitalização parâmetros e a haste de 1 mm presente no fantasma não foi representada em nenhuma das três unidades de CBCT. Voxel de menor tamanho apresentaram maior resolução espacial. Não houve diferenças significativas entre os protocolos em relação a presença de artefato.

Bueno et al. (2018) realizaram um estudo inovador onde analisam as limitações atuais da TCFC e o potencial de um novo modelo de software CBCT (e-Vol DX, CDT-Brasil). Esse método fornece imagens de alta resolução devido ao tamanho do voxel submilímetro e navegação dinâmica de imagens. As principais diferenças entre o e-Vol DX e outros software são a sua compatibilidade com todos os scanners de TCFC atuais, pois possui capacidade de exportação de dados DICOM, ajuste de brilho e contraste mais abrangentes, ajuste de espessura de corte personalizado; ajuste de nitidez personalizado, algoritmo avançado de redução de ruído que proporciona uma grande melhora na qualidade da imagem; filtros de imagem predefinidos, filtros de análise de volume do canal radicular com capacidade de ampliar a imagem em mais de 1000x (reconstruções tridimensionais) sem perda de resolução, personalização de imagem automática para melhor padronização e oportunidades de pesquisa; captura com resolução de tela de 192 dpi, com uma opção de 384 dpi, em

contraste com 96 dpi de aplicativos semelhantes. Todas essas ferramentas possuem a capacidade de causar uma redução de artefatos que podem atuar negativamente nos diagnósticos, tornando assim esse novo software um aliado na tomada de decisões para o tratamento e diagnóstico.

De acordo com Lo Giudice et al. (2018), a avaliação radiológica é fundamental na endodontia para fins de diagnóstico, planejamento, execução do tratamento e preservação do caso. A radiografia periapical é a principal forma de investigação radiográfica porém apresenta limitações por reproduzir uma imagem bidimensional de uma estrutura tridimensional (3D) podendo levar a distorções e estruturas anatômicas sobrepostas além de fornecer dados insuficientes sobre a dimensão, extensão e posição de alterações no periápice, impossibilitando uma boa análise da área de interesse. Por esse motivo a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) vem sendo mais utilizada, por permitir uma excelente visualização da anatomia dental e sua relação com estruturas vizinhas, mostrando ser um instrumento poderoso para o diagnóstico endodôntico, bem como no planejamento e acompanhamento. Na pesquisa realizada por Lo Giudice et al. (2018) mostra que muitos dos sinais endodônticos obtidos a partir da análise de imagens CBCT não são visíveis nas radiografias intra orais evidenciando limitações que podem ser superadas através de exames 3D, como por

exemplo: anatomia complexa, patologias, fraturas, perfurações, reabsorções, ausência de tratamento endodôntico no canal lingual de incisivos inferiores e do segundo canal mésio vestibular de molares superiores (MV2).

Segundo Martins et al. (2020) a existência de um segundo canal radicular em dentes anteriores mandibulares pode ser avaliada pela Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico de modo excelente. Os pesquisadores avaliaram a influência das características demográficas da população na prevalência de um segundo canal nos dentes anteriores inferiores, sendo que foi realizada uma complexa revisão de artigos que contemplavam o tema e que abrangiam os requisitos estabelecidos pelo projeto de pesquisa. Percebeu-se então que a proporção global de um segundo canal foi de 20,4% nos incisivos centrais, 25,3% nos incisivos laterais e 5,9% nos caninos. Por meta-análise pode-se notar que sexo e origem geográfica do paciente são fatores de confusão da proporção dos desfechos. Com esses dados o cirurgião dentista em sua prática clínica pode ter uma melhor conduta e um tratamento endodôntico mais satisfatório.

Em 2017 Verma, et al; analisaram 800 incisivos permanentes inferiores de 200 pacientes de 18 a 60 anos de idade por meio da CBCT. Os pesquisadores pontuaram a tomografia computadorizada de feixe cônico como um dos melhores métodos de avaliação da morfologia de incisivos inferiores por imagem. O

feixe cônico pode adquirir dados em uma rotação de 360 graus, tem uma combinação de cortes axiais, coronais e sagitais, minimizando distorções e sobreposições. Além disso, se a CBCT for comparada com a tomografia computadorizada convencional, ela fornece menos radiação, menor tempo de varredura e também aumenta a precisão e a resolução. Após a pesquisa em banco de dados, os resultados demonstram que os incisivos inferiores têm morfologia de canal radicular variada e a incidência de segundo canal foi cerca de 33,5%, há maior incidência de segundo canal radicular em mulheres do que em homens e os incisivos laterais têm maior incidência de segundo canal em relação aos incisivos centrais inferiores.

Ghamari et al. (2017) realizaram um estudo transversal que determina a relação entre o tamanho da coroa e morfologia do canal radicular em incisivos inferiores com CBCT. O tratamento endodôntico de um modo geral já é bastante complexo, todavia alterações anatômicas podem deixar esse procedimento à mercê do insucesso. Incisivos permanentes inferiores podem ter essas alterações de desenvolvimento que afetam diretamente no passo a passo clínico da endodontia desses elementos dentários. Dessa maneira, esse estudo selecionou 209 incisivos permanentes inferiores aleatoriamente na cidade de Qazvin, Irã, e foram organizados em oito grupos ternários em um slot de plástico, usando material de moldagem de massa. Após essa fase as

amostras foram escaneadas por CBCT NewTom 5G e deu-se seguimento as medições, análises e estudos em cada dente. Por fim notou-se que disso, 36,1% das raízes apresentaram dois canais e que as médias do tamanho da coroa nos canais únicos ou com segundo anal não foram significativamente diferentes.

De acordo com Mashyakh M. (2019) a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico é uma grande aliada para o clínico estabelecer correto diagnóstico, estudo e tratamento endodôntico. Especialmente os incisivos mandibulares podem apresentar diferenças anatômicas, pois dentro de sua raiz única podem haver um ou dois canais radiculares com características únicas para cada indivíduo. Dessa forma, 208 pacientes com 822 incisivos inferiores permanentes bem desenvolvidos foram avaliados neste estudo. As imagens CBCT foram recuperadas do banco de dados de pacientes que receberam tratamento na Faculdade de Odontologia e Clínicas Odontológicas e foram analisados diversos parâmetros. Concluiu-se que os incisivos inferiores apresentaram segundos canais em cerca de 28,6% dos pacientes com configurações de canais Tipo III. Os incisivos centrais inferiores mostraram uma diferença significativa entre os gêneros em relação a canais e configurações, enquanto os incisivos laterais não. Ligeiras assimetrias bilaterais acometem ambos os incisivos inferiores, o que poderia ter importância na prática clínica ao tratar dentes contralaterais no mesmo indivíduo.

Por fim, a CBCT é um novo método muito eficaz na localização de segundos canais em incisivos mandibulares, sua anatomia e assimetrias bilaterais, com grande utilidade para o clínico.

Conforme Razumova et al, em 2017, o conhecimento da anatomia do sistema de canais radiculares é o padrão-ouro para o sucesso do tratamento endodôntico, e o estudo da morfologia radicular e do canal tem significado endodôntico e antropológico. Os pesquisadores avaliaram a raiz e o número de canais radiculares de dentes permanentes entre a população de Moscou usando tomografia computadorizada de feixe cônico. A alta precisão, mínima distorção, visualização 3D, sua técnica não destrutiva e o resultado de dados específicos são grandes vantagens do uso da CBCT. Pode observar-se que os incisivos centrais tiveram um canal em 99,4% dos casos, os incisivos laterais apresentaram um canal em 99,2% dos pacientes e os caninos dispuseram de um canal em 99,8% dos indivíduos. Sendo que todas as amostras de dentes anteriores inferiores permanentes analisados tinham apenas uma raiz. Também avaliou-se que o sistema de canais radiculares varia muito entre indivíduos da mesma população, entre diferentes regiões e a melhor ferramenta atual para colaborar no sucesso do tratamento endodôntico, no que se refere a análise de canais radiculares, é a tomografia computadorizada de feixe cônico.

De acordo com Jia Liu et al, em 2013, foi avaliado em um estudo a morfologia dos canais radiculares de incisivos inferiores em uma população chinesa utilizando tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT). Foram coletadas imagens CBCT de cerca de 1.553 incisivos inferiores permanentes de pacientes chineses, dentre todos os dentes inclusos 86,6% apresentavam raiz única, porém, os incisivos laterais tiveram maior incidência do que os demais em relação a um segundo canal (17,5%) enquanto os centrais não tiveram tão alta porcentagem (8,9%), também se destaca uma maior incidência de segundo canal em homens (14,6%) do que em mulheres (11,9%). Foi pouca a incidência de segundo canal na população chinesa, mas é certificado a importância e grande relevância que possui a CBCT no durante o tratamento e estudo de canal radicular.

Segundo Mirhosseini et al; em 2019, afirmaram que para um excelente tratamento endodôntico é necessário o conhecimento suficiente sobre o número e morfologia dos canais radiculares, o presente estudo teve como objetivo avaliar a presença do segundo canal em incisivos inferiores da população iraniana, juntamente de imagens CBCT. O estudo transversal adquiriu 180 imagens da mandíbula para avaliar o número de raízes como também número e tipos de canais radiculares presentes junto do auxílio da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico, sendo um total de 681 incisivos inferiores avaliados.

A maioria dos dentes apresentava apenas um canal (70,3%) tendo uma frequência de 29,7% de canal duplo, sendo a maioria dos incisivos laterais (35%) em relação aos centrais (23,9%). Analisando os dados, a presença de um segundo canal é muito mais comum em incisivos inferiores laterais do que em centrais, tendo como auxílio a técnica de imagem CBCT, a qual vem sendo extremamente eficaz nos estudos.

Estrela et al; em 2015 fizeram um estudo com o objetivo de avaliar a frequência de raízes e canais radiculares em dentes permanentes humanos usando tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), imagens CBCT de 1.400 dentes foram usadas para determinar a frequência do número de raízes e canais radiculares. Foram avaliadas todos os dentes por visualização dos planos sagital, axial e coronal, com cortes axiais de 0,1mm. Nos incisivos centrais e laterais inferiores teve uma prevalência de 35% e 42% de dois canais radiculares, respectivamente. Nota-se com o estudo o quanto a utilização de imagens CBCT favorecem uma melhor identificação de canais radiculares e posições das raízes.

Em 2022, Alobaid et al; avaliaram as configurações do canal radicular dos incisivos centrais e laterais inferiores em uma subpopulação da Arábia Saudita utilizando tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT). Tiveram 700 pacientes e foram avaliados 1.260 incisivos centrais inferiores, tendo as

imagens CBCT avaliadas por 3 dentistas sendo um especialista em endodontia. Todos os incisivos centrais incluídos no estudo eram unirradiculares, segundo o sistema de classificação, o mais comum (82,6%) foi Vertucci tipo I, seguido do Vertucci tipo III (13%), os segundos canais foram registrados com maior frequência nos participantes do sexo masculino, já dos incisivos laterais teve uma média bastante simétrica. A maioria dos incisivos inferiores da população examinada da Arábia Saudita possuía apenas um único canal. No entanto, a CBCT pode e deve ser utilizada como uma grande ferramenta complementar durante tratamentos endodônticos, sendo precisa e útil para estudos sobre morfologia e condições dos condutos radiculares.

No ano de 2016, da Silva et al; em um estudo in vivo, analisaram e caracterizaram a morfologia dos canais radiculares com o uso de imagens tridimensionais. Pacientes que precisavam de exames radiográficos CBCT foram incluídos no estudo, foram observados o número de raízes, números de canais por raiz e variações primárias na morfologia dos sistemas de canais radiculares. Nos incisivos centrais e laterais inferiores, o único canal representou 64,5% e 60,5%, a segunda morfologia mais comum foi uma presença de um canal que sai da câmara pulpar e se divide em dois dentro da raiz, depois se fundindo para sair como um canal em 18% e 25,5%, respectivamente. A prevalência de dois canais foram altas nos incisivos centrais e laterais

inferiores, os dados relatados no estudo podem ajudar clínicos a entender variações na morfologia do canal radicular em dentes anteriores e principalmente inferiores, tudo com a finalidade também de superar dificuldades e problemas envolvidos nos tratamentos endodônticos.

Candeiro et al, em 2020, realizaram um estudo baseado em tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) para avaliar as configurações dos canais radiculares da população brasileira juntamente com a influência do sexo e frequência da simetria entre os dentes contralaterais. Foram analisados 4.773 incisivos laterais inferiores, Os exames foram obtidos de uma clínica radiológica privada usando o dispositivo PreXion 3D (Yoshida Dental Mfg Co, Ltd, Tóquio, Japão) com tamanho de voxel de 0,14 mm; parâmetros de exposição de 90 kV, 4 mA e 19 segundos; e um campo de visão de 80 × 80 mm. Todos os incisivos laterais inferiores do estudo possuíam uma raiz, enquanto 20% dos mesmos, possuíam dois canais radiculares, as configurações mais comuns de Vertucci foi do tipo I seguido do tipo III e a simetria bilateral ocorreu na maioria dos indivíduos tendo um percentual de 87% nos incisivos laterais inferiores. Nota-se a importância do uso da tomografia nos dias atuais para o maior sucesso endodôntico, quando 20% dos casos na população brasileira possuem o segundo canal radicular com chances de não ser encontrado e tratado.

3. PROPOSIÇÃO

Esse estudo teve como objetivo avaliar a incidência de segundo canal, bem como a incidência de forâmen único ou forâmens independentes, em incisivos centrais e laterais inferiores, por meio do software e-Vol DX de tomografia computadorizada cone-beam.

As hipóteses em estudo foram de que (i) existe uma significativa incidência de segundo canal em incisivos inferiores e que (ii) existe uma significativa incidência de forâmens independentes nos casos em que houver o segundo canal.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Passo Fundo. Todos os pacientes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Esta revisão retrospectiva foi realizada por meio de um levantamento de dados em prontuários eletrônicos de uma clínica privada de diagnóstico por imagem do município de Passo Fundo (Passo Fundo, RS, Brasil). Nestes prontuários, foram analisados exames tomográficos de pacientes que procuraram o serviço de radiologia da clínica, no período compreendido entre janeiro de 2020 a dezembro de 2024, identificando a presença de incisivos centrais e laterais inferiores. Os casos foram selecionados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão do estudo, totalizando cerca de 1284 casos para avaliação do presente estudo.

Os critérios de inclusão do presente estudo foram daqueles pacientes já examinados, clínica e tomograficamente, como parte de seus cuidados regulares ou de avaliação na clínica privada de diagnóstico por imagem. Os critérios de exclusão do presente

estudo foram daqueles pacientes que não possuíam incisivos inferiores, ou daqueles pacientes que não possuíam assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Os casos selecionados não foram submetidos a nenhum exame ou procedimento clínico adicional para o presente estudo, bem como não houve qualquer envolvimento dos pacientes selecionados nos prontuários eletrônicos com a pesquisa, sendo mantido sob sigilo todos os dados dos mesmos.

Todas as imagens de CBCT selecionadas foram obtidas a partir de tomada tomográfica do aparelho Kodak CS9600 (Eastman Kodak Co., Rochester, NY, Estados Unidos), onde foram utilizados os parâmetros 120 kV e 10 mA. O FOV e o voxel, calibrados no aparelho tomográfico, variaram de acordo com a necessidade do paciente, uma vez que os pacientes procuraram a clínica, no período descrito, por diversas finalidades, sendo Tomografia total dea cabeça, Tomografia total de mandíbula, ou Tomografia dos incisivos centrais inferiores, e a calibragem do FOV e voxel foram individualizadas, pelo técnico em radiologia da clínica, em cada caso. No entanto, para correta visualização de 2º canal em incisivos centrais inferiores, foi necessário pelo menos um FOV 6,0cm x 6,0cm e voxel de 0,076 mm³. Uma ferramenta de filtro exclusiva do CS MAR permite que os operadores alternem entre as visualizações ao vivo com e sem o CS MAR aplicado para confirmar seu diagnóstico. O tubo

de alta potência do sistema captura imagens 3D a 120 kV e usa filtragem inteligente para reduzir ainda mais os artefatos starburst, preservando a qualidade da imagem sem aumentar a dose para o paciente.

As imagens foram adquiridas em formato DICOM, processadas no software e-Vol DX (CDT Software, Bauru, SP, Brasil) e projetadas em tela de LED de computador (Sony, Minato, Japão) para análise e registro dos dados. Foram observados cortes coronais, sagitais e axiais. Primeiramente, os cortes sagitais e coronais foram ajustados paralelamente ao longo eixo da raiz e, em seguida, cortes axiais foram obtidos em intervalos de 0,5 mm e espessura de 1,0mm para todas as amostras, utilizando reformatação multiplanar. Este recurso construiu um modelo tridimensional e mostrou todas as estruturas dentro da espessura de 1,0mm sobrepostas umas às outras. Foi feita uma exploração no sentido coroa-ápice, principalmente nos cortes axial e sagital, os quais mostraram ser mais precisos e conclusivos no intuito de registrar a presença do 2º canal em incisivos centrais inferiores. Além disso, foi avaliada a presença de um único forâmen ou de forâmens independentes, nos casos em que o 2º canal foi detectado nas imagens de CBCT. O lado em que se encontram os incisivos centrais inferiores, bem como o gênero e a idade dos pacientes também foram registrados.

Em relação à análise estatística, os dados categóricos de gênero foram descritos por contagens e percentuais. Os dados quantitativos de idade foram descritos por média e desvio-padrão. As comparações entre as incidências foram realizadas pelo teste do qui-quadrado ou exato de Fisher, quando necessário. Adicionalmente, foi obtido o risco relativo (RR) de seu intervalo de confiança de 95%. Achados de $p < 0.05$ foram considerados estatisticamente significativos. As análises foram realizadas com o programa IBM-SPSS (Armonk, NY, Estados Unidos).

5. RESULTADOS

Os dados referentes à incidência de 2º canal em incisivos inferiores, bem como a distribuição das amostras de acordo com o gênero e a idade dos indivíduos do estudo, estão expressos na Tabela 1. Os resultados revelaram que o 2º canal foi encontrado por meio do software e-Vol de CBCT em 17.4% dos incisivos inferiores analisados, enquanto que em 82.6% dos incisivos inferiores analisados foi encontrado apenas um canal, havendo diferença estatisticamente significativa quanto a estas incidências ($p < 0.05$). Dos casos em que foram encontrados 2 canais nos incisivos inferiores, a incidência de 2 canais terminando em um único foramen foi de 95.5%, enquanto que a incidência de 2 canais terminando em dois forâmens independentes foi de 4.5%, havendo diferença estatisticamente significativa entre si ($p < 0.05$). A figura 1 revela a presença de um 2º canal em incisivo inferior, por meio do software e-Vol DX de CBCT. A distribuição percentual das amostras de acordo com o gênero, revelou uma incidência de 62.4% do sexo feminino e 37.6% do sexo masculino, havendo diferença estatisticamente significativa entre si ($p < 0.05$).

A média de idade dos indivíduos incluídos no estudo foi de 46.8 ± 29.3 anos.

Tabela 1 – Incidência de 2º canal em incisivos inferiores e distribuição de acordo com o número de forâmens apicais, gênero e idade.

Amostra Total	Incidência 2º canal (%)	Incidência forâmens (%)		Gênero (%)		Idade Média $\pm$ DP
		1	2	Masc	Fem	
n = 1284	17.4%	95.5%**	4.5%	37.6%	62.4%**	46.8 ± 29.3

* na linha, se refere a $p > 0.05$; ** na linha, se refere a $p < 0.05$.

Os dados referentes à incidência de 2º canal em incisivos centrais e laterais inferiores, bem como à incidência de dois canais terminando em um único forâmen (1 forâmen) ou em forâmens independentes (2 forâmens), estão expressos na Tabela 2. Não foi possível observar diferença estatisticamente significativa entre os incisivos centrais e laterais inferiores, no que diz respeito à incidência de 2º canal ($p > 0.05$). Os resultados revelaram que o 2º canal foi encontrado por meio do software e-Vol de CBCT em 17.9% dos incisivos centrais inferiores analisados. Destes, em 94.5% dos casos os canais terminavam em um único forâmen, enquanto que em 5.5% dos casos os canais terminavam em forâmens independentes, havendo diferença estatisticamente significativa entre si ($p < 0.05$). Ao mesmo tempo, o 2º canal foi encontrado por meio do software

e-Vol de CBCT em 16.9% dos incisivos laterais inferiores analisados, não havendo diferença estatisticamente significativa quando comparada à incidência de 2º canal nos incisivos centrais inferiores analisados ($p > 0.05$). Destes, em 96.5% dos casos os canais terminavam em um único forâmen, enquanto que em 3.5% dos casos os canais terminavam em forâmens independentes, havendo diferença estatisticamente significativa entre si ($p < 0.05$).

Tabela 2 – Incidência de 2º canal em incisivos centrais e laterais inferiores, e do número de forâmens apicais.

Amostra Total	Incidência 2º canal (%)	1 forâmen (%)	2 forâmen (%)	valor <i>p</i>
Incisivos centrais (n=642)	17.9% ^a	94.5%**	5.5%	< 0.05
Incisivos laterais (n=684)	16.9% ^a	96.5%**	3.5%	< 0.05

** na linha, se refere a $p < 0.05$; letras minúsculas diferentes, na coluna, indicam diferença estatisticamente significante ($p < 0.05$).

Os dados referentes à incidência de 2º canal em incisivos centrais inferiores esquerdos (dente 31), incisivos centrais inferiores direitos (dente 41), incisivos laterais inferiores esquerdos (dente 32) e incisivos laterais inferiores direitos (dente 42), bem como à incidência de dois canais terminando em um único forâmen (1 forâmen) ou em forâmens independentes (2 forâmens) em cada grupo de elemento dentário, estão expressos

na Tabela 3. Os resultados revelaram que o 2º canal foi encontrado por meio do software e-Vol de CBCT em 19.7% dos incisivos centrais inferiores direitos (dente 41) analisados, havendo diferença estatisticamente significativa quando comparada à incidência de 16.2% de 2º canal encontrado nos incisivos centrais inferiores esquerdos (dente 31) ($p<0.05$), sem diferença estatisticamente significativa quando comparada à incidência de 16.6% de 2º canal encontrado nos incisivos laterais inferiores esquerdos (dente 32) e de 17.3% de 2º canal encontrado nos incisivos laterais inferiores direitos (dente 42) ($p>0.05$). Também não houve diferença estatisticamente significativa quando as incidências de 2º canal nos incisivos centrais inferiores esquerdos (dente 31), incisivos laterais inferiores esquerdos (dente 32) e incisivos laterais inferiores direitos (dente 42) foram comparadas ($p>0.05$). Em todos os quatro grupos de elementos dentários, foi observada uma maior incidência de casos onde os canais terminavam em um único forâmen, enquanto que em foi possível observar uma menor incidência de casos onde os canais terminavam em forâmens independentes, havendo diferença estatisticamente significativa entre si em todos os quatro grupos analisados ($p<0.05$).

Tabela 3 – Incidência de 2º canal em incisivos centrais (direito e esquerdo) e laterais (direito e esquerdo) inferiores, e do número de forâmens apicais nos diferentes grupos dentários.

Amostra Total	Incidência 2º canal (%)	1 forâmen (%)	2 forâmens (%)	valor <i>p</i>
Dente 31 (n=321)	16.2% ^a	95.0% ^{**}	5.0%	< 0.05
Dente 41 (n=321)	19.7% ^b	94.0% ^{**}	6.0%	< 0.05
Dente 32 (n=321)	16.6% ^{ab}	96.6% ^{**}	3.4%	< 0.05
Dente 42 (n=321)	17.3% ^{ab}	96.4% ^{**}	3.6%	< 0.05

^{**} na linha, se refere a $p < 0.05$; letras minúsculas diferentes, na coluna, indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$).

6. DISCUSSÃO

Os microorganismos desempenham um papel fundamental no desencadeamento das alterações patológicas que acometem o tecido pulpar e, consequentemente, os tecidos periapicais. Dessa forma, diversos protocolos foram sendo desenvolvidos ao longo do tempo, tendo como objetivo principal erradicar a presença de microorganismos do interior do sistema de canais radiculares, chegando o mais próximo possível de uma completa descontaminação (Nair *et al.*, 1999). Além de um efetivo protocolo de descontaminação, é de extrema importância o conhecimento da anatomia do sistema de canais radiculares, uma vez que a complexidade desse sistema abriga diversas variações anatômicas, tais como canais laterais, canais acessórios, istmos, ramificações e, ainda, mais de um canal principal (Mirhosseini *et al.*, 2019). Neste cenário, todas estas variações anatômicas se constituem ambientes propícios para a instalação e proliferação de microorganismos, e a

descontaminação inadequada destas áreas pode resultar no insucesso do tratamento endodôntico (Betancourt *et al.*, 2015).

Os incisivos centrais e laterais inferiores apresentam, na maioria dos casos, uma única raíz e um único canal, o qual se estende da câmara pulpar até a saída do forâmen apical (Vertucci, 1984). No entanto, estes elementos dentários podem apresentar variações na sua anatomia interna, tais como a existência de um segundo canal, havendo um canal vestibular e um canal lingual (Saati *et al.*, 2008). Assim sendo, a não-localização de um canal radicular pode levar ao insucesso do tratamento endodôntico instituído e trazer danos ao paciente, desde a evolução do quadro inflamatório e dor pós-operatória, nos casos de polpa vital, até a progressão de uma infecção e desenvolvimento de patologias periapicais, nos casos de polpa necrosada (Karabucak *et al.*, 2016). Considerando a etiologia microbiana nas patologias pulpares e periapicais, bem como a existência de variações anatômicas nos elementos dentários, é fundamental a utilização de recursos que venham a contribuir na identificação da presença de um segundo canal em incisivos inferiores que serão submetidos ao tratamento endodôntico.

Ao longo dos anos, a literatura evidencia a prevalência de canais radiculares adicionais em incisivos inferiores, utilizando

diversas metodologias para identificar a presença destas variações anatômicas, tais como radiografias periapicais (Pineda and Kuttler, 1972), injeção de corantes (Vertucci, 1984), seccionamento dentário (Green, 1973) e microscopia eletrônica de varredura (Martins *et al.*, 2020). Frente à limitação dos métodos citados, imagens tridimensionais oriundas de tomadas de CBCT ganharam considerável importância neste propósito. A CBCT é uma técnica de imagem que permite a visualização em vários planos de estruturas anatômicas digitalizadas (Lofthag-Hansen *et al.*, 2007), oferecendo navegação dinâmica multiplano, ajuste de brilho e contraste, e ajuste de parâmetros de volume, como espessura de corte e intervalo de corte (Kiljunen *et al.*, 2015). Devido à sua maior especificidade e sensibilidade quando comparada à imagem em duas dimensões, esta técnica pode ser usada para múltiplas aplicações clínicas na endodontia. Dentre estas aplicações, se destaca o expressivo potencial para detecção de canais adicionais nos elementos dentários, especialmente aqueles com maior quantidade de variações anatômicas (Matherne *et al.*, 2008).

Atualmente, com os avanços tecnológicos buscando melhorar a precisão, diagnóstico e sucesso nos tratamentos endodônticos, foram desenvolvidos softwares para serem

associados a tomada de CBCT, tal como o e-Vol DX (CDT Software – Bauru, SP, Brasil). Segundo Bueno *et al.*, em 2018, este software vem sendo bastante utilizado para avaliar canais radiculares secundários e acessórios, por meio de seus diversos filtros em três dimensões, os quais permitem a navegação pelo longo eixo do interior radicular, bem como em regiões de complexo acesso no sistema de canais radiculares, facilitando a localização de variações anatômicas. Este software de CBCT foi desenvolvido com recursos importantes para melhorar a qualidade da imagem, que incluem ajuste específico de brilho e contraste, controle de espessura de imagem, filtro de nitidez de imagem personalizado, capacidade de promover a redução de ruído das imagens e a capacidade de reconhecer automaticamente dados de diferentes equipamentos de CBCT (Bueno *et al.*, 2018) Todas essas ferramentas, aliadas aos filtros de renderização 3D especialmente desenvolvidos, reduzem artefatos que podem afetar negativamente o estabelecimento de diagnósticos precisos (Bueno e Estrela, 2022). Como consequência, temos uma significativa economia de tempo durante a navegação e captura de imagens de alta resolução. Por estas razões, o software e-Vol DX foi utilizado no presente estudo associado a tomadas de CBCT, no intuito de avaliar a

prevalência de segundo canal em incisivos centrais e laterais inferiores.

Diversos estudos foram desenvolvidos ao longo do tempo, no intuito de avaliar a presença de um segundo canal em incisivos inferiores. Na sua grande maioria, a CBCT foi o método de escolha para auxiliar nestas avaliações. De acordo com os resultados de estudos prévios, a presença de um único canal radicular e um único forâmen apical corresponde à maior prevalência observada nos incisivos centrais e laterais avaliados (Jia Liu *et al.*, em 2013; Estrela *et al.*, 2015; da Silva *et al.*, 2016; Razumova *et al.*, 2017; Verma *et al.*, 2017; Mashyakh *et al.*, 2019; Mirhosseini *et al.*, 2019; Canderó *et al.*, 2020; Martins *et al.*, 2020; Alobaid *et al.*, 2022). O grande diferencial do presente estudo é a utilização do software e-Vol DX para realizar a avaliação anatômica dos incisivos inferiores incluídos na amostra, uma vez que são escassos os estudos na literatura utilizando este software inovador. A partir da utilização de imagens de CBCT analisadas pelo software e-Vol DX, também foi possível observar uma maior prevalência de um único canal e um único forâmen apical nos incisivos centrais e laterais inferiores no presente estudo, estando em acordância com os resultados prévios da literatura. Enquanto os estudos prévios da

literatura relatam uma prevalência de um único canal em incisivos inferiores variando entre 60,5% e 99,8%, o presente estudo identificou uma prevalência de 82,6% de incisivos inferiores com um único canal e um único forâmen apical. Apesar de serem constatados percentuais elevados nestas avaliações, a prevalência de um segundo canal está presente no cotidiano clínico do endodontista de forma significativa, sendo necessário o correto diagnóstico e conhecimento desta variação anatômica, para adequado tratamento do sistema de canais radiculares.

Os resultados do presente estudo revelaram uma prevalência de 17,4% de segundo canal em incisivos inferiores, sendo de 17,9% nos incisivos centrais e 16,9% nos incisivos laterais, sem diferença significativa entre os dois grupos de elementos dentários. Estes achados confirmam a primeira hipótese do presente estudo. Resultados similares foram observados em estudos prévios de Jia Liu *et al.*, 2013 e Alobaid *et al.*, 2022. Por outro lado, estudos prévios revelaram uma maior prevalência de segundo canal em incisivos inferiores, quando comparado ao presente estudo, tanto em incisivos centrais quanto em incisivos laterais inferiores (Estrela *et al.*, 2015; da Silva *et al.*, 2016;; Verma *et al.*, 2017; Mashyakh *et al.*, 2019; Mirhosseini *et al.*, 2019; Candeiro *et al.*, 2020;

Martins *et al.*, 2020). E, ao mesmo tempo, segundo um estudo de Razumova *et al.*, 2017, a prevalência de segundo canal em incisivos inferiores foi praticamente nula. Além disso, o presente estudo revelou uma maior incidência de segundo canal em incisivos inferiores nos pacientes do gênero feminino, sendo estatisticamente superior à prevalência nos pacientes do gênero masculino. Estes achados estão em acórdância com o estudo de Verma *et al.*, 2017, onde também foi observada uma maior prevalência de segundo canal em incisivos inferiores nos pacientes do gênero feminino. No entanto, no estudo de Jia Liu *et al.*, em 2013, foi observada uma maior prevalências de segundo canal em incisivos inferiores nos pacientes do gênero masculino. O fato dos diferentes estudos terem sido realizados em populações apresentando diferentes características étnicas e raciais, bem como a falta de padronização em relação ao numero de amostras, aparelho de CBCT e softwares de CBCT utilizados, podem ser a explicação para as divergências de resultados entre o presente estudo e os estudos publicados previamente na literatura. Fato é que a presença de um segundo canal em incisivos centrais e laterais inferiores corresponde a uma realidade clínica, devendo ser identificada previamente à

realização de toda e qualquer intervenção da prática endodôntica.

A classificação do tipo IV de Vertucci, corresponde a uma variação anatômica dos incisivos inferiores na qual temos a presença de dois canais terminando em forâmens independentes (Vertucci, 1984). Nos casos em que o segundo canal foi identificado por meio do software e-Vol DX de CBCT, a prevalência de dois canais terminando em forâmens independentes foi de 4,5%, sendo de 5,5% nos incisivos centrais e 3,5% nos incisivos laterais inferiores. Na grande maioria dos casos, apesar da presença de dois canais, estes se fusionavam em terço apical e terminavam em um único forâmen. Estes achados rejeitam a segunda hipótese do presente estudo. No entanto, considerando que o alargamento foraminal tem sido sugerido para melhorar a desinfecção na porção apical dos canais radiculares (Brandão *et al.*, 2019), a identificação desta variação anatômica é fundamental no processo de limpeza e modelagem dos canais radiculares, mesmo havendo uma baixa prevalência destas situações. Dessa forma, o software e-Vol DX de CBCT representa uma efetiva ferramenta de diagnóstico durante a realização do tratamento endodôntico, auxiliando no planejamento dos recursos a serem utilizados para promover um

adequado preparo químico-mecânico, atingindo todas as variações anatômicas do sistema de canais radiculares, limpando o canal radicular em toda a sua extensão, promovendo o debridamento do forâmen apical e favorecendo a cicatrização de lesões periapicais crônicas (Jara *et al.*, 2018).

Além da prevalência do segundo canal em incisivos centrais e laterais inferiores, e do término em um único forâmen ou em forâmens independentes, o presente estudo realizou um comparativo da prevalência de segundo canal de acordo com o lado em que se encontravam localizados os incisivos centrais e laterais inferiores. De acordo com os resultados do presente estudo, foi possível observar que o incisivo central inferior do lado direito apresentou uma maior prevalência de segundo canal quando comparado ao incisivo central do lado esquerdo. No entanto, esta prevalência foi similar quando comparada à dos incisivos laterais inferiores direito e esquerdo, que por sua vez não diferiram entre si quanto a esta prevalência. Quando analisados separadamente, foi possível observar uma maior prevalência de dois canais terminando em um único forâmen, quando comparada à prevalência de dois canais terminando em forâmens independentes. Tais achados são relevantes à medida que comprovam a importância da CBCT e do software e-Vol

DX na identificação da anatomia dental interna de diferentes grupos dentários (Bueno *et al.*, 2018; Bueno e Estrela, 2022). Além disso, são informações importantes que vem para auxiliar o clínico endodontista no momento solicitar a CBCT, planejar o caso e executar o procedimento terapêutico, tornando o tratamento endodôntico mais previsível.

Estudos retrospectivos usando a CBCT demonstraram que dentes que foram submetidos ao tratamento endodôntico e tiverem canais não localizados e não tratados apresentam uma maior probabilidade de evoluírem para a periodontite apical aguda (Karabucak *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2019). Portanto, eficientes recursos de imagem, como é o caso da CBCT associada ao software e-Vol DX, é imprescindível de ser utilizado previamente à realização do tratamento endodôntico. Dessa forma, as variações anatômicas do sistema de canais radiculares serão identificadas, como nos casos de segundo canal em incisivos centrais e laterais inferiores, conforme mostram os resultados do presente estudo, que revelam o software e-Vol DX de CBCT como uma efetiva ferramenta nesse propósito. Portanto, a solicitação de exames de CBCT previamente ao tratamento endodôntico deve ser tratada como rotina pelo clínico endodontista. Além disso, tão importante

quanto diagnosticar a presença desse segundo canal por meio de softwares de CBCT, é fundamental lançar mão de recursos que otimizem clinicamente a localização, limpeza e instrumentação desse segundo canal em incisivos inferiores. Neste propósito, a remoção do ombro dentinário localizado na porção lingual da cavidade de acesso com o auxílio insertos de ultrassom e da magnificação do campo operatório pode facilitar a localização. A partir disso, o uso de substâncias químicas auxiliares, ativação ultrassônica destas substâncias e técnicas mecanizadas de instrumentação podem favorecer um efetivo processo de limpeza e modelagem dos canais radiculares localizados. Então, teremos um tratamento endodôntico mais adequado e um prognóstico mais favorável para os casos de incisivos centrais e laterais inferiores com dois canais.

7. CONCLUSÃO

Diante das limitações do presente estudo, pôde-se concluir que a realização de CBCT aliada ao software e-Vol DX é uma efetiva ferramenta para avaliar a incidência de 2º canal em incisivos centrais e laterais inferiores.

REFERÊNCIAS

ALOBaid, M.A.; ALSHAHRANI, E.M.; ALSHEHRI, E.M.; SHAIbAN, A.S.; HARALUR, S.B.; CHATURVEDI, S.; KHALED ADDAS, M. Radiographic assessment of root canal morphology of mandibular central incisors using new classification system: A cross-sectional study. Medicine (Baltimore), v.101, n.37, p.e30751, 2022. doi: 10.1097/MD.00000000000030751.

AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS, AMERICAN ACADEMY OF ORAL AND MAXILLOFACIAL RADIOLOGY. Use of cone-beam computed tomography in endodontics Joint Position Statement of the American Association of Endodontists and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, v.111, n.2, p.234-237, 2011. doi: 10.1016/j.tripleo.2010.11.012.

BETANCOURT, P.; NAVARRO, P.; CANTÍN, M.; FUENTES R. Cone-beam computed tomography study of prevalence and

location of MB2 canal in the mesiobuccal root of the maxillary second molar. *Int J Clin and Exp Med*, v.8, n.6, p.9128-9134, 2015.

BRANDÃO, P.M.; DE FIGUEIREDO, J.A.P.; MORGENTAL, R.D.; SCARPARO, R.K.; HARTMANN, R.C.; WALTRICK, S.B.G.; SOUZA, R.A. Influence of foraminal enlargement on the healing of periapical lesions in rat molars. *Clin Oral Investig*, v.23, n.4, p.1985-1991, 2019. doi: 10.1007/s00784-018-2628-2.

BUENO, M.R.; ESTRELA, C.; AZEVEDO, B.C.; DIÓGENES, A. Development of a new cone-beam computed tomography software for endodontic diagnosis. *Braz Dent J*, v.29, n.6, p.517-529, 2018. doi: 10.1590/0103-6440201802455.

BUENO, M.R.; ESTRELA, C. A computational modeling method for root canal endoscopy using a specific CBCT filter: A new era in the metaverse of endodontics begins. *Braz Dent J*, v.33, n.4, p.21-30, 2022. doi: 10.1590/0103-6440202205078.

BYSTRÖM, A.; SUNDQVIST, G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res*, v.89, n.4, p.321-328, 1981. doi: 10.1111/j.1600-0722.1981.tb01689.x.

BYSTRÖM, A.; SUNDQVIST, G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5% sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral*

Surg Oral Med Oral Pathol, v.55, n.3, p.307-312, 1983. doi: 10.1016/0030-4220(83)90333-x.

CANDEIRO, G.T.M.; MONTEIRO DODT TEIXEIRA, I.M.; OLIMPIO BARBOSA, D.A.; VIVACQUA-GOMES, N.; ALVES, F.R.F. Vertucci's root canal configuration of 14,413 mandibular anterior teeth in a Brazilian population: A prevalence study using cone-beam computed tomography. J Endod, v.47, n.3, p.404-408, 2021. doi: 10.1016/j.joen.2020.12.001.

COSTA, F.F.N.P.; PACHECO-YANES, J.; SIQUEIRA, J.F.; OLIVEIRA, A.C.S.; GAZZANEI, I.; AMORIM, C.A.; SANTOS, P.H.B.; ALVES, F.R.F. Association between missed canals and apical periodontitis. Int Endod J, v.52, n.4, p.400-406, 2019. doi: 10.1111/iej.13022.

COTTON, T.P.; GEISLER, T.M.; HOLDEN, D.T.; SCHWARTZ, S.A.; SCHINDLER, W.G. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. J Endod, v.33, n.9, p.1121-1132, 2007. doi: 10.1016/j.joen.2007.06.011.

DA SILVA, E.J.; DE CASTRO, R.W.; NEJAIM, Y.; SILVA, A.I.; HAITE-NEITO, F.; SILBERMAN, A.; COHENCA, N. Evaluation of root canal configuration of maxillary and mandibular anterior teeth using cone beam computed tomography: An in-vivo

study. Quintessence Int, v.47, n.1, p.19-24, 2016. doi: 10.3290/j.qi.a34807.

DE OLIVEIRA, M.V.L.; SANTOS, A.C.; PAULO, G.; CAMPOS, P.S.F.; SANTOS, J. Application of a newly developed software program for image quality assessment in cone beam computed tomography. Imaging Sci Dent, v.47, n.2, p.75-86, 2017. doi: 10.5624/isd.2017.47.2.75.

ESTRELA, C.; BUENO, M.R.; LELES, C.R.; AZEVEDO, B.; AZEVEDO, J.R. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. J Endod, v.34, n.3, p.273-279, 2008. doi: 10.1016/j.joen.2007.11.023.

ESTRELA, C.; BUENO, M.R.; COUTO, G.S.; RABELO, L.E.; ALENCAR, A.H.; SILVA, R.G.; PÉCORÁ, J.D.; SOUSA-NETO, M.D. Study of root canal anatomy in human permanent teeth in a subpopulation of Brazil's center region using cone-beam computed tomography - Part 1. Braz Dent J, v.26, n.5, p.530-536, 2015. doi: 10.1590/0103-6440201302448.

GREEN, D. Double canals in single roots. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, v.35, n.5, p.689-696, 1973. doi: 10.1016/0030-4220(73)90037-6.

KAKEHASHI, S.; STANLEY, H.R.; FITZGERALD, R.J. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol*, v.20, p.340-349, 1965. doi: 10.1016/0030-4220(65)90166-0.

KARABUCAK, B.; BUNES, A.; CHEHOUD, C.; KOHLI, M.R.; SETZER, F. Prevalence of apical periodontitis in endodontically treated premolars and molars with untreated canal: A cone-beam computed tomography study. *J Endod*, v.42, n.4, p.538-541, 2016. doi: 10.1016/j.joen.2015.12.026.

KILJUNEN, T.; KAASALAINEN, T.; SUOMALAINEN, A.; KORTESNIEMI, M. Dental cone beam CT: A review. *Phys Med*, v.31, n.8, p.844-860, 2015. doi: 10.1016/j.ejmp.2015.09.004.

JARA, C.M.; HARTMANN, R.C.; BÖTTCHER, D.E.; SOUZA, T.S.; GOMES, M.S.; FIGUEIREDO, J.A.P. Influence of apical enlargement on the repair of apical periodontitis in rats. *Int Endod J*, v.51, n.11, p.1261-1270, 2018. doi: 10.1111/iej.12949.

LIN, L.M.; ROSENBERG, P.A.; LIN, J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *J Am Dent Assoc*, v.136, n.2, p.187-193, 2005. doi: 10.14219/jada.archive.2005.0140.

LIU, J.; LUO, J.; DOU, L.; YANG, D. CBCT study of root and canal morphology of permanent mandibular incisors in a Chinese

population. *Acta Odontol Scand*, v.72, n.1, p.26-30, 2014. doi: 10.3109/00016357.2013.775337.

LO GIUDICE, R.; NICITA, F.; PULEIO, F.; ALIBRANDI, A.; CERVINO, G.; LIZIO, A.S.; PANTALEO, G. Accuracy of periapical radiography and CBCT in endodontic evaluation. *Int J Dent*, v.2018, p.2514243, 2018. doi: 10.1155/2018/2514243.

LOFTHAG-HANSEN, S.; HUUMONEN, S.; GRÖNDAHL, K.; GRÖNDAHL, H.G. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v.103, n.1, p.114-119, 2007. doi: 10.1016/j.tripleo.2006.01.001.

MARTINS, J.N.R.; GU, Y.; MARQUES, D.; FRANCISCO, H.; CARAMES, J. Differences on the root and root canal morphologies between asian and white ethnic groups analyzed by cone-beam computed tomography. *J Endod*, v.44, n.7, p.1096-1104, 2018. doi: 10.1016/j.joen.2018.04.001.

MARTINS, J.N.R.; MARQUES, D.; LEAL SILVA, E.J.N.; CARAMÊS, J.; MATA, A.; VERSIANI, M.A. Influence of demographic factors on the prevalence of a second root canal in mandibular anterior teeth - A systematic review and meta-analysis of cross-sectional studies using cone beam computed tomography.

Arch Oral Biol, v.116, p.104749, 2020. doi: 10.1016/j.archoralbio.2020.104749.

MASHYAKHY, M. Anatomical analysis of permanent mandibular incisors in a Saudi Arabian population: An in vivo cone beam computed tomography study. *Níger J Clin Pract*, v.22, n.11, p.1611-1616, 2019. doi: 10.4103/njcp.njcp_291_19.

MATHERNE, R.P.; ANGELOPOULOS, C.; KULILD, J.C.; TIRA, D. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. *J Endod*, v.34, n.1, p.87-89, 2008. doi: 10.1016/j.joen.2007.10.016.

MIRHOSSEINI, F.; TABRIZIZADEH, M.; NATEGHI, N.; SHAFIEI RAD, E.; DERAFSHI, A.; AHMADI, B.; DANESHVAR, M. Evaluation of root canal anatomy in mandibular incisors using CBCT imaging technique in an Iranian population. *J Dent (Shiraz)*, v.20, n.1, p.24-29, 2019. doi: 10.30476/DENTJODS.2019.44559.

NAIR, P.N.R.; SJÖGREN, U.; FIGDOR, D.; SUNDQVIST, G. Persistent periapical radiolucencies of root-filled human teeth, failed endodontic treatments, and periapical scars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v.87, n.5, p.617-627, 1999. doi: 10.1016/s1079-2104(99)70145-9.

PATEL, S.; DAWOOD, A.; FORD, T.P.; WHAITES, E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J*, v.40, n.10, p.818-830, 2007. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01299.x.

PINEDA, F.; KUTTLER, Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, v.33, n.1, p.101-110, 1972. doi: 10.1016/0030-4220(72)90214-9.

RAZUMOVA, S.; BRAGO, A.; KHASKHANOVA, A.; HOWIJIEH, A.; BARAKAT, H.; MANVELYAN, A. A cone beam computed tomography scan of the root canal system of permanent teeth among the population of Moscow. *Int J Dent*, v.2018, p.2615746, 2018. doi: 10.1155/2018/2615746.

SAATI, S.; SHOKRI, A.; FOROOZANDEH, M.; POOROLAJAL, J.; MOSLEH, N. Root morphology and number of canals in mandibular central and lateral incisors using cone beam computed tomography. *Braz Dent J*, v.29, n.3, p.239-244, 2018. doi: 10.1590/0103-6440201801925.

SCARFE, W.C.; FARMAN, A.G.; SUKOVIC, P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Ass*, v.72, n.1, p.75-80, 2007.

SHOVELTON, DS. The presence and distribution of microorganisms within non vital teeth. Br Dent J, v.117, p.101-107, 1964.

TENNERT, C.; FUHRMANN, M.; WITTMER, A.; KARYGIANNI, L.; ALTENBURGER, M.J.; PELZ, K.; HELLWIG, E.; AL-AHMAD, A. New bacterial composition in primary and persistent/secondary endodontic infections with respect to clinical and radiographic findings. J Endod, v.40, n.5, p.670-677, 2014. doi: 10.1016/j.joen.2013.10.005.

VERMA, G.R.; BHADAGE, C.; BHOOSREDDY, A.R.; VEDPATHAK, P.R.; MEHTORA, G.P.; NERKAR, A.C.; BHANDARI, A.; CHAUBEY, S. Cone beam computed tomography study of root canal morphology of permanent mandibular incisors in Indian subpopulation. Pol J Radiol, v.82, p.371-375, 2017. doi: 10.12659/PJR.901840.

VERTUCCI, F.J. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, v.58, n.5, p.589-599, 1984. doi: 10.1016/0030-4220(84)90085-9.

WEISSMAN, J.; JOHNSON, J.D.; ANDERSON, M.; HOLLENDER, L.; HUSON, T.; PARANJPE, A.; PATEL, S.; COHENCA, N. Association between the presence of apical periodontitis and clinical symptoms in endodontic patients using

cone-beam computed tomography and periapical radiographs. J Endod, v.41, n.11, p.1824-1829, 2015. doi: 10.1016/j.joen.2015.06.004.

ANEXOS

ANEXO I - Figuras

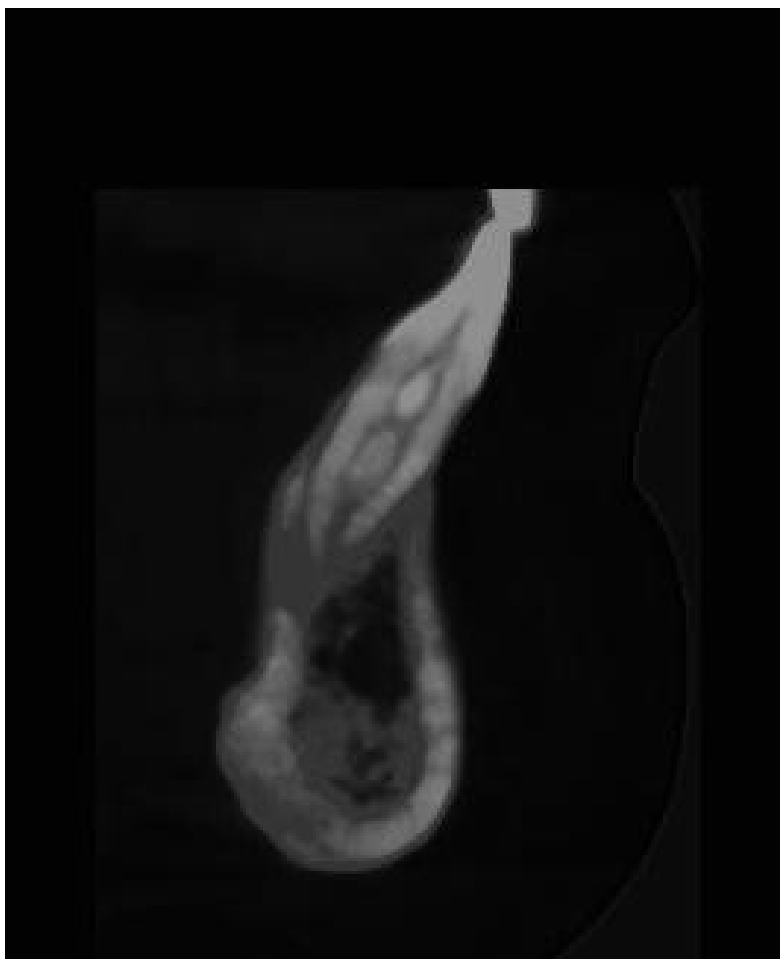


Figura 1 - Corte sagital de CBCT de incisivo central inferior com dois canais, terminando em um único forâmen.

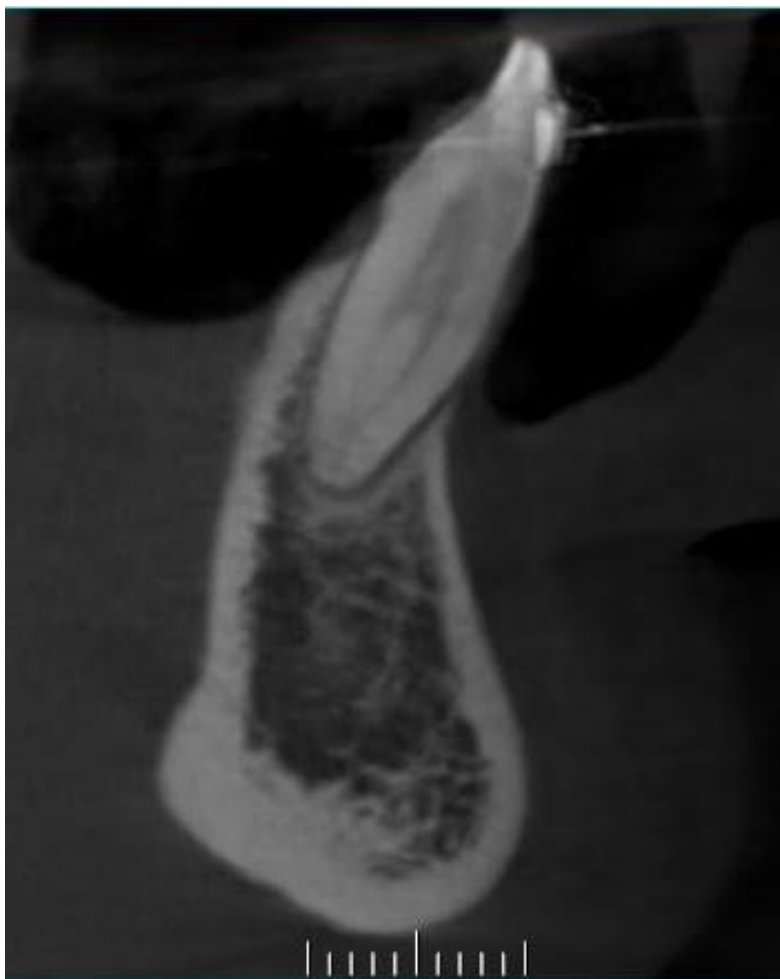


Figura 2 - Corte sagital de CBCT de incisivo central inferior com dois canais, terminando em forâmens independentes.

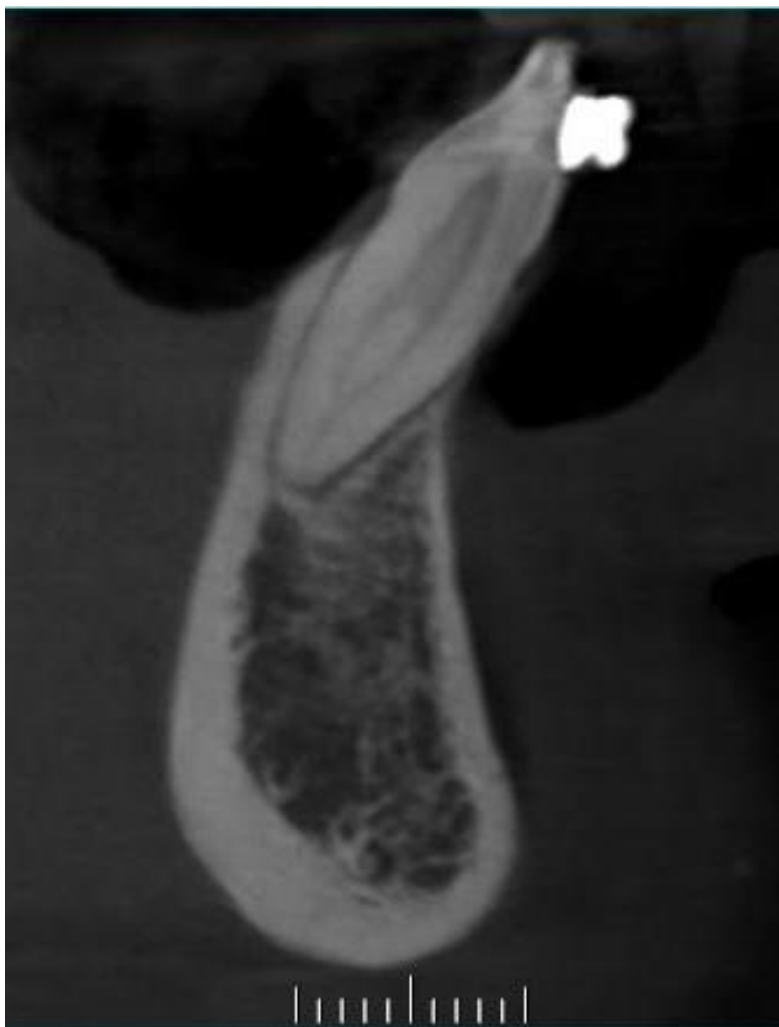


Figura 3 - Corte sagital de CBCT de incisivo lateral inferior com dois canais, terminando em um único forâmen.



Figura 4 - Corte sagital de CBCT de incisivo lateral inferior com dois canais, terminando em forâmens independentes.

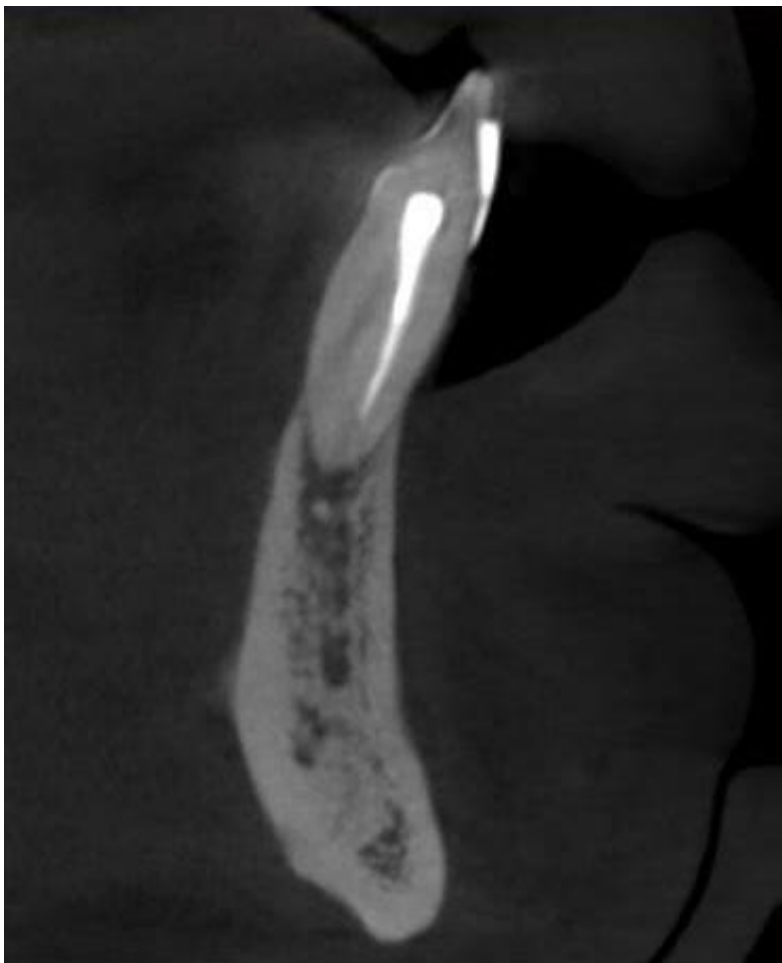


Figura 5 - Corte sagital de CBCT de incisivo central inferior com dois canais, com presença de tratamento endodôntico no canal vestibular, ausência de tratamento endodôntico no canal lingual e presença de lesão periapical.



Figura 6 - Corte axial de CBCT revelando a presença de dois canais nos quatro incisivos inferiores.

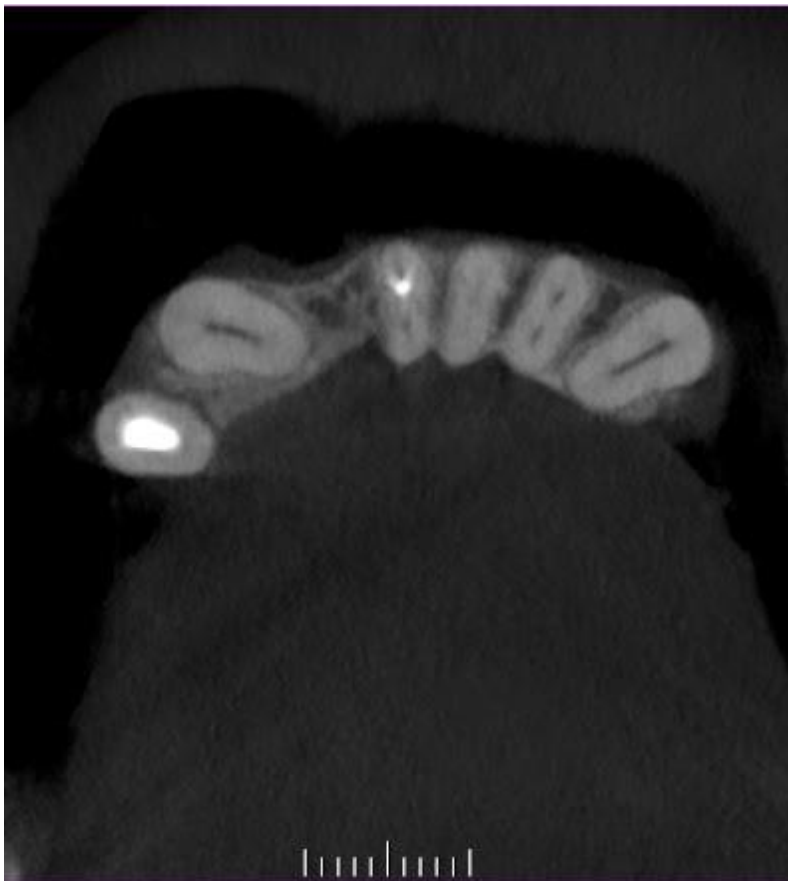


Figura 7 - Corte axial de CBCT de incisivo central inferior com dois canais, com presença de tratamento endodôntico no canal vestibular e ausência de tratamento endodôntico no canal lingual.

Evaluation of the incidence of second canal in lower incisors by using the e-Vol DX software of cone-beam computed tomography³

Matheus Albino Souza¹, Dora Marise Medeiros de Castro¹, Bruno Paolo Zilio¹, Luan Feron Gonçalves¹, Anna Vithoria da Costa Longhi¹, Marianna Demarchi¹, Yuri Dal Bello¹

¹School of Dentistry, University of Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brazil.

Corresponding Author: Matheus Albino Souza

Post-Graduate Program in Dentistry, University of Passo Fundo, BR 285/São José, Building A7, Suite 2, Zip code: 99052-900, Passo Fundo-RS-Brazil.

Telephone: +55 54 3316-8402.

E-mail: matheus292@yahoo.com.br or matheussouza@upf.br

³ Submitted according to guidelines for authors of International Endodontic Journal.

Aim: To evaluate the incidence of second canal in lower central and lateral incisors using cone-beam computed tomography (CBCT) software (e-Vol DX). **Methodology:** 321 patients were selected with 1284 CBCT images of central (642 images) and lateral (642 images) lower incisors, which sought the radiology service of a private diagnostic imaging clinic in the city of Passo Fundo, RS. The e-Vol DX software was used for retrospective review of these images. The presence or non-presence of a 2nd canal, the number of foramens in the analyzed central and lateral incisors, as well as categorical data, were recorded. Specific statistical analysis was carried out for this evaluation, with a significance level set at 5%. **Results:** the second canal was found using the e-Vol CBCT software in 17.4% of the lower incisors analyzed, while in 82.6% of the lower incisors analyzed only one canal was found, with a statistically significant difference in these incidences ($p < 0.05$). Of the cases in which 2 canals were found in the lower incisors, the incidence of 2 canals ending in a single foramen was 95.5%, while the incidence of 2 canals ending in two independent foramens was 4.5%, with a statistically significant difference between them. ($p < 0.05$). **Conclusion:** CBCT combined with the e-Vol software is an effective tool for evaluating the incidence of 2nd canal in lower central and lateral incisors.

Keywords: CBCT, cone-beam computed tomography, e-Vol, lower incisor.

Introduction

Microorganisms are the primary etiological agents of pathological alterations affecting the pulp and periapical tissues, acting both directly and indirectly in the colonization of the root canal system, as well as in the induction and progression of these pathologies (Kakehashi et al., 1965). Thus, one of the main objectives of endodontic treatment is to eliminate these microorganisms through the mechanical action of endodontic instruments and the chemical action of auxiliary substances, fulfilling this decontamination purpose (Byström & Sundqvist, 1981; Byström & Sundqvist, 1983).

However, a large number of anatomical variations and complexities have been found within this system, creating spaces highly conducive to the colonization and proliferation of microorganisms, as well as making their elimination more challenging for intracanal decontamination procedures. Although most microorganisms are located within the main canal, they can also be found deep within the dentinal tubules, ramifications, cemental lacunae (Shovelton, 1964), in the periapical region (Nair et al., 1990), or even in canals that were not located during the initial endodontic intervention (Betancourt et al., 2015).

Scientific literature reveals that many teeth do not respond to endodontic treatment because procedural errors prevent proper control of intracanal endodontic infection (Lin et al., 2005). In mandibular central and lateral incisors, although Vertucci's Type I has been indicated as the most common anatomy, the presence of a second root canal, as evaluated by epidemiological studies using CBCT technology, has been reported to range from 0.4% (Martins et al., 2018) to 48.1% (Arslan et al., 2015). Failure to locate and treat this canal may result in the persistence of microorganisms and, consequently, in the failure of endodontic treatment (Betancourt et al., 2015). Therefore, knowledge of internal dental anatomy and the identification of a second canal in mandibular incisors is of utmost importance.

CBCT provides three-dimensional images of dental structures and their anatomical complexities, offering excellent image resolution while using a relatively low radiation dose (American Association of Endodontists & American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology, 2011). CBCT imaging has greater sensitivity and specificity than conventional radiography (Weissman et al., 2015) and is currently used for various applications in dentistry and endodontics (Patel et al., 2007). According to previous studies, the use of CBCT enhances diagnostic accuracy. Consequently, endodontic treatment

outcomes become more predictable (Scarfe et al., 2007; Estrela et al., 2008).

While various CBCT devices have been developed in recent years, specific software programs have also been created for each of these devices. This is because the original CBCT images may not be suitable for visualization, as they can appear blurred, unclear, or affected by artifacts. Therefore, these images require a series of adjustments to enhance visualization quality (Bueno et al., 2018).

To address this need, the e-Vol DX software (CDT Software, Bauru, SP, Brazil) was developed with advanced features to improve image quality. These features include brightness and contrast adjustments, image thickness control, image sharpness filters, noise reduction filters, and the ability to automatically recognize data from different CBCT devices, resulting in time savings during image navigation and the acquisition of high-resolution images (Bueno et al., 2018).

Given the above, the present study aims to evaluate the incidence of a second canal in mandibular incisors using a new CBCT software (e-Vol DX), testing the hypotheses that (i) there is a significant incidence of a second canal in mandibular incisors and (ii) there is a significant incidence of independent foramina in cases where a second canal is present.

Materials and methods

This study was submitted for review by the Research Ethics Committee of the University of Passo Fundo. All patients signed the Informed Consent Form.

This retrospective review was conducted through data collection from electronic records of a private imaging diagnostics clinic in the city of Passo Fundo (Passo Fundo, RS, Brazil). In these records, CBCT scans of patients who sought radiology services at the clinic between January 2020 and December 2024 were analyzed to identify the presence of mandibular central and lateral incisors. Cases were selected based on the study's inclusion and exclusion criteria, totaling approximately 1,284 cases for evaluation in the present study.

The inclusion criteria for the present study consisted of patients who had already undergone clinical and CBCT examinations as part of their regular care or evaluation at the private imaging diagnostics clinic. The exclusion criteria included patients who did not have mandibular incisors or those who had not signed the Informed Consent Form.

The selected cases were not subjected to any additional examinations or clinical procedures for this study, nor was there any direct involvement of the patients identified in the electronic records. All patient data was kept confidential.

All selected CBCT images were obtained using the Kodak CS9600 tomographic scanner (Eastman Kodak Co., Rochester, NY, USA) with parameters set at 120 kV and 10 mA. The FOV and voxel size, calibrated on the scanner, varied according to the patient's needs, as patients sought the clinic during the study period for various purposes, including full-head CBCT, full-mandible CBCT, or CBCT of the mandibular central incisors. The FOV and voxel calibration were individualized by the clinic's radiology technician for each case.

However, for the proper visualization of a second canal in mandibular central incisors, a minimum FOV of $6.0\text{ cm} \times 6.0\text{ cm}$ and a voxel size of 0.076 mm^3 were required. A unique filtering tool, CS MAR, allows operators to toggle between live views with and without CS MAR applied to confirm their diagnosis. The system's high-power tube captures 3D images at 120 kV and employs intelligent filtering to further reduce starburst artifacts, preserving image quality without increasing the radiation dose to the patient.

The images were acquired in DICOM format, processed using the e-Vol DX software (CDT Software, Bauru, SP, Brazil), and displayed on an LED computer screen (Sony, Minato, Japan) for analysis and data recording. Coronal, sagittal, and axial slices were examined.

First, sagittal and coronal slices were adjusted parallel to the long axis of the root, and then axial slices were obtained at 0.5 mm intervals with a thickness of 1.0 mm for all samples using multiplanar reformation. This feature created a three-dimensional model and displayed all structures within the 1.0 mm thickness, superimposed on each other.

A crown-to-apex exploration was performed, primarily using axial and sagittal slices, which proved to be the most accurate and conclusive in identifying the presence of a second canal in mandibular central incisors. Additionally, the presence of a single foramen or independent foramina was assessed in cases where a second canal was detected in the CBCT images. The side on which the mandibular central incisors were located, as well as the patients' gender and age, were also recorded.

Regarding the statistical analysis, categorical data for gender were described using counts and percentages. Quantitative data for age were described using the mean and standard deviation. Comparisons between incidences were performed using the chi-square test or Fisher's exact test when necessary. Additionally, the relative risk (RR) and its 95% confidence interval were obtained. Findings with $p < 0.05$ were considered statistically significant. The analyses were conducted using IBM-SPSS software (Armonk, NY, USA).

Results

The data regarding the incidence of a second canal in mandibular incisors, as well as the distribution of samples according to the gender and age of the study participants, are presented in Table 1.

Table 1 – Incidence of the second canal in mandibular incisors and distribution according to the number of apical foramina, gender, and age.

Total sample	Incidence of the second canal (%)	Incidence of foramina (%)		Gender (%)		Mean age ± SD
		1	2	Male	Fem	
n = 1284	17.4%	95.5%**	4.5%	37.6%	62.4%**	46.8 ± 29.3

* in the row refers to $p > 0.05$; ** in the row refers to $p < 0.05$.

The results revealed that the second canal was identified through the e-Vol CBCT software in 17.4% of the analyzed mandibular incisors, while only one canal was found in 82.6% of the analyzed incisors, with a statistically significant difference between these incidences ($p < 0.05$). Among the cases where two canals were found in mandibular incisors, the incidence of two canals terminating in a single foramen was 95.5%, while the incidence of two canals terminating in two independent foramina was 4.5%, showing a statistically significant difference between them ($p < 0.05$).

Figure 1 illustrates the presence of a second canal in a mandibular incisor, as identified by the e-Vol DX CBCT software. The percentage distribution of samples according to gender

showed an incidence of 62.4% female and 37.6% male, with a statistically significant difference between them ($p < 0.05$). The mean age of individuals included in the study was 46.8 ± 29.3 years.

The data regarding the incidence of a second canal in mandibular central and lateral incisors, as well as the incidence of two canals terminating in a single foramen (1 foramen) or in independent foramina (2 foramina), are presented in Table 2. No statistically significant difference was observed between central and lateral incisors concerning the incidence of a second canal ($p > 0.05$). The results revealed that the second canal was identified through the e-Vol CBCT software in 17.9% of the analyzed mandibular central incisors. Of these, in 94.5% of the cases, the canals terminated in a single foramen, while in 5.5% of the cases, the canals terminated in independent foramina, showing a statistically significant difference between them ($p < 0.05$).

At the same time, the second canal was found using the e-Vol CBCT software in 16.9% of the analyzed mandibular lateral incisors, with no statistically significant difference compared to the incidence of a second canal in the analyzed mandibular central incisors ($p > 0.05$). Among these, 96.5% of the cases had canals terminating in a single foramen, while 3.5%

had canals terminating in independent foramina, demonstrating a statistically significant difference between them ($p < 0.05$).

Table 2 – Incidence of the second canal in mandibular central and lateral incisors, and the number of apical foramina.

Total sample	Incidence of the second canal (%)	1 foramina (%)	2 foramina (%)	<i>p</i> value
Central incisors (n=642)	17.9% ^a	94.5%**	5.5%	< 0.05
Lateral incisors (n=684)	16.9% ^a	96.5%**	3.5%	< 0.05

** in the row, refers to $p < 0.05$; different lowercase letters in the column indicate a statistically significant difference ($p < 0.05$).

The data regarding the incidence of a second canal in left mandibular central incisors (tooth 31), right mandibular central incisors (tooth 41), left mandibular lateral incisors (tooth 32), and right mandibular lateral incisors (tooth 42), as well as the incidence of two canals terminating in a single foramen (1 foramen) or in independent foramina (2 foramina) in each dental element group, are presented in Table 3. The results revealed that the second canal was identified through the e-Vol CBCT software in 19.7% of the analyzed right mandibular central incisors (tooth 41), showing a statistically significant difference when compared to the incidence of 16.2% of the second canal found in left mandibular central incisors (tooth 31) ($p < 0.05$). There was no statistically significant difference when compared

to the incidence of 16.6% of the second canal found in left mandibular lateral incisors (tooth 32) and 17.3% of the second canal found in right mandibular lateral incisors (tooth 42) ($p > 0.05$). There was also no statistically significant difference when the incidences of the second canal in left mandibular central incisors (tooth 31), left mandibular lateral incisors (tooth 32), and right mandibular lateral incisors (tooth 42) were compared ($p > 0.05$).

In all four groups of dental elements, a higher incidence of cases where the canals terminated in a single foramen was observed, while a lower incidence of cases where the canals terminated in independent foramina was noted, with a statistically significant difference between them in all four analyzed groups ($p < 0.05$).

Table 3 – Incidence of the second canal in mandibular central (right and left) and lateral (right and left) incisors, and the number of apical foramina in different dental groups.

Total sample	Incidence of the second canal (%)	1 foramina (%)	2 foramina (%)	<i>p</i> value
Tooth 31 (n=321)	16.2% ^a	95.0% ^{**}	5.0%	< 0.05
Tooth 41 (n=321)	19.7% ^b	94.0% ^{**}	6.0%	< 0.05
Tooth 32 (n=321)	16.6% ^{ab}	96.6% ^{**}	3.4%	< 0.05
Tooth 42 (n=321)	17.3% ^{ab}	96.4% ^{**}	3.6%	< 0.05

^{**} in the row, refers to $p < 0.05$; different lowercase letters in the column indicate a statistically significant difference ($p < 0.05$).

Discussion

Microorganisms play a fundamental role in triggering the pathological alterations affecting the pulp tissue and, consequently, the periapical tissues. Thus, various protocols have been developed over time, with the primary objective of eradicating the presence of microorganisms from within the root canal system, coming as close as possible to complete disinfection (Nair et al., 1999). In addition to an effective disinfection protocol, knowledge of the anatomy of the root canal system is extremely important, as the complexity of this system contains various anatomical variations, such as lateral canals, accessory canals, isthmuses, branches, and even more than one main canal (Mirhosseini et al., 2019). In this context, all these anatomical variations constitute favorable environments for the establishment and proliferation of microorganisms, and inadequate disinfection of these areas can result in the failure of endodontic treatment (Betancourt et al., 2015).

Mandibular central and lateral incisors typically have a single root and a single canal that extends from the pulp chamber to the exit of the apical foramen (Vertucci, 1984). However, these dental elements can exhibit variations in their internal anatomy, such as the presence of a second canal, with one

vestibular canal and one lingual canal (Saati et al., 2008). Consequently, the non-localization of a root canal can lead to the failure of the established endodontic treatment and cause harm to the patient, ranging from the progression of inflammatory conditions and postoperative pain in cases of vital pulp to the advancement of infection and the development of periapical pathologies in cases of necrotic pulp (Karabucak et al., 2016). Considering the microbial etiology of pulp and periapical pathologies, as well as the existence of anatomical variations in dental elements, it is essential to use resources that help identify the presence of a second canal in mandibular incisors that will undergo endodontic treatment.

Over the years, literature has shown the prevalence of additional root canals in mandibular incisors, employing various methodologies to identify the presence of these anatomical variations, such as periapical radiographs (Pineda and Kuttler, 1972), dye injection (Vertucci, 1984), tooth sectioning (Green, 1973), and scanning electron microscopy (Martins et al., 2020). Given the limitations of these methods, three-dimensional images obtained from CBCT scans have gained considerable importance for this purpose. CBCT is an imaging technique that allows for the visualization of anatomical structures in multiple

planes (Lofthag-Hansen et al., 2007), offering dynamic multiplanar navigation, brightness and contrast adjustments, and volume parameter adjustments such as slice thickness and cutting intervals (Kiljunen et al., 2015). Due to its higher specificity and sensitivity compared to two-dimensional imaging, this technique can be used for multiple clinical applications in endodontics. Among these applications, it stands out for its significant potential to detect additional canals in dental elements, especially those with a higher number of anatomical variations (Matherne et al., 2008).

Currently, with technological advancements aimed at improving precision, diagnosis, and success in endodontic treatments, software has been developed to be associated with CBCT imaging, such as e-Vol DX (CDT Software – Bauru, SP, Brazil). According to Bueno et al. (2018), this software has been widely used to evaluate secondary and accessory root canals through its various three-dimensional filters, allowing navigation along the long axis of the root canal system and in complex access regions, facilitating the identification of anatomical variations. This CBCT software is equipped with important features to enhance image quality, including specific adjustments for brightness and contrast, control over slice thickness,

personalized image sharpening filters, noise reduction capabilities, and automatic recognition of data from different CBCT devices (Bueno et al., 2018). All these tools, combined with specially developed 3D rendering filters, reduce artifacts that could negatively impact accurate diagnosis (Bueno and Estrela, 2022). As a result, there is a significant time-saving during navigation and the capture of high-resolution images. For these reasons, the e-Vol DX software was utilized in the present study in conjunction with CBCT imaging to assess the prevalence of second canals in central and lateral incisors.

Several studies have been conducted over time to assess the presence of a second canal in lower incisors. In most cases, CBCT was the method of choice to assist in these evaluations. According to the results of previous studies, the presence of a single root canal and a single apical foramen corresponds to the highest prevalence observed in the evaluated central and lateral incisors (Jia Liu et al., 2013; Estrela et al., 2015; da Silva et al., 2016; Razumova et al., 2017; Verma et al., 2017; Mashyakh et al., 2019; Mirhosseini et al., 2019; Canderó et al., 2020; Martins et al., 2020; Alobaid et al., 2022). The significant differentiator of the present study is the use of the e-Vol DX software to perform the anatomical evaluation of the lower

incisors included in the sample, as studies using this innovative software are scarce in the literature. Through the use of CBCT images analyzed by the e-Vol DX software, it was also possible to observe a higher prevalence of a single canal and a single apical foramen in the central and lateral lower incisors in this study, in accordance with previous literature results. While previous studies report a prevalence of a single canal in lower incisors ranging from 60.5% to 99.8%, the present study identified a prevalence of 82.6% of lower incisors with a single canal and a single apical foramen. Despite the high percentages observed in these evaluations, the prevalence of a second canal is significantly present in the clinical routine of the endodontist, making accurate diagnosis and knowledge of this anatomical variation essential for the proper treatment of the root canal system.

The results of the present study revealed a prevalence of 17.4% for a second canal in lower incisors, with a prevalence of 17.9% in central incisors and 16.9% in lateral incisors, showing no significant difference between the two groups of dental elements. These findings confirm the first hypothesis of the present study. Similar results were observed in previous studies by Jia Liu et al., 2013, and Alobaid et al., 2022. On the other

hand, previous studies reported a higher prevalence of second canals in lower incisors compared to the present study, both in central and lateral incisors (Estrela et al., 2015; da Silva et al., 2016; Verma et al., 2017; Mashyakhy et al., 2019; Mirhosseini et al., 2019; Candeiro et al., 2020; Martins et al., 2020). At the same time, according to a study by Razumova et al., 2017, the prevalence of a second canal in lower incisors was practically null. Additionally, the present study revealed a higher incidence of second canals in lower incisors among female patients, which was statistically greater than the prevalence among male patients. These findings are in accordance with the study by Verma et al., 2017, which also observed a higher prevalence of second canals in lower incisors among female patients. However, in the study by Jia Liu et al., 2013, a higher prevalence of second canals in lower incisors was observed among male patients. The fact that different studies have been conducted in populations with varying ethnic and racial characteristics, as well as the lack of standardization regarding sample sizes, CBCT devices, and CBCT software used, may explain the discrepancies in results between the present study and those previously published in the literature. The fact is that the presence of a second canal in

central and lateral lower incisors corresponds to a clinical reality that should be identified prior to any endodontic intervention.

Vertucci's Type IV classification corresponds to an anatomical variation of lower incisors in which there are two canals terminating in independent foramina (Vertucci, 1984). In cases where the second canal was identified using the e-Vol DX software from CBCT, the prevalence of two canals terminating in independent foramina was 4.5%, with 5.5% in central incisors and 3.5% in lower lateral incisors. In the vast majority of cases, despite the presence of two canals, they fused in the apical third and ended in a single foramen. These findings reject the second hypothesis of the present study. However, considering that foramen enlargement has been suggested to improve disinfection in the apical portion of the root canals (Brandão et al., 2019), identifying this anatomical variation is crucial in the cleaning and shaping process of the root canals, even though there is a low prevalence of these situations. Thus, the e-Vol DX software from CBCT represents an effective diagnostic tool during endodontic treatment, assisting in the planning of resources to be used to promote adequate chemical-mechanical preparation, reaching all anatomical variations of the root canal system, cleaning the root canal along its entire length, facilitating the debridement of the

apical foramen, and promoting the healing of chronic periapical lesions (Jara et al., 2018).

In addition to the prevalence of a second canal in lower central and lateral incisors, and the termination in a single foramen or in independent foramina, the present study conducted a comparison of the prevalence of the second canal according to the side on which the lower central and lateral incisors were located. According to the results of the present study, it was observed that the lower right central incisor had a higher prevalence of a second canal compared to the lower left central incisor. However, this prevalence was similar when compared to that of the lower right and left lateral incisors, which did not differ between each other regarding this prevalence. When analyzed separately, a higher prevalence of two canals terminating in a single foramen was observed compared to the prevalence of two canals terminating in independent foramina. These findings are relevant as they confirm the importance of CBCT and the e-Vol DX software in identifying the internal dental anatomy of different dental groups (Bueno et al., 2018; Bueno and Estrela, 2022). Furthermore, this information is important as it assists the endodontic clinician when requesting

CBCT, planning the case, and executing the therapeutic procedure, making endodontic treatment more predictable.

Retrospective studies using CBCT have demonstrated that teeth that underwent endodontic treatment and had unlocated and untreated canals have a higher likelihood of progressing to acute apical periodontitis (Karabucak et al., 2016; Costa et al., 2019). Therefore, efficient imaging resources, such as CBCT associated with e-Vol DX software, are essential to be used prior to performing endodontic treatment. This way, the anatomical variations of the root canal system will be identified, such as in cases of a second canal in lower central and lateral incisors, as shown by the results of the present study, which reveal the e-Vol DX software of CBCT as an effective tool for this purpose. Thus, the request for CBCT exams prior to endodontic treatment should be treated as routine by the endodontic clinician. Moreover, as important as diagnosing the presence of this second canal using CBCT software, it is crucial to employ resources that clinically optimize the location, cleaning, and instrumentation of this second canal in lower incisors. In this regard, the removal of the dentin shoulder located in the lingual portion of the access cavity with the aid of ultrasonic inserts and magnification of the operative field can facilitate localization.

From this point, the use of auxiliary chemical substances, ultrasonic activation of these substances, and mechanized instrumentation techniques can favor an effective cleaning and shaping process of the located root canals. Thus, we will have a more adequate endodontic treatment and a more favorable prognosis for cases of lower central and lateral incisors with two canals.

Conclusion

Given the limitations of the present study, it can be concluded that the use of CBCT combined with e-Vol DX software is an effective tool for assessing the incidence of a second canal in lower central and lateral incisors.

References

Alobaid MA, Alshahrani EM, Alshehri EM, Shaïban AS, Haralur SB, Chaturvedi S, Khaled Addas M. Radiographic assessment of root canal morphology of mandibular central incisors using new classification system: A cross-sectional study. *Medicine (Baltimore)*. 2022;101(37):e30751. doi: 10.1097/MD.00000000000030751

American Association of Endodontists, American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Use of cone-beam computed tomography in endodontics Joint Position Statement of the American Association of Endodontists and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011;111(2):234-237. doi: 10.1016/j.tripleo.2010.11.012.

Betancourt P, Navarro P, Cantín M, Fuentes R. Cone-beam computed tomography study of prevalence and location of MB2 canal in the mesiobuccal root of the maxillary second molar. Int J Clin and Exp Med. 2015;8:9128-9134.

Brandão PM, de Figueiredo JAP, Morgental RD, Scarparo RK, Hartmann RC, Waltrick SBG, Souza RA. Influence of foraminal enlargement on the healing of periapical lesions in rat molars. Clin Oral Investig. 2019;23(4):1985-1991. doi: 10.1007/s00784-018-2628-2.

Bueno MR, Estrela C, Azevedo BC, Diógenes A. Development of a new cone-beam computed tomography software for endodontic diagnosis. Braz Dent J. 2018; 29(6):517-529. doi: 10.1590/0103-6440201802455.

Bueno MR, Estrela C. A computational modeling method for root canal endoscopy using a specific CBCT filter: A new era in the metaverse of endodontics begins. *Braz Dent J*. 2022;33(4):21-30. doi: 10.1590/0103-6440202205078.

Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res*. 1981;89:321-328. doi: 10.1111/j.1600-0722.1981.tb01689.x.

Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5% sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1983;55(3):307-312. doi: 10.1016/0030-4220(83)90333-x.

Candeiro GTM, Monteiro Dodt Teixeira IM, Olimpio Barbosa DA, Vivacqua-Gomes N, Alves FRF. Vertucci's root canal configuration of 14,413 mandibular anterior teeth in a Brazilian population: a prevalence study using cone-beam computed tomography. *J Endod*. 2021;47(3):404-408. doi: 10.1016/j.joen.2020.12.001.

Costa F, Pacheco-Yanes J, Siqueira J, Oliveira ACS, Gazzaneo I, Amorim CA, Santos PHB, Alves FRF. Association between

missed canals and apical periodontitis. *Int Endod J*. 2019;52(4):400-406. doi: 10.1111/iej.13022.

Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod*. 2007;33(9):1121-1132. doi: 10.1016/j.joen.2007.06.011.

Da Silva EJ, De Castro RW, Nejaim Y, Silva AI, Haiter-Neto F, Silberman A, Cohenca N. Evaluation of root canal configuration of maxillary and mandibular anterior teeth using cone beam computed tomography: An in-vivo study. *Quintessence Int*. 2016;47(1):19-24. doi: 10.3290/j.qi.a34807.

De Oliveira MVL, Santos AC, Paulo G, Campos PSF, Santos J. Application of a newly developed software program for image quality assessment in cone beam computed tomography. *Imaging Sci Dent*. 2017;47(2):75-86. doi: 10.5624/isd.2017.47.2.75.

Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod*. 2008;34(3):273-279. doi: 10.1016/j.joen.2007.11.023.

Estrela C, Bueno MR, Couto GS, Rabelo LE, Alencar AH, Silva RG, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Study of root canal anatomy in human permanent teeth in a subpopulation of Brazil's center region using cone-beam computed tomography - part 1. *Braz Dent J.* 2015;26(5):530-536. doi: 10.1590/0103-6440201302448.

Green D. Double canals in single roots. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1973;35(5):689-696. doi: 10.1016/0030-4220(73)90037-6.

Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol.* 1965;20:340-349. doi: 10.1016/0030-4220(65)90166-0.

Karabucak B, Bunes A, Chehoud C, Kohli MR, Setzer F. Prevalence of apical periodontitis in endodontically treated premolars and molars with untreated canal: A cone-beam computed tomography study. *J Endod.* 2016;42(4):538-541. doi: 10.1016/j.joen.2015.12.026.

Kiljunen T, Kaasalainen T, Suomalainen A, Kortensniemi M. Dental cone beam CT: A review. *Phys Med.* 2015;31(8):844-860. doi: 10.1016/j.ejmp.2015.09.004.

Jara CM, Hartmann RC, Böttcher DE, Souza TS, Gomes MS, Figueiredo JAP. Influence of apical enlargement on the repair of apical periodontitis in rats. *Int Endod J.* 2018;51(11):1261-1270. doi: 10.1111/iej.12949.

Lin LM, Rosenberg PA, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *J Am Dent Assoc.* 2005;136(2):187-193. doi: 10.14219/jada.archive.2005.0140.

Liu J, Luo J, Dou L, Yang D. CBCT Study of root and canal morphology of permanent mandibular incisors in a Chinese population. *Acta Odontol Scand.* 2014;72(1):26-30. doi: 10.3109/00016357.2013.775337.

Lo Giudice R, Nicita F, Puleio F, Alibrandi A, Cervino G, Lizio AS, Pantaleo G. Accuracy of periapical radiography and CBCT in endodontic evaluation. *Int J Dent.* 2018;2018:2514243. doi: 10.1155/2018/2514243.

Lofthag-Hansen S, Huuonen S, Gröndahl K, Gröndahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the

diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;103(1):114-119. doi: 10.1016/j.tripleo.2006.01.001.

Martins JNR, Gu Y, Marques D, Francisco H, Carames J. Differences on the root and root canal morphologies between Asian and white ethnic groups analyzed by cone-beam computed tomography. *J Endod.* 2018;44(7):1096-1104. doi: 10.1016/j.joen.2018.04.001.

Martins JNR, Marques D, Leal Silva EJN, Caramês J, Mata A, Versiani MA. Influence of demographic factors on the prevalence of a second root canal in mandibular anterior teeth - A systematic review and meta-analysis of cross-sectional studies using cone beam computed tomography. *Arch Oral Biol.* 202;116:104749. doi: 10.1016/j.archoralbio.2020.104749.

Mashyakhy M. Anatomical analysis of permanent mandibular incisors in a Saudi Arabian population: An in vivo cone beam computed tomography study. *Níger J Clin Pract.* 2019;22(11):1611-1616. doi: 10.4103/njcp.njcp_291_19.

Matherne RP, Angelopoulos C, Kulild JC, Tira D. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems

in vitro. J Endod. 2008;34(1):87-89. doi: 10.1016/j.joen.2007.10.016.

Mirhosseini F, Tabrizizadeh M, Nateghi N, Shafiei Rad E, Derafshi A, Ahmadi B, Daneshvar M. Evaluation of root canal anatomy in mandibular incisors using CBCT imaging technique in an Iranian population. J Dent (Shiraz). 2019;20(1):24-29. doi: 10.30476/DENTJODS.2019.44559.

Nair PNR, Sjögren U, Figdor D, Sundqvist G. Persistent periapical radiolucencies of root-filled human teeth, failed endodontic treatments, and periapical scars. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1999;87(5):617-627. doi: 10.1016/s1079-2104(99)70145-9.

Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. Int Endod J. 2007;40(10):818-830. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01299.x.

Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. Oral Surg

Oral Med Oral Pathol. 1972;33(1):101-110. doi: 10.1016/0030-4220(72)90214-9.

Razumova S, Brago A, Khaskhanova A, Howijieh A, Barakat H, Manvelyan A. A cone beam computed tomography scan of the root canal system of permanent teeth among the population of Moscow. Int J Dent. 2018;2018:2615746. doi: 10.1155/2018/2615746.

Saati S, Shokri A, Foroozandeh M, Poorolajal J, Mosleh N. Root morphology and number of canals in mandibular central and lateral incisors using cone beam computed tomography. Braz Dent J. 2018;29(3):239-244. doi: 10.1590/0103-6440201801925.

Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. J Can Dent Ass. 2007;72(1):75-80.

Shovelton DS. The presence and distribution of microorganisms within non vital teeth. Br Dent J. 1964;117:101-107.

Tennert C, Fuhrmann M, Wittmer A, Karygianni L, Altenburger MJ, Pelz K, Hellwig E, Al-Ahmad A. New bacterial composition in primary and persistent/secondary endodontic

infections with respect to clinical and radiographic findings. J Endod. 2014;40(5):670-677. doi: 10.1016/j.joen.2013.10.005.

Verma GR, Bhadage C, Bhoosreddy AR, Vedpathak PR, Mehtora GP, Nerkar AC, Bhandari A, Chaubey S. Cone beam computed tomography study of root canal morphology of permanent mandibular incisors in indian subpopulation. Pol J Radiol. 2017;82:371-375. doi: 10.12659/PJR.901840.

Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1984;58(5):589-599. doi: 10.1016/0030-4220(84)90085-9.

Weissman J, Johnson JD, Anderson M, et al. Association between the presence of apical periodontitis and clinical symptoms in endodontic patients using cone-beam computed tomography and periapical radiographs. J Endod. 2015;41(11):1824-1829. doi: 10.1016/j.joen.2015.06.004.