

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

LUCAS DOS SANTOS FREITAS

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE PERFURAÇÃO RADICULAR EM PLANEJAMENTOS
DIGITAIS PARA ENDODONTIA GUIADA EM DENTES ANTERIORES
SUPERIORES**

GOIÂNIA
2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ Dissertação ☐ Tese ☐ Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Lucas dos Santos Freitas

3. Título do trabalho

AValiação DO RISCO DE PERFURAÇÃO RADICULAR EM PLANEJAMENTOS DIGITAIS PARA ENDODONTIA GUIADA EM DENTES ANTERIORES SUPERIORES

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

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

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Lucas Dos Santos Freitas, Discente**, em 25/08/2026, às 18:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel De Almeida Decurcio, Professor do Magistério Superior**, em 26/08/2026, às 09:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6469488** e o código CRC **1D10AA47**.

Referência: Processo nº 23070.036787/2026-67

SEI nº 6469488

LUCAS DOS SANTOS FREITAS

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE PERFURAÇÃO RADICULAR EM PLANEJAMENTOS
DIGITAIS PARA ENDODONTIA GUIADA EM DENTES ANTERIORES
SUPERIORES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração Clínica Odontológica.

Linha de Pesquisa: Perspectivas em Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Daniel de Almeida Decurcio

Co-orientador: Prof. Dr. Julio Almeida Silva

GOIÂNIA

2026

FREITAS, LUCAS DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DO RISCO DE PERFURAÇÃO RADICULAR EM PLANEJAMENTOS DIGITAIS PARA ENDODONTIA GUIADA EM DENTES ANTERIORES SUPERIORES [EBOOK] = ASSESSMENT OF ROOT PERFORATION RISK IN DIGITAL PLANNING FOR GUIDED ENDODONTICS IN MAXILLARY ANTERIOR TEETH / LUCAS DOS SANTOS FREITAS. - 2026.

LII, 52 f.:

Orientador: Prof. Dr. Daniel de Almeida Decurcio ; co-orientador: Dr. Julio Almeida Silva

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Odontologia (FO), Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Goiânia, 2026.

Anexo.

Bibliografia.

Inclui: siglas, símbolos, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Preparo de Canal Radicular; Endodontia; Tomografia

Computadorizada de Feixe Cônico.

I. Decurcio , Daniel de Almeida , orient. II. Silva, Julio Almeida, co-orient. III. Título.

CDU 616.314



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

FACULDADE DE ODONTOLOGIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **25/2026** da sessão de Defesa de Dissertação de **Lucas dos Santos Freitas**, que confere o título de Mestre em **Odontologia**, na área de concentração em **Clínica Odontológica**.

Aos **trinta e um dias do mês de julho de dois mil e vinte e seis**, a partir das **treze horas e trinta minutos**, na Sala de aula 2 da Faculdade de Odontologia da UFG, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DE PERFURAÇÃO RADICULAR EM PLANEJAMENTOS DIGITAIS PARA ENDODONTIA GUIADA EM DENTES ANTERIORES SUPERIORES”. Os trabalhos foram instalados pela orientador, **Professor Doutor Daniel de Almeida Decurcio (PPGO/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Professor Doutor Gustavo Silva Chaves (PUC/GO)**, membro titular externo; **Professor Doutor Giulliano Caixeta Serpa (FO/UFG)**, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo **Professor Doutor Daniel de Almeida Decurcio**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **trinta e um dias do mês de julho de dois mil e vinte e seis**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

AVALIAÇÃO DO RISCO DE PERFURAÇÃO RADICULAR EM PLANEJAMENTOS DIGITAIS PARA ENDODONTIA GUIADA EM DENTES ANTERIORES SUPERIORES



Documento assinado eletronicamente por **Daniel De Almeida Decurcio, Professor do Magistério Superior**, em 03/08/2026, às 09:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Giulliano Caixeta Serpa, Professor(a) do Magistério Superior**, em 03/08/2026, às 10:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nadia Do Lago Costa, Coordenadora de Pós-Graduação**, em 03/08/2026, às 15:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6375897** e o código CRC **0C18BB5B**.

Dedicatória

Dedico esta dissertação àqueles que acreditaram em mim antes mesmo que eu pudesse enxergar o alcance desta conquista.

Aos meus pais, familiares, mestres e amigos, que contribuíram de diferentes formas para minha formação humana, profissional e acadêmica.

Que este trabalho represente não apenas o resultado de uma pesquisa, mas também a soma de todos os ensinamentos, incentivos e oportunidades que recebi ao longo da vida.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço à Deus, por me proporcionar essa oportunidade, por sua presença constante em minha vida, por me conceder saúde, sabedoria, discernimento e perseverança para enfrentar os desafios e concluir mais esta etapa da minha trajetória.

Aos meus pais, por todo amor, dedicação e apoio ao longo da vida. Sou profundamente grato pelos valores que me ensinaram, pelos exemplos de honestidade e trabalho e por acreditarem em mim mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Daniel de Almeida Decurcio, pela confiança depositada em mim, pela orientação segura, pelo incentivo constante e pelas valiosas contribuições para o desenvolvimento desta pesquisa. Sua dedicação à ciência e ao ensino constitui uma inspiração para minha formação acadêmica e profissional.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Julio Almeida Silva, pela disponibilidade, pelas importantes contribuições científicas, pelas sugestões enriquecedoras e pelo apoio durante a condução deste trabalho.

À equipe EndoScience, meu sincero agradecimento pela amizade, confiança e apoio durante a realização desta pesquisa. Em cada etapa deste trabalho encontrei profissionais comprometidos com a excelência, mas, acima de tudo, pessoas generosas, dispostas a compartilhar conhecimento e incentivar o crescimento daqueles que caminham ao seu lado. Levo comigo não apenas as contribuições técnicas fundamentais para este estudo, mas também o privilégio da convivência e dos aprendizados construídos ao longo dessa jornada. Meu profundo reconhecimento e gratidão a todos vocês.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Goiás, pelos conhecimentos compartilhados, pela excelência acadêmica e pela contribuição fundamental para minha formação como pesquisador.

Aos colegas de pós-graduação, pela convivência, pelas trocas de experiências, pelas discussões científicas e pelo apoio mútuo ao longo desta jornada.

Aos alunos, que diariamente renovam minha motivação para estudar, pesquisar e ensinar. A docência representa uma das maiores fontes de aprendizado da minha vida profissional e tem papel fundamental na construção deste trabalho.

Aos meus pacientes, pela confiança depositada em meu trabalho. São eles que me lembram diariamente da responsabilidade de buscar conhecimento científico e

aprimoramento contínuo para oferecer uma Odontologia cada vez mais segura e baseada em evidências.

Aos servidores técnico-administrativos da Universidade Federal de Goiás, meu sincero reconhecimento e gratidão. O trabalho dedicado e comprometido de cada um é essencial para o funcionamento da universidade e para que atividades de ensino, pesquisa e extensão possam ser desenvolvidas com excelência.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta dissertação. Esta conquista é resultado não apenas do esforço individual, mas também do apoio, incentivo e colaboração de muitas pessoas que fizeram parte desta caminhada.

Resumo

Objetivo: Avaliar o risco de perfuração radicular em dentes anteriores superiores submetidos ao planejamento digital para Endodontia Guiada, baseado na espessura dentinária remanescente e nos parâmetros de desvio de brocas reportados na literatura. **Material e método:** Este estudo utilizou imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) de 72 dentes anteriores superiores humanos, distribuídos em três grupos: 24 incisivos centrais superiores (ICS), 24 incisivos laterais superiores (ILS) e 24 caninos superiores (CS). As imagens foram importadas para o software de planejamento digital, Blue Sky Plan®, no qual foi realizado o planejamento virtual da Endodontia Guiada com simulação do posicionamento da broca em direção ao canal radicular. A espessura dentinária remanescente foi mensurada nos terços cervical, médio e apical de cada dente, considerando a menor distância entre o trajeto virtual da broca e a superfície externa radicular. Os valores obtidos foram analisados em associação aos parâmetros de desvio de brocas descritos na literatura para Endodontia Guiada, a fim de avaliar o risco de perfuração radicular para dentes anteriores superiores, sendo consideradas de alto risco as espessuras mínimas de estrutura dentária inferiores a 0,5 mm; risco moderado, os valores entre 0,5 e 1,0 mm; e baixo risco, os valores superiores a 1,0 mm. **Resultados:** Observou-se redução progressiva da espessura dentinária remanescente no sentido cervical-apical em todos os grupos dentários avaliados, com diferenças estatisticamente significativas entre os terços radiculares ($p < 0,05$). Os incisivos laterais superiores apresentaram as menores espessuras dentinárias remanescentes, especialmente no terço apical. **Conclusão:** De acordo com a classificação de risco, os incisivos centrais superiores, incisivos laterais superiores e caninos superiores foram predominantemente classificados como de baixo risco nos terços cervical e médio e de risco moderado no terço apical. Nenhum dos dentes avaliados foi classificado como de alto risco para perfuração radicular.

Palavras-chave: Preparo de canal radicular; Endodontia; Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.

Abstract

Objective: To evaluate the risk of root perforation in maxillary anterior teeth subjected to digital planning for guided endodontics, based on the remaining dentin thickness and the drill deviation parameters reported in the literature. **Materials and Methods:** This study used cone-beam computed tomography (CBCT) images of 72 human maxillary anterior teeth distributed into three groups: 24 maxillary central incisors (MCI), 24 maxillary lateral incisors (MLI), and 24 maxillary canines (MC). The images were imported into the digital planning software Blue Sky Plan®, in which virtual guided endodontic planning was performed by simulating drill positioning toward the root canal. The remaining dentin thickness was measured at the cervical, middle, and apical thirds of each tooth, considering the shortest distance between the virtual drill path and the external root surface. The obtained values were analyzed in association with drill deviation parameters reported in the literature for guided endodontics to develop a root perforation risk classification for maxillary anterior teeth. High risk was defined as minimum dentin thickness values lower than 0.5 mm, moderate risk as values between 0.5 and 1.0 mm, and low risk as values greater than 1.0 mm. **Results:** A progressive reduction in remaining dentin thickness was observed from the cervical to the apical direction in all dental groups evaluated, with statistically significant differences among root thirds ($p < 0.05$). Maxillary lateral incisors exhibited the lowest remaining dentin thickness values, particularly in the apical third. **Conclusion:** According to the risk classification, maxillary central incisors, maxillary lateral incisors, and maxillary canines were predominantly classified as low risk in the cervical and middle thirds and moderate risk in the apical third. None of the evaluated teeth was classified as high risk for root perforation.

Keywords: Root Canal Preparation; Endodontics; Cone-Beam Computed Tomography.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

Figura 1: Seleção do template endodôntico para o planejamento virtual no software Blue Sky Plan®.	17
Figura 2: Criação do paciente no software Blue Sky Plan®.	17
Figura 3: Importação do arquivo .dicom do paciente.	18
Figura 4: Seleção da série DICOM pretendida.	18
Figura 5: Ajuste do volume para o planejamento endodôntico (delimitação pelas linhas amarelas).	19
Figura 6: Marcação dos pontos para definição da curva panorâmica.	20
Figura 7: Representação do Comprimento Real do Dente (CRD).	20
Figura 8: Representação da divisão da raiz em terços: cervical, médio e apical; na vista referente a um corte sagital.	21
Figura 9: Janela de personalização do implante.	21
Figura 10: Janela de personalização da anilha.	22
Figura 11: Representação do posicionamento da broca de acesso nos terços do dente. (A) Terço cervical. (B) Terço médio. (C) Terço apical.	23
Figura 12: Representação da medida da menor espessura entre a ponta da broca virtual e a superfície externa da raiz no terço cervical do elemento 21 do paciente número 22.	25
Figura 13: Representação da medida da menor espessura entre a ponta da broca virtual e a superfície externa da raiz no terço médio do elemento 21 do paciente número 22.	25
Figura 14: Representação da medida da menor espessura entre a ponta da broca virtual e a superfície externa da raiz no terço apical do elemento 21 do paciente número 22.	26
Tabela 1. Valores das diferenças absolutas dos desvios entre os planejamentos virtuais e os desgastes realizados na técnica de Endodontia Guiada em investigações prévias.	26
Tabela 2. Classificação de Risco de Perfurações Radiculares em procedimentos de Endodontia Guiada de acordo com a espessura mínima de estrutura dental verificada nos planejamentos virtuais.	27
Tabela 3. Espessura de cada terço radicular nos dentes anteriores superiores.	28
Tabela 4. Espessura de cada grupo dos dentes anteriores superiores.	29

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

® - Símbolo de marca registrada;

3D – Tridimensional;

CRD- Comprimento Real do Dente;

DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine (Comunicação de Imagens Digitais em Medicina);

mm - Milímetros;

PCO - Pulp canal obliteration (obliteração do canal pulpar);

RPM- Rotações por minuto;

STL- Standard Triangle Language;

TCFC - Tomografia computadorizada de feixe cônico;

UFG - Universidade Federal de Goiás;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1 SELEÇÃO DA AMOSTRA	17
3.2 PLANEJAMENTO DIGITAL PARA ENDODONTIA GUIADA	17
3.3 MEDIDA DA ESPESSURA MÍNIMA DE ESTRUTURA DENTÁRIA	25
3.4 CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DE PERFURAÇÃO RADICULAR EM ENDODONTIA GUIADA	26
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	28
4 RESULTADOS	29
5 DISCUSSÃO.....	32
6 CONCLUSÃO	38
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico tem como principal objetivo tratar ou prevenir a periodontite apical. Para que esse objetivo seja alcançado, a limpeza e a modelagem devem ser executadas de maneira adequada, promovendo a eliminação eficiente dos microrganismos do sistema de canais radiculares. Antes dessas etapas, é necessário preparar uma cavidade que permita o acesso direto aos canais radiculares. Em alguns pacientes, esse acesso é dificultado, como ocorre nos casos de obliteração do canal pulpar (ZEHNDER *et al.*, 2016).

A obliteração do canal pulpar (PCO) representa uma condição caracterizada pelo acúmulo de tecido mineralizado na câmara pulpar e/ou no sistema de canais radiculares, normalmente subsequente a lesões dentárias traumáticas (ANDREASEN; KAHLER, 2015). Outras causas incluem cárie, procedimentos restauradores profundos com capeamento pulpar, tratamento ortodôntico, pulpotomia e alterações fisiológicas em pacientes idosos com a deposição de dentina secundária ao longo da vida do indivíduo. Esse fenômeno resulta em uma redução significativa do espaço pulpar, observado nas imagens radiográficas, bem como em uma pronunciada descoloração amarela da coroa clínica.

A realização de tratamento endodôntico em dentes com obliteração do canal pulpar que permaneçam assintomáticos não é indicada de forma preventiva. A intervenção endodôntica deve ser considerada apenas quando houver evidências clínicas ou radiográficas que justifiquem o tratamento, como a presença de sintomas e/ou sinais compatíveis com necrose pulpar ou alterações periapicais detectadas por exames de imagem (CONNERT *et al.*, 2025). Cerca de 75% dos dentes acometidos pela PCO permanecem assintomáticos, e apenas 7 a 27% evoluem para necrose pulpar. Quando o tratamento se torna necessário, a acentuada redução do espaço pulpar impõe desafios consideráveis ao diagnóstico e à intervenção terapêutica (MORENO-RABIÉ *et al.*, 2020; MCCABE; DUMMER, 2012).

A dificuldade na identificação e no acesso a esses canais calcificados torna essas tarefas complexas, demandando mais tempo para sua execução, acompanhadas por uma elevada probabilidade de falhas durante o procedimento, incluindo a perfuração radicular, desgaste dentário excessivo e fratura de instrumentos (MCCABE; DUMMER, 2012). Essa complexidade justifica a

classificação dos dentes com PCO como casos de elevada dificuldade clínica pela Associação Americana de Endodontistas (TAVARES *et al.*, 2022).

Acidentes intraoperatórios são fatores de risco associados ao fracasso do tratamento endodôntico. Entre eles, as perfurações radiculares representam um dos desafios mais complexos para o endodontista, podendo comprometer o prognóstico do dente. Essas ocorrências podem desencadear resposta inflamatória, com consequente destruição dos tecidos periodontais e do osso alveolar. Portanto, a prevenção de perfurações radiculares durante os procedimentos endodônticos é fundamental para o sucesso do tratamento (ESTRELA *et al.*, 2018).

Em um estudo conduzido por Li *et al.* (2025), os preparos realizados pela técnica convencional, técnica à mão livre, apresentaram desvios significativamente maiores quando comparados à Endodontia Guiada Estática. Esses desvios aumentam o risco de desgaste excessivo de dentina, perda desnecessária de estrutura dentária sadia, desvios do trajeto original do canal e perfurações radiculares, especialmente em dentes com calcificações severas. Apesar da precisão da Endodontia Guiada, observaram desvio médio de 0,14 mm no ponto coronário, 0,35 mm no ponto apical e desvio angular de 1,75° em acessos realizados por meio de guias estáticas, mostrando que a trajetória executada pela broca nem sempre corresponde exatamente ao planejamento digital. Dessa forma, a segurança do procedimento depende não apenas da precisão da guia, mas também da quantidade de estrutura dentária remanescente ao redor da trajetória planejada, uma vez que pequenos desvios podem reduzir significativamente a espessura dentinária residual e aumentar o risco de perfuração radicular, especialmente em dentes com raízes estreitas.

O tratamento endodôntico convencional em dentes que apresentam calcificação, mesmo com a utilização de ferramentas, como o equipamento de ultrassom, aliado a microscopia operatória, pode apresentar uma taxa de insucesso que varia de 20 a 70% a depender da experiência profissional (YANG *et al.*, 2016). A utilização de exames de imagem tridimensional (3D) na Odontologia tem mostrado ser uma ferramenta extremamente útil e necessária para a execução de intervenções odontológicas mais seguras. Com isso, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), exame de imagem 3D, vem sendo indicada em diversas etapas do tratamento odontológico como: diagnóstico, planejamento e execução (BUENO *et al.*, 2018).

Esse exame de imagem tem sofrido grandes avanços ao longo dos anos. O desenvolvimento do software e-Vol DX (CDT Software, São José dos Campos, SP,

Brasil) para a visualização e manipulação dessas imagens, permitiu o aprimoramento da qualidade dessas imagens, com sua ampla gama de filtros, e como consequência, uma maior acurácia no diagnóstico e planejamento (BUENO *et al.*, 2018). Além disso, o desenvolvimento de outros softwares, como os softwares de planejamento, permitiu por exemplo, planejar virtualmente as etapas clínicas do tratamento, avaliando ou prevendo possíveis erros. Com a possibilidade da reprodução fiel da anatomia interna por meio desses exames de imagem, associados ao planejamento digital e as tecnologias já existentes como o escaneamento e a impressão 3D na Odontologia digital, novas ferramentas foram desenvolvidas para a abordagem desses casos considerados mais complexos (DECURCIO *et al.*, 2021).

A Endodontia Guiada tem sido considerada uma solução alternativa para casos de calcificação pulpar, permitindo o acesso aos canais radiculares de forma guiada, segura e conservadora (TAVARES *et al.*, 2022). Originalmente desenvolvida e amplamente consolidada na Implantodontia, essa abordagem clínica foi adaptada à Endodontia (KRASTL *et al.*, 2016). O fluxo digital da Endodontia Guiada segue sequência semelhante à utilizada na Implantodontia guiada: a sobreposição de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), arquivo DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), com o escaneamento intraoral digital 3D, arquivo STL (Standard Triangle Language), no software de planejamento digital, onde é realizado o planejamento do posicionamento da broca, e em seguida uma guia em resina é impressa, sendo ela responsável pelo direcionamento mecânico da broca (DECURCIO *et al.*, 2021).

O acesso endodôntico com o auxílio da guia endodôntica pode preservar estrutura dentária e prevenir acidentes como desvios e perfurações em casos complexos como o de canais calcificados, permitindo melhor prognóstico a longo prazo, uma vez que erros durante o procedimento podem impactar negativamente o sucesso do tratamento endodôntico. Além disso, a técnica permite uma redução no tempo de cadeira, a eliminação de microscópio operatório e a execução do procedimento por profissionais menos experientes (TAVARES *et al.*, 2022).

Torres *et al.* (2025), em estudo clínico controlado, compararam os desfechos da Endodontia Guiada e da técnica convencional à mão livre em dentes com obliteração do canal pulpar. A abordagem guiada apresentou maior taxa de localização dos canais radiculares e menor ocorrência de falhas técnicas do que o acesso convencional. Não foram observadas perfurações no grupo tratado com

Endodontia Guiada, enquanto o grupo submetido à técnica à mão livre apresentou casos de perfuração radicular, o que evidencia a maior segurança e previsibilidade da abordagem guiada.

Apesar dos benefícios, a Endodontia Guiada apresenta limitações. A técnica restringe-se à parte reta do canal radicular, uma vez que a broca é rígida e não permite deformação. Os pacientes que apresentarem abertura bucal reduzida podem ter a técnica contraindicada (LARA-MENDES *et al.*, 2018), além disso, as espessuras das raízes também devem ser levadas em consideração, em função das dimensões das brocas utilizadas, usualmente brocas de 1,3 mm de diâmetro, que foram originalmente desenvolvidas para a área da Implantodontia (KRASTL *et al.*, 2016). A utilização de instrumentos inadequados para raízes de reduzido calibre constitui um fator relevante de risco durante o tratamento endodôntico. O desgaste da estrutura dentinária foi diretamente influenciado pelas características geométricas e pelo diâmetro da broca empregada (PIRES *et al.*, 2023).

Nesse contexto, Bordone & Cauvrechel (2020), ao relatarem diferentes abordagens de Endodontia Guiada para o tratamento de canais obliterados, destacaram que a seleção de instrumentos com menores dimensões permite a execução de trajetórias mais conservadoras, com elevada precisão, minimizando a remoção desnecessária de tecido dentário e reduzindo o risco de enfraquecimento radicular e ou perfurações, principalmente nos casos com limitações anatômicas.

Ambu *et al.* (2023) avaliaram a precisão da Endodontia Guiada em dentes anteriores com canais obliterados, classificando a trajetória da broca como ótima, quando mantida no centro do canal e aceitável, quando apresentava desvio periférico ou tangencial. Apesar da extensão apical da calcificação aumentar significativamente a probabilidade de descentralização da broca, nenhum caso de perfuração ou outro erro iatrogênico foi observado. Esses resultados demonstram que a Endodontia Guiada apresenta elevado nível de segurança clínica, embora a ocorrência de desvios da trajetória planejada reforce a importância da avaliação prévia da espessura dentinária remanescente, especialmente em situações anatômicas mais complexas.

A preservação da estrutura dentária constitui uma das principais vantagens atribuídas à Endodontia Guiada. Entretanto, a quantificação do volume de tecido removido durante o planejamento não permite estimar diretamente a espessura dentinária remanescente nas paredes radiculares, parâmetro diretamente relacionado

ao risco de perfuração associado ao procedimento.

Diante dessa lacuna, Bernardino (2024) propôs uma classificação de risco de perfuração radicular no planejamento endodôntico guiado e verificou que incisivos inferiores apresentaram elevado risco de perfuração quando submetidos a procedimentos de desgaste guiado até o terço apical. Esses achados evidenciam a necessidade de investigar esse parâmetro em outros grupos dentários, uma vez que variações anatômicas radiculares podem influenciar significativamente a espessura dentinária remanescente após o planejamento digital. Nesse contexto, o presente estudo dá continuidade a essa linha de investigação ao avaliar a espessura dentinária remanescente e o risco de perfuração radicular em dentes anteriores superiores submetidos ao planejamento para Endodontia Guiada, fornecendo subsídios para a tomada de decisão clínica e para a análise da relação risco-benefício dessa técnica conforme o grupo dental.

Com base nesses achados, formulou-se a hipótese de que os dentes anteriores superiores apresentam redução progressiva da espessura dentinária remanescente no sentido cervical-apical nos planejamentos digitais para Endodontia Guiada e que, no terço apical, essa espessura se aproxima do diâmetro dos desvios de broca descritos na literatura, elevando o risco de perfuração radicular, de modo mais acentuado nos incisivos laterais superiores, por apresentarem as raízes de menor diâmetro nesse grupo dental.

2 OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivo principal avaliar o risco de perfuração radicular em dentes anteriores superiores, em planejamentos digitais para Endodontia Guiada.

2.1 Objetivos específicos

- a) Determinar a mínima espessura dentinária, em milímetros, entre a ponta da broca virtual de desgaste e a superfície externa radicular, nos planejamentos digitais de Endodontia Guiada em dentes anteriores superiores
- b) Comparar a mínima espessura dentinária entre cada terço radicular, nos planejamentos digitais de Endodontia Guiada em dentes anteriores superiores.
- c) Comparar essa mínima espessura dentinária entre os dentes anteriores superiores nos planejamentos de Endodontia Guiada.
- d) Aplicar a classificação de risco de perfuração radicular em planejamentos digitais de Endodontia Guiada em dentes anteriores superiores.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Seleção da amostra

Após a submissão e aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFG (CAAE 57359422.3.0000.5083, Parecer n.5.373.063) (Anexo 1), foram coletadas tomografias computadorizadas de feixe cônico de pacientes do banco de dados da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás (UFG). Foram selecionadas 23 tomografias desse banco de dados, com base nos seguintes critérios de inclusão: tomografias passíveis de análise, com boa qualidade, voxel 0,125mm, campo de visão 8x8 (máximo), testadas e abertas no programa de planejamento Blue Sky Plan®, sem nenhum erro, maiores de 18 anos e que possuíam dentes anteriores com rizogênese completa. Os critérios de exclusão foram: pacientes desdentados completo, com tratamento endodôntico, artefato metálico e/ou fratura radicular em um dos dentes anteriores.

O tamanho da amostra foi determinado através de cálculo amostral com base no projeto piloto realizado, utilizando o teste estatístico ANOVA para medidas repetidas (repeated measures ANOVA), com interação entre os fatores intra e intergrupos (within-between interaction). O programa utilizado foi o *G*Power*® versão 3.1.9.7, considerando uma diferença mínima detectável de 0,2, um erro alfa de 5% e poder estatístico de 90%, foi determinado o número mínimo de 23 espécimes por grupo dentário. Acrescentou-se 1 espécime por grupo para compensar possíveis perdas, totalizando 24 espécimes por grupo dentário.

3.2 Planejamento digital para Endodontia Guiada

O software utilizado para os planejamentos digitais dos acessos endodônticos nos dentes anteriores superiores, por meio da técnica de Endodontia Guiada, foi o Blue Sky Plan® versão 5.0 (BlueSkyBio LLC, Libertyville, Illinois, United States). Ao abrir o software, a primeira etapa foi optar por um projeto endodôntico (Figura 1). Na sequência criou-se o paciente, com o preenchimento dos respectivos dados (Figura 2), importou-se o arquivo .dicom (CT scan) de cada paciente (Figura 3), selecionou-se a série DICOM encontrada (Figura 4) e ajustou-se o volume/área da imagem a ser analisada (Figura 5).

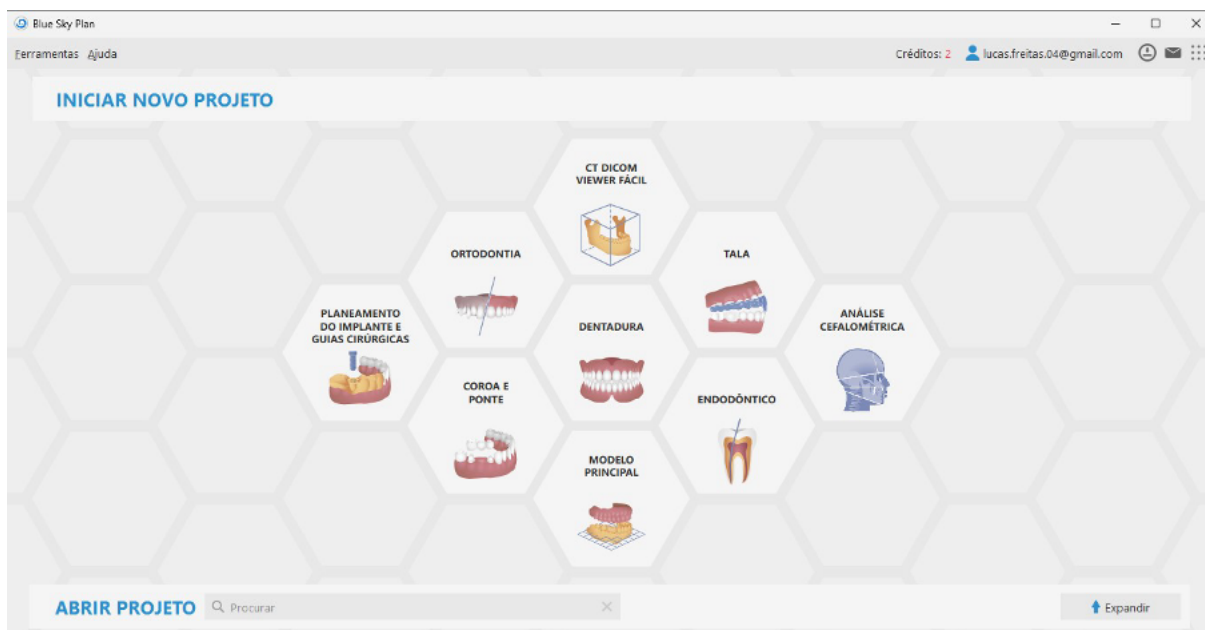


Figura 1: Seleção do template endodôntico para o planejamento virtual no software Blue Sky Plan®.

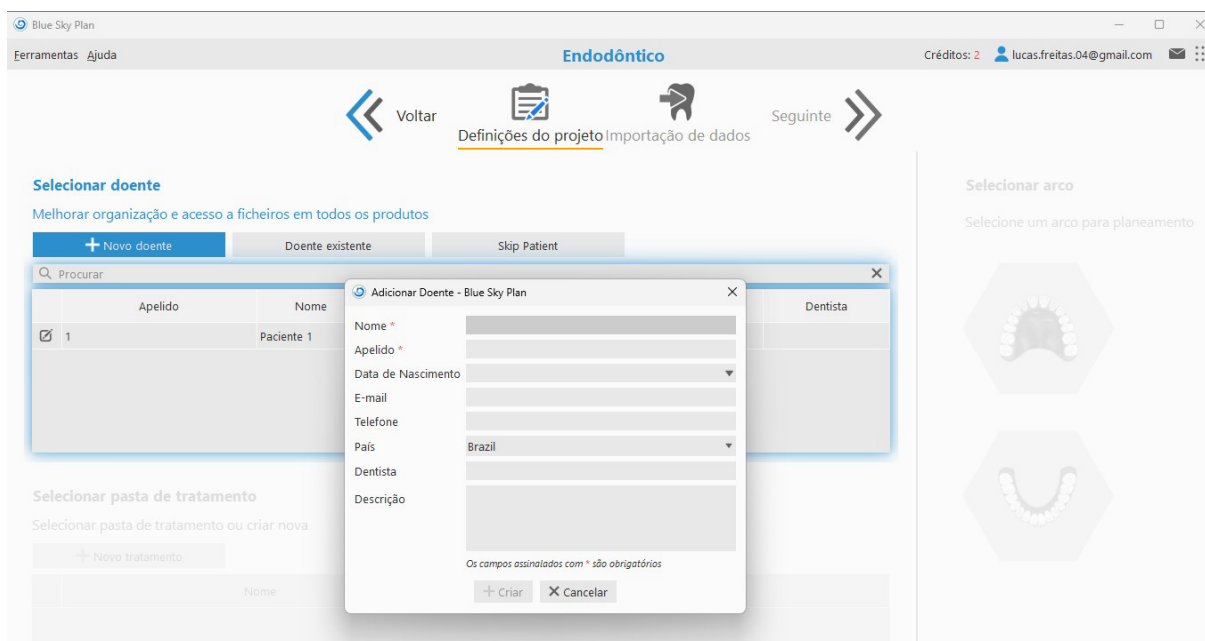


Figura 2: Criação do paciente no software Blue Sky Plan®.

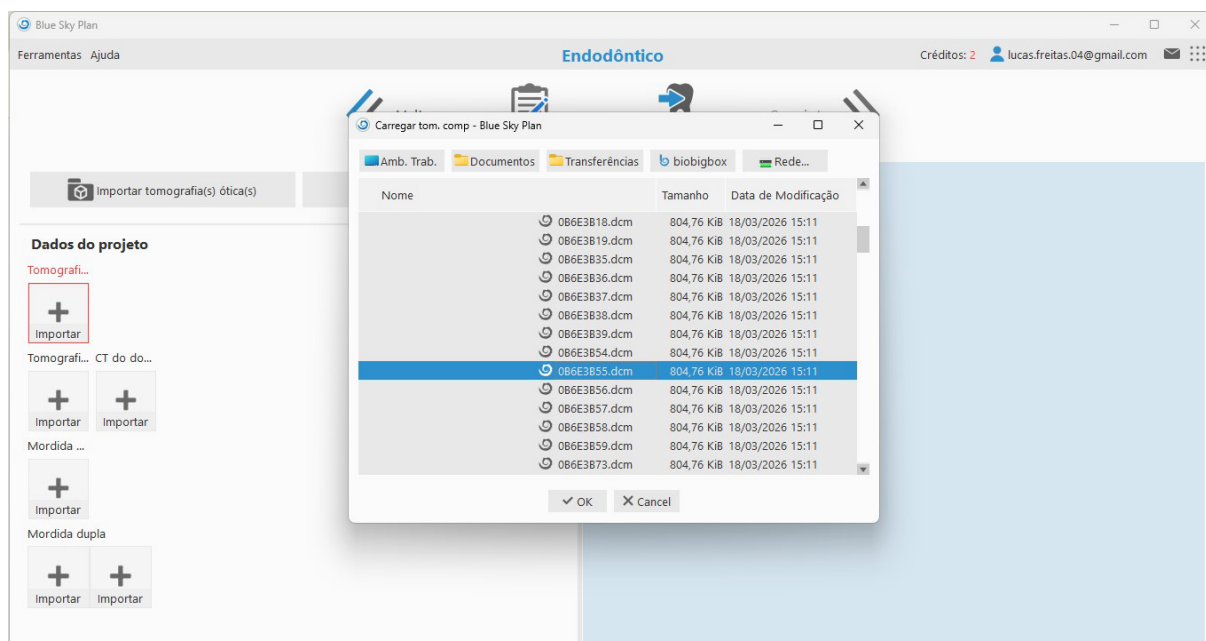


Figura 3: Importação do arquivo .dicom do paciente.

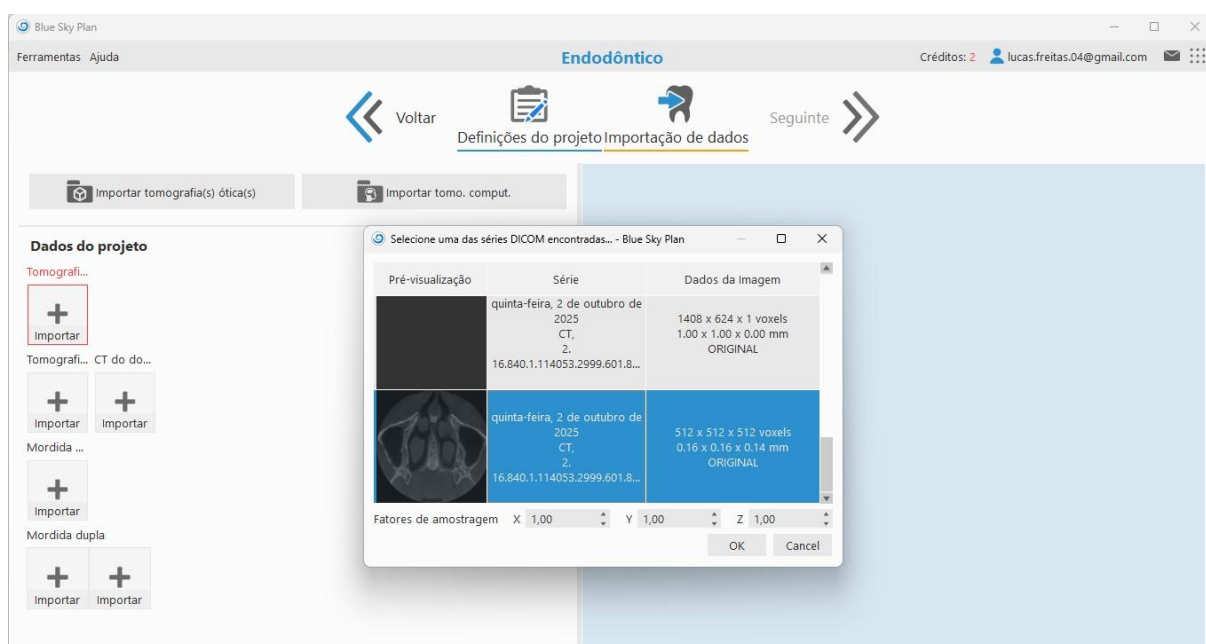


Figura 4: Seleção da série DICOM pretendida.

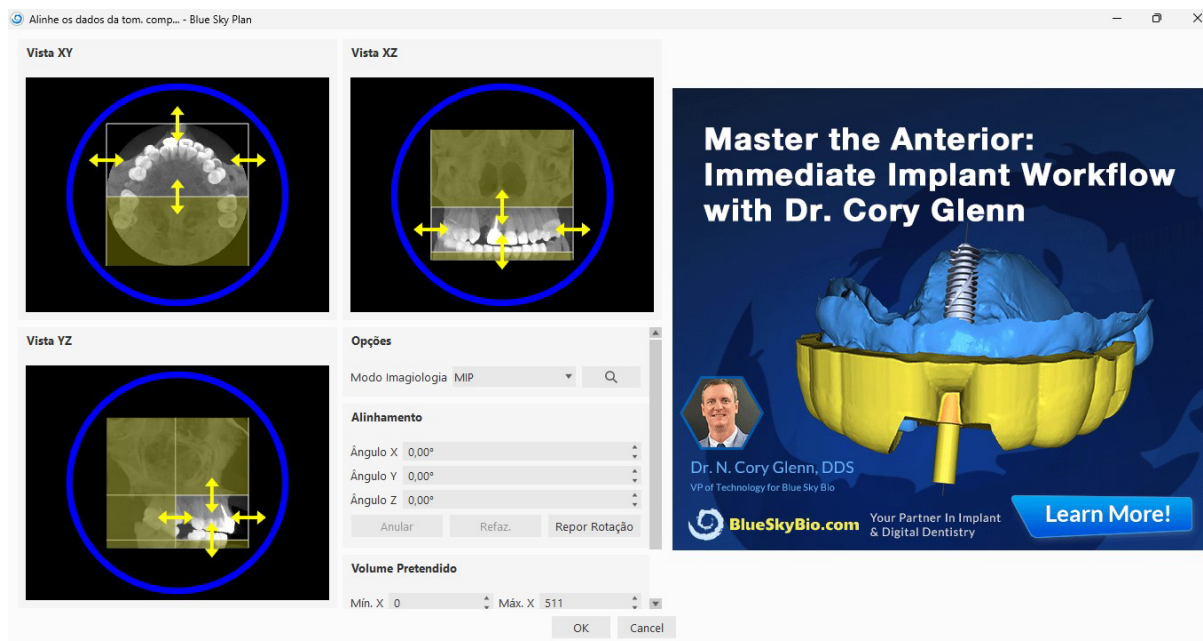


Figura 5: Ajuste do volume para o planejamento endodôntico (delimitação pelas linhas amarelas).

Com o exame aberto, realizou-se a marcação de pontos no centro das incisais/oclusais dos dentes para a definição da curva panorâmica (Figura 6). Mediu-se o comprimento real do dente (CRD) em um corte sagital que representasse o maior comprimento do dente (Figura 7) e dividiu-se a raiz em terços: cervical, médio e apical na vista sagital. Definiu-se o início da raiz como a região da junção cimento-esmalte mais apical e o final o vértice apical do dente. Considerou-se o terço cervical: 1 mm após a junção cimento-esmalte, o terço médio: metade da distância entre a junção cimento-esmalte e o vértice apical e o terço apical: 1 mm aquém do vértice apical (Figura 8).

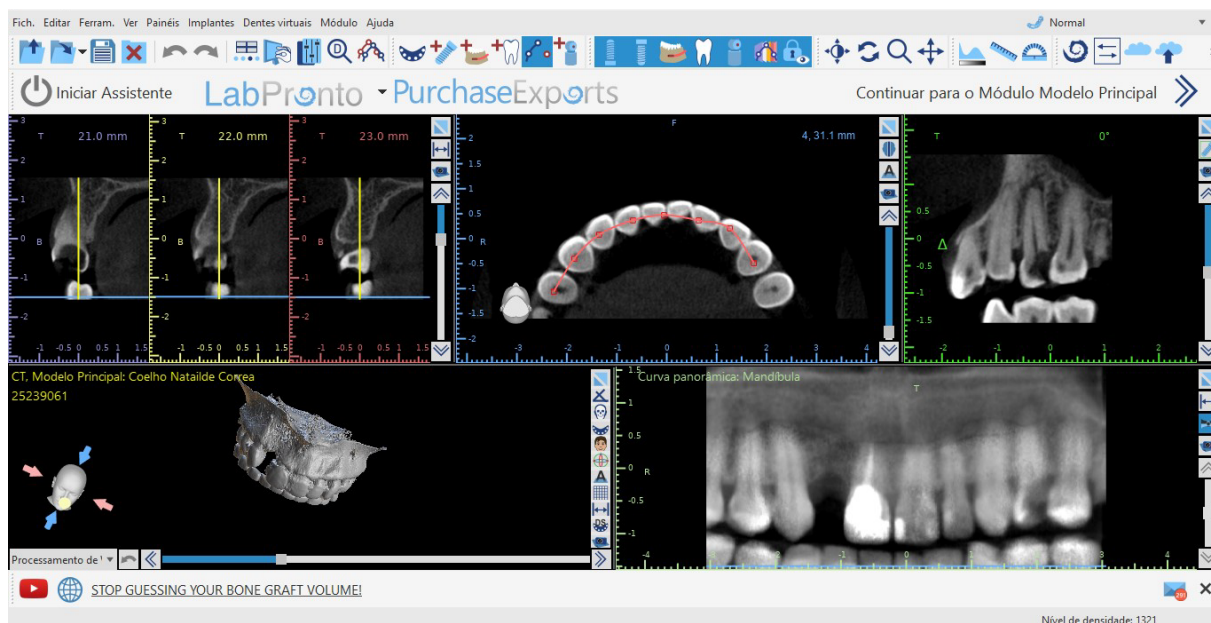


Figura 6: Marcação dos pontos para definição da curva panorâmica.

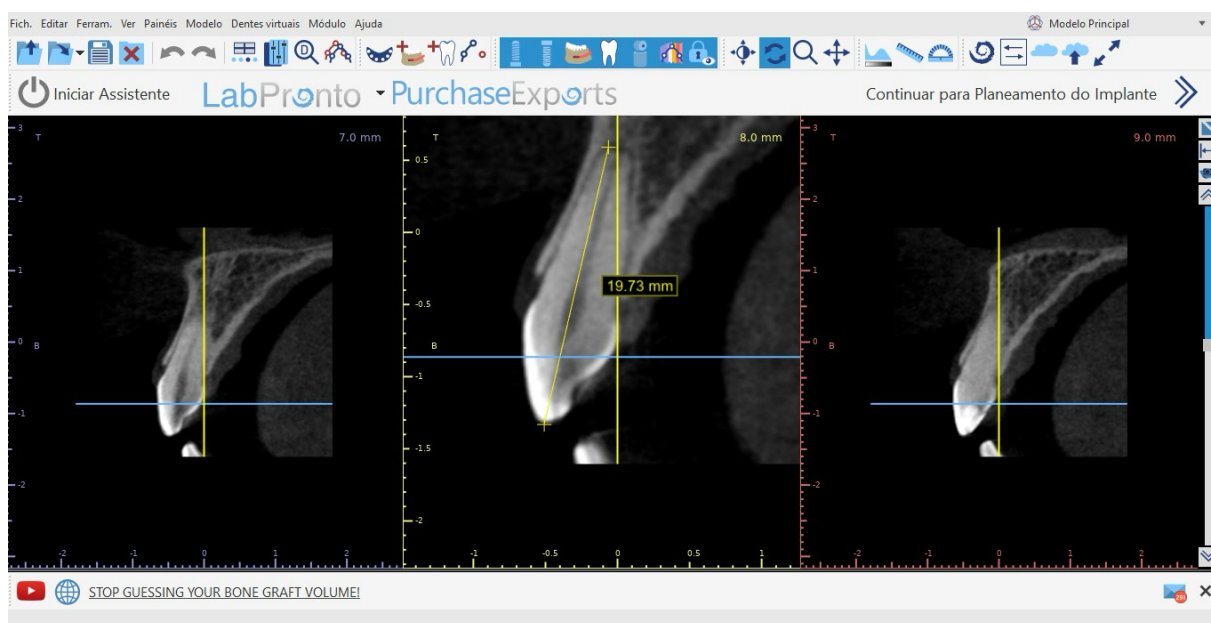


Figura 7: Representação do Comprimento Real do Dente (CRD).

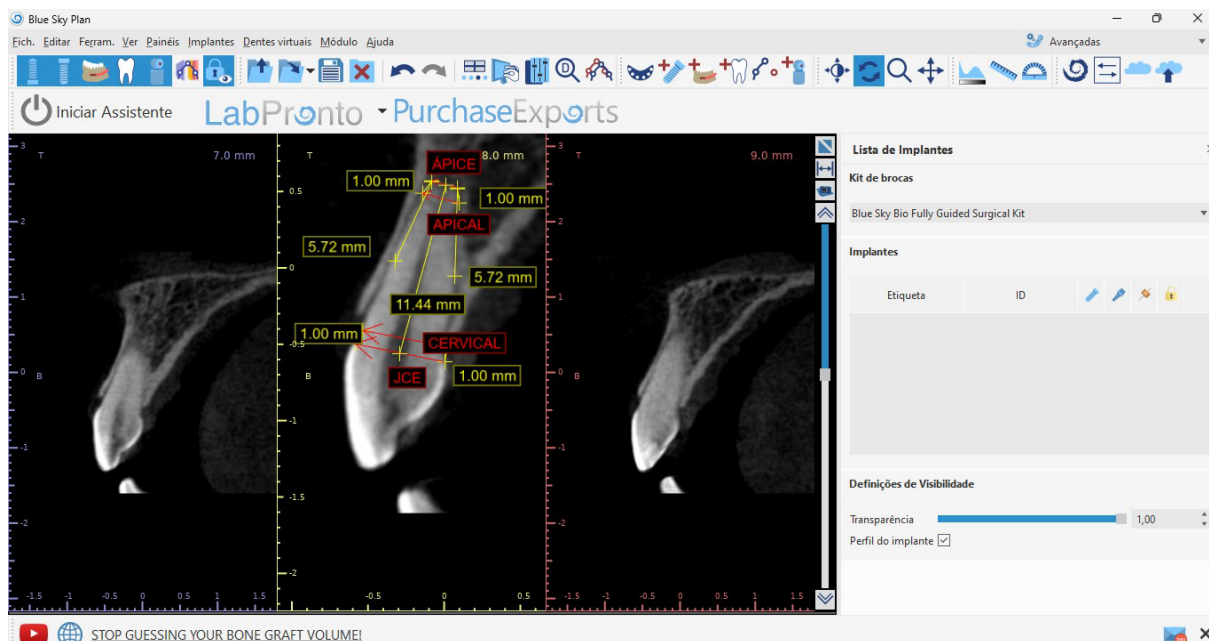


Figura 8: Representação da divisão da raiz em terços: cervical, médio e apical; na vista referente a um corte sagital.

Com isso, deu-se início a etapa do planejamento do trajeto da broca. Adicionou-se uma broca de desgaste no template de planejamento endodôntico com dimensões personalizadas na ferramenta de personalização, com comprimento de 20 mm, diâmetro apical de 1,3 mm e diâmetro oclusal de 1,3 mm – dimensões compatíveis com as brocas utilizadas nos acessos endodônticos guiados (Neodent SA, Curitiba, Brasil) (Figura 9). O desenho da anilha também foi personalizado com diâmetro do orifício de 2,5 mm, a altura de 7,5 mm e um desvio de 0 mm; dimensões compatíveis com as anilhas utilizadas nas guias endodônticas (Neodent SA, Curitiba, Brasil) (Figura 10).

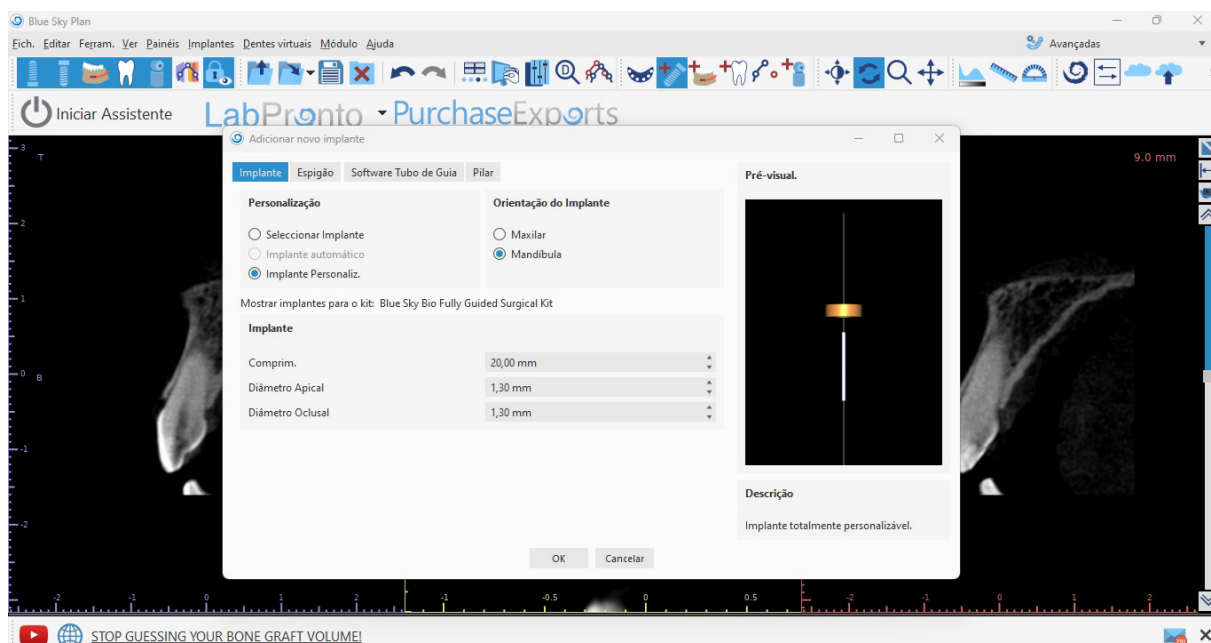


Figura 9: Janela de personalização do implante.

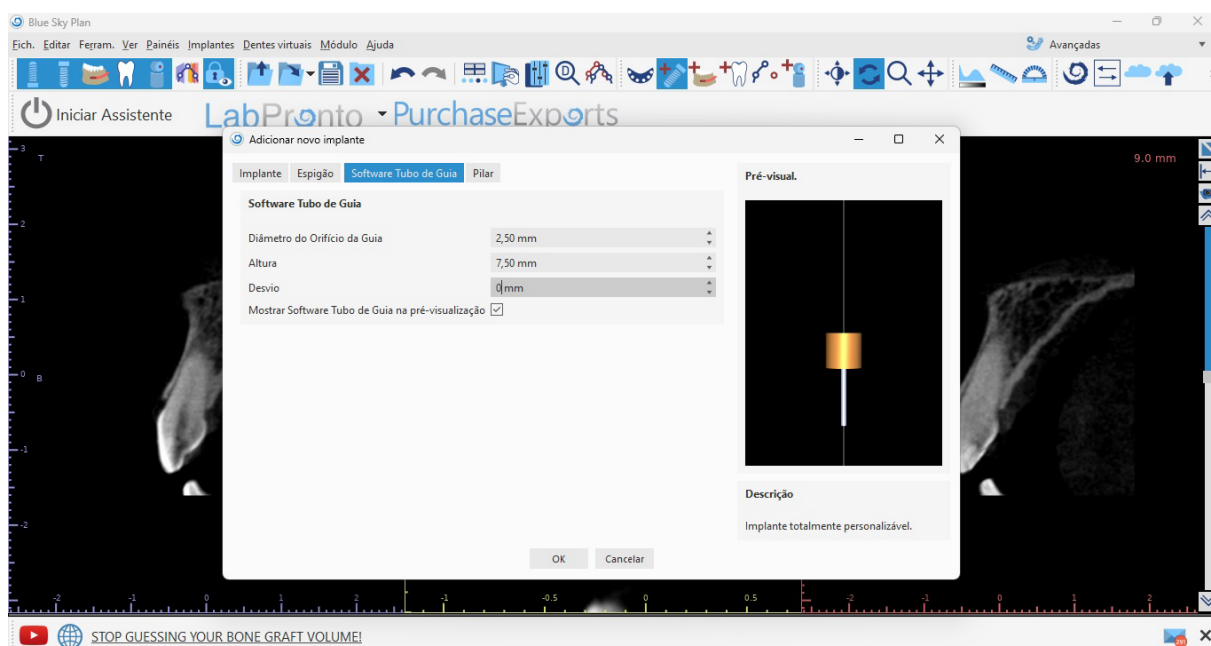


Figura 10: Janela de personalização da anilha.

Foi realizado um planejamento para cada dente anterior superior de forma individualizada. O planejamento do trajeto e da posição a serem atingidos pela broca de acesso foi realizado para cada terço radicular, em cada dente (Figura 11).

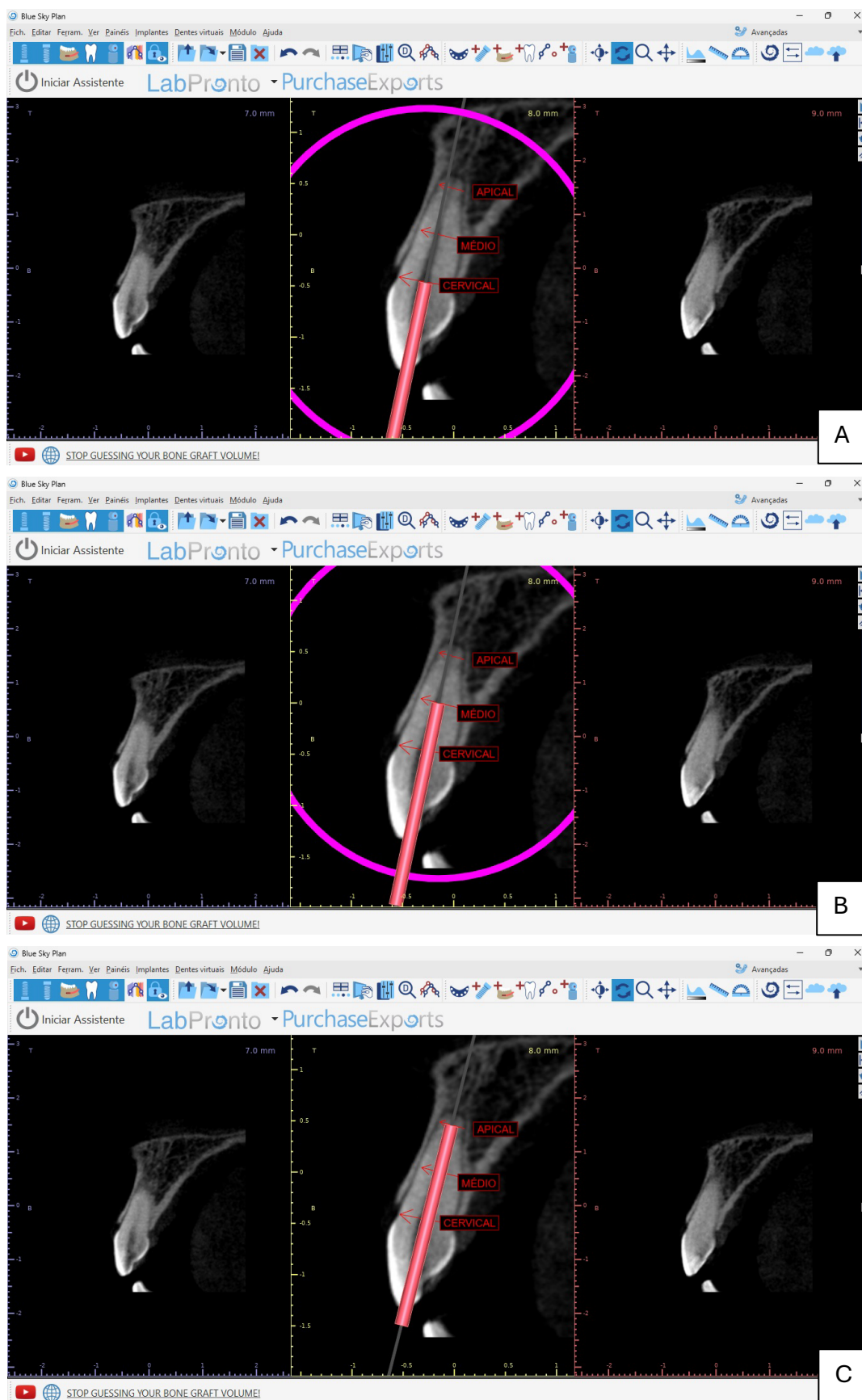


Figura 11: Representação do posicionamento da broca de acesso nos terços do dente. (A) Terço cervical. (B) Terço médio. (C) Terço apical.

Para cada dente anterior superior e em cada terço radicular, foi realizado um planejamento digital individualizado. Como forma de padronização, a broca virtual foi posicionada em orientação predominantemente vertical, no sentido coronoapical, com seu eixo longitudinal ajustado de modo a tender ao paralelismo com o longo eixo do dente. Simultaneamente, buscou-se manter a broca centralizada em relação ao trajeto do canal radicular. Esse padrão de posicionamento foi mantido nos planejamentos correspondentes aos terços cervical, médio e apical. O alinhamento e a centralização da broca virtual foram verificados por meio da navegação dinâmica em 360°, considerando todos os planos longitudinais disponíveis no software.

3.3 Medida da espessura mínima de estrutura dentária

Após o planejamento digital com a definição do posicionamento da broca virtual, na navegação dinâmica, era definida a região de menor espessura de estrutura dentária entre o extremo da broca virtual e o limite externo da raiz dental em cada terço. As medidas lineares em milímetros foram realizadas com ferramentas de mensuração do próprio software Blue Sky Plan®, com precisão de 2 casas decimais (Figura 12-14).

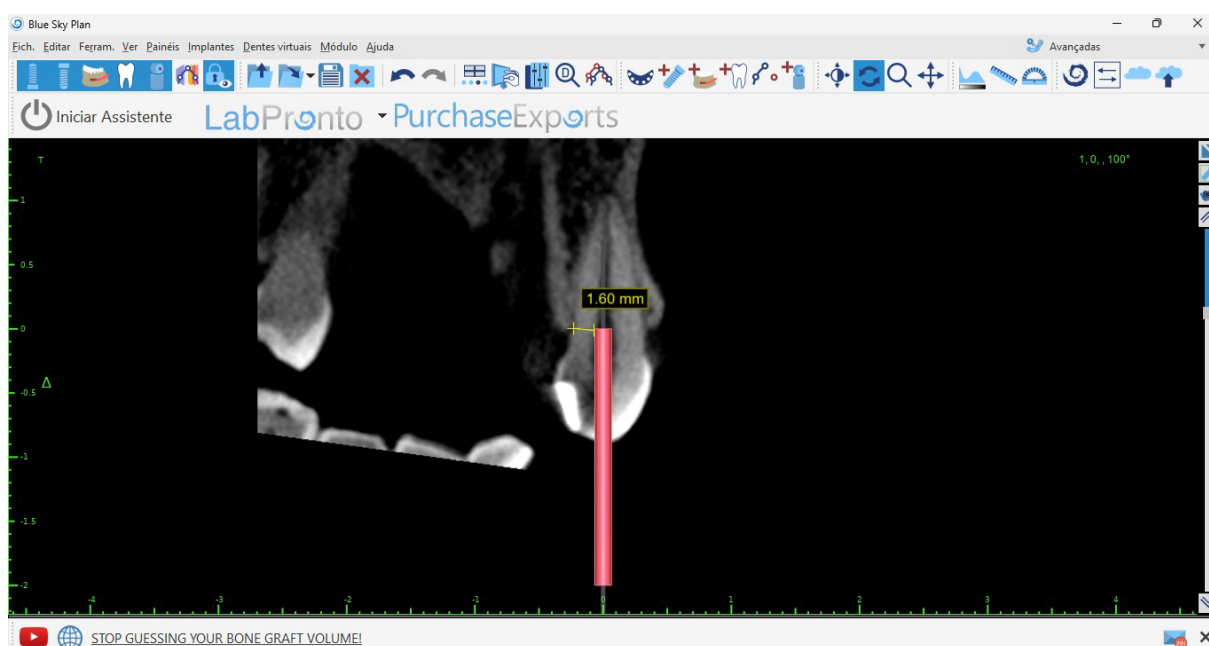


Figura 12: Representação da medida da menor espessura entre a ponta da broca virtual e a superfície externa da raiz no terço cervical do elemento 21 do paciente número 22.

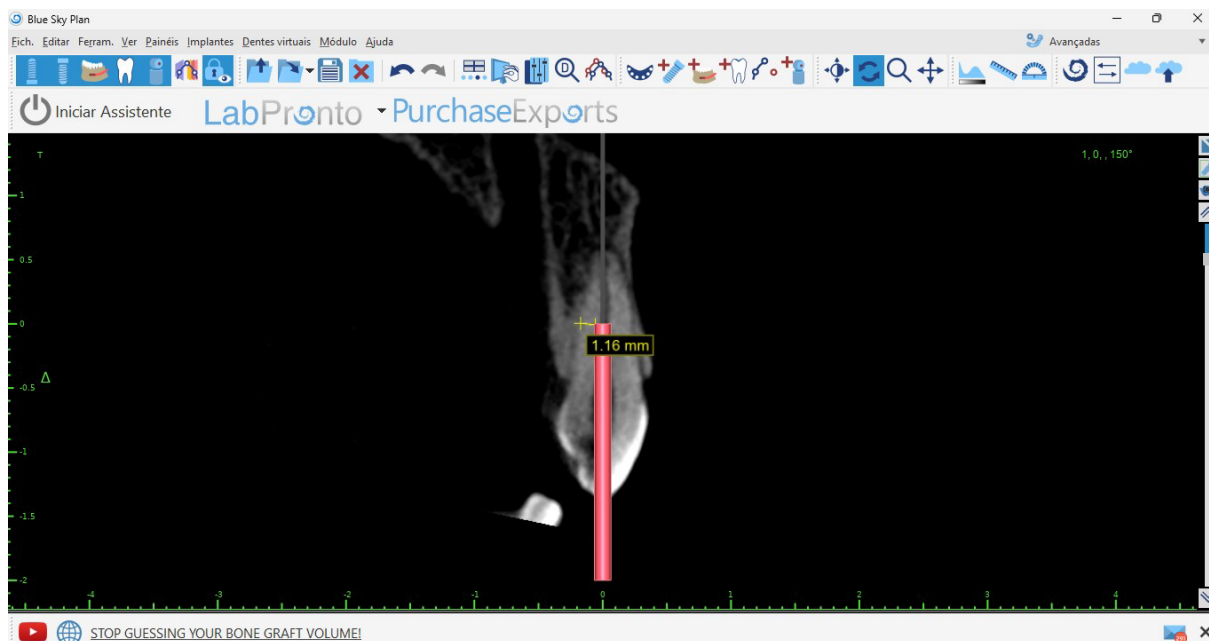


Figura 13: Representação da medida da menor espessura entre a ponta da broca virtual e a superfície externa da raiz no terço médio do elemento 21 do paciente número 22.

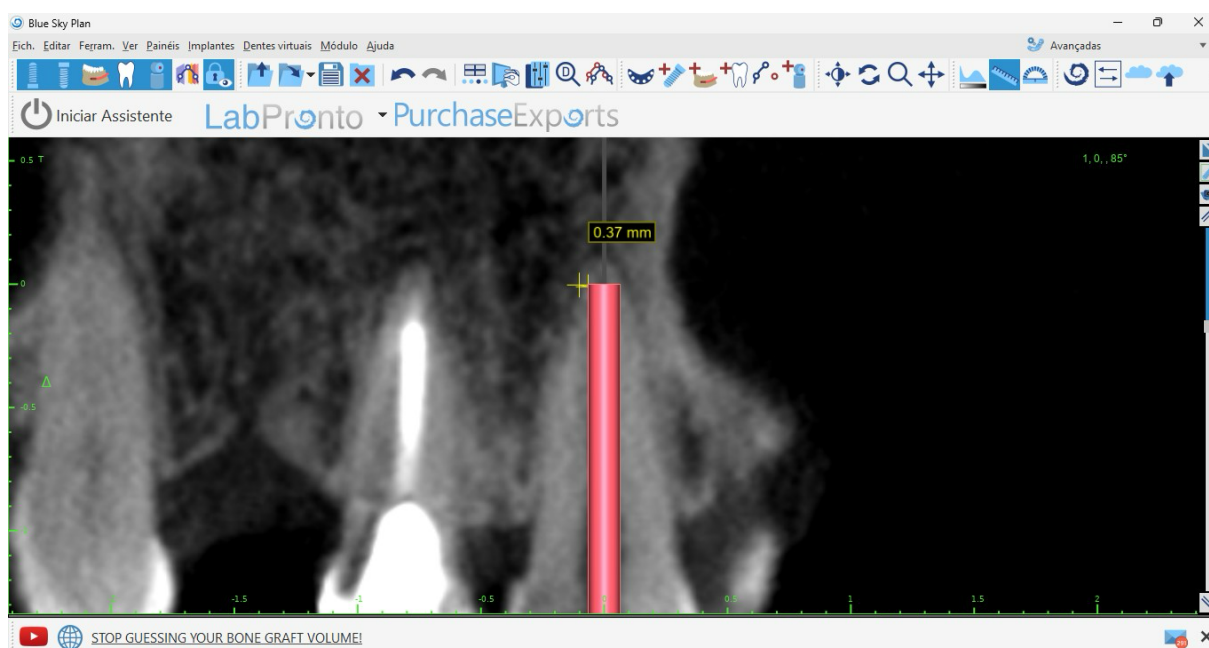


Figura 14: Representação da medida da menor espessura entre a ponta da broca virtual e a superfície externa da raiz no terço apical do elemento 21 do paciente número 22.

3.4 Classificação de Risco de Perfuração Radicular em Endodontia Guiada

Estudos realizados anteriormente investigaram os desvios no trajeto da broca durante o acesso endodôntico com a Endodontia Guiada. Os desvios foram

representados pelos valores da diferença absoluta entre os planejamentos virtuais e os desgastes realizados na técnica guiada. (Tabela 1) (BUCHGREITZ *et al.*, 2016; ZEHNDER *et al.*, 2016; CONNERT *et al.*, 2017; SU *et al.*, 2021; CHAVES *et al.*, 2023).

Tabela 1. Valores das diferenças absolutas dos desvios entre os planejamentos virtuais e os desgastes realizados na técnica de Endodontia Guiada em investigações prévias.

Estudos de Referência	Média de Desvio (N)	Desvio Mínimo	Desvio Máximo	Software de Planejamento	Broca de desgaste
Buchgreitz (2016)	0,46 mm (38)	-	-	SICAT optiguide (Bonn, Germany)	1,2 mm (Busch, Engel-skirchen, Germany)
Zehnder (2016)	0,47 mm (60)	0,0 mm	1,59 mm	coDiagnostiX v.9.2 (Dental Wings Inc., Montreal, Canada)	1,5 mm (Straumann, Basel, Switzerland)
Connert (2017)	0,34 mm (60)	0,0 mm	1,26 mm	coDiagnostiX v.9.2 (Dental Wings Inc., Montreal, Canada)	0,85 mm (Gebr. Brasseler GmbH & Co KG, Lemgo, Germany)
Su (2021)	0,46 mm (84)	0,0 mm	1,60 mm	Implant Planning (Inteware, Chiayi, Taiwan)	0,5-1,0 mm (Hager & Meisinger GmbH, Neuss, Germany)
Chaves (2023)	0,55 mm (15)	0,0 mm	1,20 mm	coDiagnostiX v.10.5 (Dental Wings Inc., Montreal, Canada)	1,3 mm (Guided Surgery Drill, Neodent, Brazil)

A partir desses desvios, Bernardino (2024) propôs uma classificação de risco de perfuração radicular para a Endodontia Guiada, adotada no presente estudo. Nessa classificação, os resultados médios de desvios foram utilizados como parâmetro para a determinação dos escores de risco de perfuração radicular. Considerando que os estudos prévios experimentais de Endodontia Guiada demonstraram desvios médios entre aproximadamente 0,34 mm e 0,55 mm, com ocorrência de desvios máximos superiores a 1 mm (Tabela 1) assumiu-se que a relação entre a espessura dentinária remanescente e a magnitude desses desvios representa um parâmetro para estimativa do risco de perfuração radicular. Dessa forma, espessuras dentinárias inferiores a 0,5 mm foram consideradas de alto risco,

uma vez que se encontram dentro da faixa dos desvios médios reportados na literatura, tornando a perfuração potencialmente provável caso ocorra um desvio operacional esperado. Espessuras entre 0,5 mm e 1,0 mm foram classificadas como risco moderado, por demandarem desvios de maior magnitude para resultar em perfuração. Já espessuras superiores a 1,0 mm foram consideradas de baixo risco por apresentarem margem de segurança superior aos desvios médios observados na maioria dos estudos de Endodontia Guiada (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação de Risco de Perfurações Radiculares em procedimentos de Endodontia Guiada de acordo com a espessura mínima de estrutura dental verificada nos planejamentos virtuais.

Classificação de Risco de Perfuração Radicular em Endodontia Guiada	Alto Risco	Risco Moderado	Baixo Risco
Espessura mínima de Estrutura Dentinária	< 0,5 mm	0,5 a 1 mm	> 1 mm

3.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada por meio do software estatístico GNU PSPP (Versão 2.1.1). Foi realizado o teste *Shapiro-Wilk* para determinação da normalidade dos dados e as variáveis paramétricas foram expressas em média $\pm$ desvio padrão e as não paramétricas em mediana (intervalo interquartilico (25-75%)), bem como variáveis nominais foram expressas em frequência (porcentagem). Para a comparação entre os terços radiculares dos grupos de dentes foram utilizados o teste ANOVA de medidas repetidas com teste T e Friedman com Wilcoxon para variáveis paramétricas e não paramétricas, respectivamente, ambos com correção de Bonferroni. Para a comparação entre os grupos de dentes foi utilizado o teste ANOVA one-way com post hoc de Tukey e Kruskal Wallis com post hoc de Dunn, respectivamente, para variáveis paramétricas e não paramétricas. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS

Os pacientes do presente estudo foram em sua maioria do sexo feminino, 16 pacientes (70%), com idade entre 29 e 72 anos. Foram elegíveis e incluídos 72 dentes anteriores superiores, sendo 24 incisivos centrais (33,3%), 24 incisivos laterais (33,3%) e 24 caninos (33,3%).

Em relação ao grupo dos incisivos centrais, a média da espessura dentinária foi inferior a 1 mm apenas no terço apical, enquanto cervical e médio apresentaram valores superiores. Já para o grupo dos incisivos laterais, o terço cervical apresentou o maior valor, com média de 1,45 mm, enquanto o terço apical apresentou valores inferiores a 1 mm. Para o grupo dos caninos apenas a região apical apresentou valores menores que 1 mm e a região cervical também atingiu maior valor com média de 1,72 mm. Foi observada diferença estatisticamente significativa entre todos os terços radiculares em todos os grupos dentários avaliados (Tabela 3).

Tabela 3. Espessura de cada terço radicular nos dentes anteriores superiores.

Grupo Dentário	Espessura (mm)		
	Cervical	Médio	Apical
Incisivos Centrais			
Incisivos	1,76±0,27 ^{a,b}	1,40±0,30 ^{a,c}	0,63±0,19 ^{b,c}
Incisivos Laterais			
Incisivos	1,45±0,26 ^{a,d}	1,11±0,27 ^{a,e}	0,53(0,48-0,62) ^{d,e}
Caninos	1,72±0,31 ^{a,b}	1,27±0,33 ^{a,c}	0,64±0,23 ^{b,c}

Legenda: mm (milímetros). Dados apresentados em média±desvio padrão e mediana (intervalo interquartilico 25-75%).

^aDiferença significativa entre terços cervical e médio pelo teste ANOVA de medidas repetidas e post hoc de Bonferroni (p<0,001)

^bDiferença significativa entre terços cervical e apical pelo teste ANOVA de medidas repetidas e post hoc de Bonferroni (p<0,001)

^cDiferença significativa entre terços médio e apical pelo teste ANOVA de medidas repetidas e post hoc de Bonferroni (p<0,001)

^dDiferença significativa entre terços cervical e apical pelo teste de Friedman e post hoc de Bonferroni (p<0,001)

^eDiferença significativa entre terços médio e apical pelo teste de Friedman e post hoc de Bonferroni (p<0,001)

Em relação ao terço cervical, o grupo dos incisivos centrais apresentou o maior valor quando comparado aos laterais e caninos, porém com diferença significativa apenas em comparação aos laterais (p<0,01). No grupo dos incisivos laterais, o terço

cervical e apical foram menores em comparação aos caninos, porém com diferença significativa apenas no terço cervical ($p<0,01$). Em relação ao terço médio, os incisivos centrais apresentaram espessura significativamente maior que os laterais ($p<0,01$), sem diferença em relação aos caninos (Tabela 4).

Tabela 4. Espessura de cada grupo dos dentes anteriores superiores.

Grupo Dentário	Espessura (mm)		
	Incisivos Centrais	Incisivos Laterais	Caninos
Cervical	$1,76\pm0,27^a$	$1,45\pm0,26^{a,b}$	$1,72\pm0,3^b$
Médio	$1,40\pm0,30^a$	$1,11\pm0,27^a$	$1,27\pm0,33$
Apical	$0,63\pm0,19^c$	$0,53(0,48-0,62)^c$	$0,64\pm0,23$

Legenda: mm (milímetros). Dados apresentados em média $\pm$ desvio padrão e mediana (intervalo interquartilico 25-75%).

^aDiferença significativa entre incisivos centrais e laterais pelo teste de ANOVA *one way* com post hoc de Tukey ($p<0,01$)

^bDiferença significativa entre incisivos laterais e caninos pelo teste de ANOVA *one way* com post hoc de Tukey ($p<0,01$)

^cDiferença significativa entre incisivos centrais e laterais pelo teste de Kruskal Wallis com post hoc de Dunn ($p<0,001$)

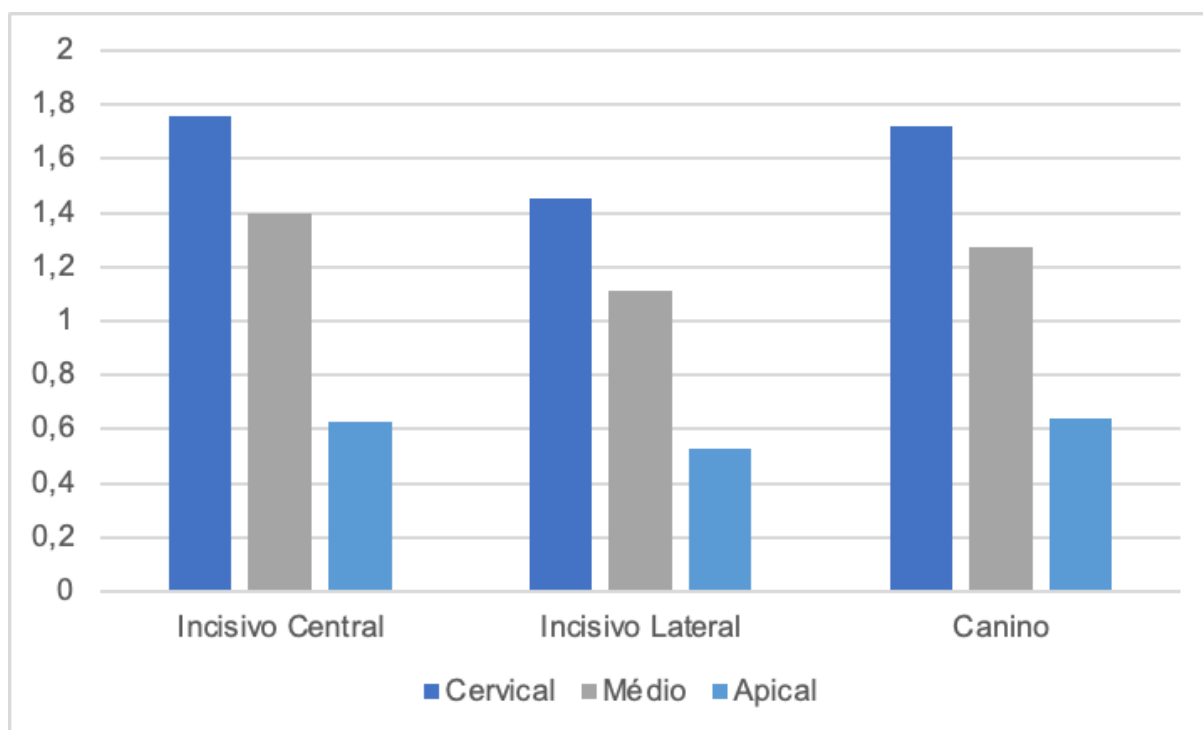


Gráfico 1. Espessura dentinária em mm, entre a ponta da broca virtual e a superfície externa radicular, nos terços cervical, médio e apical dos dentes anteriores superiores.

Os resultados da espessura dentinária mínima, nos três terços radiculares dos dentes anteriores superiores, foram aplicados nos Escores de Fator de Risco para perfurações em procedimentos de Endodontia Guiada. Foi observado que nenhum dos dentes apresentou risco alto de perfuração, sendo que o terço cervical e médio apresentou risco baixo e no terço apical o risco de perfuração foi moderado em todos os grupos de dentes (Tabela 5).

Tabela 5. Classificação de Risco de Perfuração Radicular em procedimento de Endodontia Guiada, de acordo com os Terços Radiculares de Dentes Anteriores Superiores.

Grupo Dentário	Classificação de Risco de Perfuração Radicular em Endodontia Guiada		
	Incisivos Centrais	Incisivos Laterais	Caninos
Cervical	BAIXO	BAIXO	BAIXO
Médio	BAIXO	BAIXO	BAIXO
Apical	MODERADO	MODERADO	MODERADO

5 DISCUSSÃO

Esse estudo verificou o risco de perfuração radicular em planejamentos digitais para Endodontia Guiada nos dentes anteriores superiores. A escolha da metodologia de planejamento virtual do trajeto da broca, se justifica pela possibilidade de simular o trajeto da broca antes da realização do procedimento clínico, favorecendo a identificação prévia de áreas de maior vulnerabilidade à perfuração, prevenindo erros (BUCHGREITZ *et al.*, 2016). Diante dos resultados, observou-se que a técnica da Endodontia Guiada pode apresentar certas limitações em função do remanescente dentinário e do risco de perfuração moderado em nível apical, necessitando de cautela na indicação da técnica. Dessa forma, a hipótese formulada foi apenas parcialmente confirmada: embora o risco de perfuração tenha aumentado em direção apical, nenhum grupo dental alcançou a categoria de alto risco. Foi possível observar um padrão, o aumento do risco de perfuração em direção apical e o risco de perfuração moderado no terço apical em todos os grupos estudados. Além disso, o incisivo lateral superior apresentou os menores valores médios de espessura dentinária remanescente em todos os terços.

Esses achados possivelmente refletem a morfologia radicular dos dentes anteriores, como demonstrado por Fantozzi *et al.* (2013). Essa morfologia caracteriza-se por um afunilamento progressivo da região cervical em direção ao ápice, evidenciado pela redução contínua dos diâmetros méso-distal e vestibulo-lingual ao longo da raiz. Essa redução ocorre de maneira regular nos terços cervical e médio, tornando-se mais acentuada no terço apical, conferindo à raiz um formato cônico e delgado. Essa característica anatômica possui importante implicação clínica durante o acesso endodôntico guiado. Como o diâmetro externo da raiz diminui progressivamente, a espessura dentinária tende a reduzir-se à medida que avança em direção ao ápice. Com isso a espessura dentinária remanescente após o preparo pode não ser suficiente para preservar uma quantidade segura de dentina, aumentando potencialmente o risco de perfuração radicular, especialmente no terço apical.

Além disso, os incisivos laterais superiores apresentam raízes com menor diâmetro, principalmente no sentido méso-distal, quando comparados aos incisivos centrais. Fantozzi *et al.* (2013) demonstraram que o diâmetro médio méso-distal dos

incisivos laterais é aproximadamente 37% inferior ao dos incisivos centrais (2,9 mm versus 4,6 mm), enquanto o diâmetro médio vestibulo-lingual também é reduzido (4,7 mm versus 5,1 mm). Essa menor espessura radicular, associada ao afunilamento progressivo em direção ao ápice, reduz a quantidade de dentina disponível durante o preparo endodôntico guiado, podendo aumentar a suscetibilidade à perfuração radicular, o que justifica o risco moderado de perfuração e a sua menor espessura dentinária média do grupo de dentes.

Tem sido um consenso avaliar a precisão da Endodontia Guiada a partir dos desvios médios ocorridos com a broca no trajeto durante o acesso endodôntico, comparando o trajeto planejado e o executado (BUCHGREITZ *et al.*, 2016; ZEHNDER *et al.*, 2016; CONNERT *et al.*, 2017; SU *et al.*, 2021; CHAVES *et al.*, 2023) (Tabela 1).

Buchgreitz *et al.* (2016) avaliaram a precisão do trajeto da broca em Endodontia Guiada em uma amostra de 38 dentes e observaram desvio médio de apenas 0,46 mm, considerado aceitável frente ao limiar de risco estabelecido de 0,7 mm. No entanto, brocas de 1,2 mm de diâmetro foram utilizadas, em uma velocidade de 2500 RPM no motor endodôntico, o que pode favorecer a preservação de dentina e consequentemente uma maior espessura de remanescente dentinário, visto que, usualmente empregam-se brocas de 1,3 mm de diâmetro adaptadas da Implantodontia.

Em outro estudo, Zehnder *et al.* (2016), também avaliando a precisão da broca em Endodontia Guiada, e com uma amostra de 60 dentes unirradiculares, foi possível obter acesso em todos os dentes, sendo considerados aceitáveis, visto que o maior desvio médio foi de 0,47 mm na extremidade da broca, e desvio angular médio de 1,81°, mesmo utilizando brocas de maior diâmetro (1,5 mm) e em maior velocidade (10.000 RPM), o valor se aproximou ao encontrado por Buchgreitz *et al.* (2016).

Posteriormente, Connert *et al.* (2017) testaram a precisão de brocas de menor diâmetro (0,85 mm) em 60 dentes anteriores inferiores. O maior desvio médio apresentado foi de apenas 0,34 mm e o desvio angular médio, de 1,59°. Evidenciou-se, assim, menor desvio em relação a estudos anteriores, o que sugere ser o diâmetro da broca um aspecto relevante nesse resultado.

SU *et al.* (2021) analisaram a precisão de 117 acessos realizados com guia endodôntica e uma broca de 1 mm de diâmetro, em uma amostra de 84 dentes, sendo

36 dentes anteriores, 24 pré-molares e 24 molares. Os dentes foram montados simulando a articulação maxila/mandíbula, reproduzindo uma situação mais próxima do real, o desvio linear médio observado foi de 0,34 mm para dentes anteriores, valor igual ao encontrado por Connert *et al.* (2017). No entanto, para dentes posteriores o valor encontrado foi maior, cerca de 0,46 mm. Foi sugerido que a menor distância interoclusal em molares pode interferir no posicionamento da broca e cabeça de mão e como consequência, no alinhamento entre broca e anilha nessa região.

Chaves *et al.* (2023), utilizando 15 molares mandibulares extraídos por motivos diversos, verificaram um desvio linear médio de 0,55 mm e desvio angular de 1,98° no acesso endodôntico guiado com brocas de 1,3 mm de diâmetro. O desvio foi considerado aceitável e compatível com a literatura e o acesso aos canais radiculares foi possível em 100% dos casos. No entanto, nem sempre uma broca de menor diâmetro, permite uma melhor precisão no trajeto de perfuração com a Endodontia Guiada. Pires *et al.* (2023), em sua amostra de 20 incisivos inferiores calcificados, observaram que as brocas de menor diâmetro (0,8 mm) produziram desvio médio maior (1,33 mm) do que as de maior diâmetro (1 mm), cujo desvio médio foi de 1,29 mm. Os autores sugeriram influência do desenho da broca, do comprimento da parte ativa da broca e da anilha guia.

Apesar da Endodontia Guiada ser uma técnica adaptada, originalmente desenvolvida para a área de Implantodontia, com a finalidade de ser uma guia cirúrgica, com foco no desgaste de tecido ósseo, osteotomia, os resultados de estudos prévios (Tabela 1), que representa médias de desvios na Endodontia Guiada, mostram ser uma técnica de alta precisão, com pouco desvio relatado, cerca de 0,5 mm. Ou seja, os valores mostram-se compatíveis com o desvio médio de 0,49 mm relatado na literatura para a Implantodontia. É possível que essas médias de desvios sejam próximas, mesmo se tratando de um tecido menos rígido, pois na Implantodontia o protocolo preconiza a utilização de várias brocas de diferentes diâmetros e na Endodontia a utilização de apenas uma broca (CONNERT *et al.*, 2017).

Embora a Endodontia Guiada seja considerada uma técnica segura, a ocorrência de desvios é um fato, seja ele mínimo ou mais abrangente. Com isso, é imprescindível interpretar melhor a ocorrência desses desvios para definir os riscos de acidentes relacionados à técnica, principalmente em casos de limitações anatômicas, como dentes com raízes mais delgadas ou regiões radiculares mais

constritas. Para isso, a identificação de espessura dentinária mínima remanescente entre a extremidade da broca e da superfície externa da raiz em determinada região seguida de sua mensuração, faz valer de um parâmetro, ainda na fase de planejamento da Endodontia Guiada, para avaliar o risco de perfuração radicular.

A partir dos resultados desse estudo (Tabela 3), podemos observar alguns valores razoáveis para a espessura dentinária mínima remanescente entre a ponta da broca virtual e a superfície externa do dente. Nem todos os terços radiculares apresentaram valores superiores a 1 mm. Em todos os grupos dentários, os terços apicais apresentaram valores de espessura dentinária média muito próximos às médias de desvios de desgaste da Endodontia Guiada (Tabela 1), o que sugere atenção no planejamento e indicação da técnica quando do tratamento de obliterações do canal pulpar em nível apical, pois a ocorrência de acidentes intraoperatórios como a perfuração é categorizada de risco moderado nessas regiões caso os procedimentos de acesso guiado sejam realizados.

A avaliação do risco de acidentes na área da saúde pode não refletir com precisão a realidade, no entanto, ela tem o potencial de auxiliar o profissional na tomada de decisões clínicas, avaliando riscos versus benefícios, podendo orientá-lo na melhor e mais segura opção de tratamento. Definir parâmetros para elencar um fator de risco de perfuração possibilita o clínico avaliar as consequências de uma intervenção a fim de prevenir intercorrências. Nesse sentido, um estudo de Bernardino (2024) definiu parâmetros para elaborar um fator de risco de perfuração em Endodontia Guiada. As médias de desvios apresentadas pela Endodontia Guiada em estudos prévios (Tabela 1) foi utilizada como parâmetro, e o fator de risco de perfuração radicular em planejamentos digitais para Endodontia Guiada foi categorizado em: Alto Risco; Risco Moderado; Baixo Risco (Tabela 2) conforme as médias desses desvios.

No estudo de Bernardino (2024), o escore foi aplicado para uma amostra limitada, apenas em incisivos inferiores, e foi possível observar um alto risco de perfuração no terço apical desse grupo dental. Com isso, esse estudo buscou ampliar a aplicação desse escore para todos os dentes anteriores superiores de forma que o cirurgião-dentista tenha à sua disposição um guia que sirva de orientação quanto as limitações da técnica em função do risco de perfuração em Endodontia Guiada nos diferentes grupos dentais. Diferentemente do estudo de Bernardino (2024), o presente

estudo, além de envolver um maior grupo de dentes, o planejamento do trajeto da broca, foi realizado de maneira mais condizente com a realidade clínica, em tomografias de pacientes reais, e não em tomografias de dentes extraídos isoladamente de diversos pacientes, montados em blocos de resina. Os resultados mostraram que, em contraste com o estudo anterior, não houve um alto risco de perfuração em Endodontia Guiada nos dentes anteriores superiores, no entanto, um risco moderado foi observado no terço apical de todos os dentes anteriores superiores, sugerindo prudência na indicação da técnica.

A cautela na indicação da técnica de Endodontia Guiada, devido ao risco de perfuração moderado no terço apical desses grupos dentais, é ratificada pela investigação de Ambu *et al.* (2023), em que foi possível observar um aumento progressivo no risco de perfuração em sentido apical, podendo aumentar essa probabilidade em até 15 vezes, que a depender da espessura dentinária remanescente entre a extremidade da broca e a superfície externa da raiz no planejamento digital pode contraindicar a extensão da técnica até o terço apical, devendo ser considerada apenas para trajetos curtos, realizada por profissionais experientes.

A indicação da Endodontia Guiada está intimamente relacionada à presença de obliteração do canal pulpar (PCO), condição frequentemente observada após lesões dentárias traumáticas e durante o processo fisiológico de envelhecimento. Nos casos de traumatismo, a PCO ocorre predominantemente em dentes anteriores superiores, uma vez que esses elementos são os mais frequentemente acometidos por luxações e outros tipos de lesões traumáticas, em razão de sua posição mais proeminente no arco dentário (SIQUEIRA *et al.*, 2013). Por outro lado, o envelhecimento promove deposição contínua de dentina secundária e terciária, resultando em redução progressiva do espaço pulpar e aumento da prevalência de canais obliterados. Associado ao crescimento da população idosa e à maior retenção dos dentes naturais, esse processo tem ampliado a demanda por tratamentos endodônticos em dentes com anatomia complexa (ALLEN; WHITWORTH, 2004). Nesse contexto, a Endodontia Guiada representa uma abordagem conservadora e segura capaz de aumentar a previsibilidade da localização do canal radicular e reduzir o risco de acidentes operatórios. Dessa forma, a elevada ocorrência de PCO em dentes anteriores superiores, seja como consequência de traumatismos ou das

alterações fisiológicas relacionadas ao envelhecimento, justifica o desenvolvimento de estudos voltados à avaliação da segurança da Endodontia Guiada nesses elementos dentários.

A abordagem guiada pelo planejamento digital no campo endodôntico é uma metodologia relativamente nova que está progredindo, e a literatura existente ainda não definiu completamente suas restrições. O estudo bibliométrico da Endodontia Guiada indica que os Relatos de Caso constituem o tipo predominante de pesquisa sobre esse assunto (LIMA *et al.*, 2024). Além disso, apesar da reconhecida qualidade dessas publicações, os relatos de casos podem introduzir um potencial viés de publicação que favorece resultados bem-sucedidos, exigindo consideração cuidadosa das implicações de não relatar casos malsucedidos (DEVITO; GOLDACRE, 2019). Igualmente importante para avaliar a precisão, os benefícios da aplicação clínica e as vantagens para pacientes e profissionais é a necessidade de abordar as limitações e os riscos associados à Endodontia Guiada.

Assim, isso ressalta a justificativa dos autores para promover um exame completo dos fatores de risco de perfuração radicular na Endodontia Guiada (Tabela 2), utilizando parâmetros claramente definidos, conforme a classificação proposta por Bernardino (2024). A aplicação desses critérios de risco de perfuração radicular em Endodontia Guiada visa auxiliar os profissionais em seus processos de tomada de decisão, fornecendo critérios objetivos para avaliar a adequação ou inadequação de procedimentos envolvendo Endodontia Guiada.

Apesar da importância clínica desse estudo em auxiliar o profissional na tomada de decisão clínica, o estudo contém algumas limitações, como a não validação clínica direta dos trajetos planejados, a utilização de uma amostra proveniente de um único centro, o que pode restringir a extrapolação dos resultados para a população de forma generalizada. Entretanto, assim como nos estudos experimentais e *ex vivo* utilizados como referência para a avaliação da precisão da Endodontia Guiada, o modelo empregado permitiu a obtenção de medidas padronizadas e reproduzíveis, possibilitando uma análise detalhada da influência da anatomia radicular sobre o risco potencial de perfuração durante o planejamento endodôntico digital para a técnica da Endodontia Guiada.

6 CONCLUSÃO

A aplicação da classificação de risco de perfuração radicular em planejamentos digitais de Endodontia Guiada em dentes anteriores superiores revelou redução progressiva da espessura dentinária remanescente no sentido cervical-apical em todos os grupos avaliados.

Os incisivos centrais superiores, os incisivos laterais superiores e os caninos superiores foram classificados como de baixo risco nos terços cervical e médio e de risco moderado no terço apical, tendo os incisivos laterais superiores apresentado as menores espessuras dentinárias remanescentes. De modo geral, os terços apicais concentraram as menores espessuras remanescentes e, portanto, o maior risco de perfuração radicular durante os procedimentos de Endodontia Guiada.

A aplicação dessa classificação pode auxiliar o planejamento pré-operatório da Endodontia Guiada ao fornecer uma estimativa objetiva da segurança geométrica do trajeto planejado, permitindo identificar regiões radiculares potencialmente mais suscetíveis à perfuração.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, P. F.; WHITWORTH, J. M. Endodontic considerations in the elderly. *Gerodontology*, v. 21, n. 4, p. 185-194, 2004.

AMBU, E.; GORI, B.; MARRUGANTI, C.; MALVICINI, G.; BORDONE, A.; GIBERTI, L.; GRANDINI, S.; GAETA, C. Influence of calcified canals localization on the accuracy of guided endodontic therapy: a case series study. *Dentistry Journal*, v. 11, n. 8, p. 183, 2023.

ANDREASEN, F. M.; KAHLER, B. Pulpal response after acute dental injury in the permanent dentition: clinical implications-a review. *Journal of Endodontics*, v. 41, n. 3, p. 299-308, 2015. DOI: 10.1016/j.joen.2014.11.015.

BERNARDINO, M. P. A. Á. Classificação de risco de perfuração radicular em planejamentos digitais para endodontia guiada. 2024. 47 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2024.

BORDONE, A.; CAUVRECHEL, C. Treatment of obliterated root canals using various guided endodontic techniques: a case series. *Giornale Italiano di Endodonzia*, v. 34, n. 1, p. 23-34, 2020.

BUCHGREITZ, J.; BUCHGREITZ, M.; MORTENSEN, D.; BJØRNDAL, L. Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans: an ex vivo study. *International Endodontic Journal*, v. 49, n. 8, p. 790-795, 2016.

BUENO, M. R.; ESTRELA, C.; AZEVEDO, B. C.; DIOGENES, A. Development of a new cone-beam computed tomography software for endodontic diagnosis. *Brazilian Dental Journal*, v. 29, n. 6, p. 517-529, 2018.

CHAVES, G. S.; SILVA, J. A.; CAPELETTI, L. R.; SILVA, E. J. N. L.; ESTRELA, C.; DECURCIO, D. A. Guided access cavity preparation using a new simplified digital workflow. *Journal of Endodontics*, v. 49, n. 1, p. 89-95, 2023.

CONNERT, T.; ZEHNDER, M. S.; WEIGER, R.; KUHL, S.; KRATSL, G. Microguided endodontics: accuracy of a miniaturized technique for apically extended access cavity preparation in anterior teeth. *Journal of Endodontics*, v. 43, n. 5, p. 787-790, 2017.

CONNERT, T.; WALTER, E.; BENZ, L.; SCHWENDICKE, F.; LEONTIEV, W. Guided endodontics: potential and limitations. *Australian Dental Journal*, v. 70, supl. 1, p. S118-S128, 2025. DOI: 10.1111/adj.70012.

DECURCIO, D. A.; BUENO, M. R.; SILVA, J. A.; LOUREIRO, M. A. Z.; SOUSA-NETO, M. D.; ESTRELA, C. Digital planning on guided endodontics technology. *Brazilian Dental Journal*, v. 32, n. 5, p. 701-708, 2021.

DEVITO, N. J.; GOLDACRE, B. Catalogue of bias: publication bias. *BMJ Evidence-Based Medicine*, v. 24, n. 2, p. 53-54, 2019. DOI: 10.1136/bmjebm-2018-111107.

ESTRELA, C.; DECURCIO, D. A.; ROSSI-FEDELE, G.; SILVA, J. A.; GUEDES, O. A.; BORGES, A. H. Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. *Brazilian Oral Research*, v. 32, p. e73, 2018.

FANTOZZI, G.; LEUTER, C.; BERNARDI, S.; NARDI, G. M.; CONTINENZA, M. A. Analysis of the root morphology of European anterior teeth. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, v. 118, n. 1, p. 78-91, 2013.

KRASTL, G.; ZEHNDER, M. S.; CONNERT, T.; WEIGER, R.; KUHL, S. Guided endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. *Dental Traumatology*, v. 32, n. 3, p. 240-246, 2016.

LARA-MENDES, S. T. O.; BARBOSA, C. F. M.; SANTA-ROSA, C. C.; MACHADO, V. C. Guided endodontic access in maxillary molars using cone-beam computed tomography and computer-aided design/computer-aided manufacturing system: a case report. *Journal of Endodontics*, v. 44, n. 5, p. 875-879, 2018.

LI, J.; HU, Y.; MA, Z.; LIU, H.; CAO, L.; WEI, X. Accuracy of static-guided endodontics for access cavity preparation with pulp canal obliteration: a randomized controlled clinical trial. *BMC Oral Health*, v. 25, n. 1, p. 933, 2025. DOI: 10.1186/s12903-025-06275-w.

LIMA, T. O.; ROCHA, A. O.; DOS ANJOS, L. M.; MENESES JÚNIOR, N. S.; HUNGARO DUARTE, M. A.; ALCALDE, M. P.; CARDOSO, M.; BOLAN, M. A global overview of guided endodontics: a bibliometric analysis. *Journal of Endodontics*, v. 50, n. 1, p. 10-16, 2024. DOI: 10.1016/j.joen.2023.10.002.

MCCABE, P. S.; DUMMER, P. M. H. Pulp canal obliteration: an endodontic diagnosis and treatment challenge. *International Endodontic Journal*, v. 45, n. 2, p. 177-197, 2012.

MORENO-RABIÉ, C.; TORRES, A.; LAMBRECHTS, P.; JACOBS, R. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *International Endodontic Journal*, v. 53, n. 2, p. 214-231, 2020. DOI: 10.1111/iej.13216.

PIRES, C. R. F.; SOUZA-GABRIEL, A. E.; PELOZO, L. L.; CRUZ-FILHO, A. M.; SOUSA-NETO, M. D.; SILVA, R. G. Guided endodontics of calcified canals: the drilling path of rotary systems and intracanal dentin wear. *Australian Endodontic Journal*, v. 49, n. 1, p. 64-70, 2023. DOI: 10.1111/aej.12684.

SIQUEIRA, M. B. L. D.; GOMES, M. C.; OLIVEIRA, A. C.; MARTINS, C. C.; GRANVILLE-GARCIA, A. F.; PAIVA, S. M. Predisposing factors for traumatic dental injury in primary teeth and seeking of post-trauma care. *Brazilian Dental Journal*, v. 24, n. 6, p. 647-654, 2013. DOI: 10.1590/0103-6440201302352.

SU, Y.; CHEN, C.; LIN, C.; LEE, H.; CHEN, K.; LIN, Y.; CHUANG, F. Guided endodontics: accuracy of access cavity preparation and discrimination of angular and linear deviation on canal accessing ability-an ex vivo study. *BMC Oral Health*, v. 21, n. 1, p. 606, 2021. DOI: 10.1186/s12903-021-01936-y.

TAVARES, W. L. F.; PEDROSA, N. O. M.; MOREIRA, R. A.; BRAGA, T.; MACHADO, V. C.; RIBEIRO SOBRINHO, A. P.; AMARAL, R. R. Limitations and management of static-guided endodontics failure. *Journal of Endodontics*, v. 48, n. 2, p. 273-279, 2022. DOI: 10.1016/j.joen.2021.11.004.

TORRES, A.; DIERICKX, M.; LERUT, K.; BLEYEN, S.; SHAHEEN, E.; COUCKE, W.; PEDANO, M. S.; LAMBRECHTS, P.; JACOBS, R. Clinical outcome of guided endodontics versus freehand drilling: a controlled clinical trial, single arm with external control group. *International Endodontic Journal*, v. 58, n. 2, p. 209-224, 2025. DOI: 10.1111/iej.14157.

YANG, Y.; GUO, B.; GUO, L.; YANG, Y.; HONG, X.; PAN, H.; ZOU, W.; HU, T. CBCT-aided microscopic and ultrasonic treatment for upper or middle thirds calcified root canals. *BioMed Research International*, p. 1-9, 2016.

ZEHNDER, M. S.; CONNERT, T.; WEIGER, R.; KRASTL, G.; KUHL, S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *International Endodontic Journal*, v. 49, n. 10, p. 966-972, 2016.

ANEXOS

Anexo 1 - Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: APLICAÇÃO DO PLANEJAMENTO DIGITAL E IMPRESSÃO 3D NA OTIMIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS ENDODÔNTICOS

Pesquisador: MARCO ANTONIO ZAIDEN LOUREIRO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 57359422.3.0000.5083

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.373.063

Apresentação do Projeto:

INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada feixe cônico (TCFC) é um exame por imagem utilizado em várias áreas da odontologia, e tem se mostrado uma ferramenta acurada (Porto et al, 2020; D'haese et al, 2012; Estrela et al, 2008). A aplicação desse recurso possibilitou uma evolução expressiva no diagnóstico, no planejamento de casos complexos e na melhora do prognóstico.

Uma outra tecnologia que vem se tornando cada vez mais presente é a impressão tridimensional (3D). Esse método tem sido utilizado na engenharia há décadas e sua aplicação na saúde foi inicialmente descrita em 1986 (Duncan, 1986), mediante a usinagem de próteses ortopédicas, confeccionadas a partir do exame de tomografia médica de pacientes. Desde então, variados tipos de impressoras 3D têm sido aperfeiçoados, com diferentes técnicas de impressão, e possibilitaram sua aplicação em áreas da saúde, com ênfase na ortopedia, cirurgia geral e na cirurgia de cabeça e pescoço (Tack et al, 2016). Essas inovações na impressão 3D e também na TCFC trouxeram benefícios importantes na odontologia, estabelecendo novas possibilidades por meio de protótipos tridimensionais. Para a impressão 3D desses protótipos em odontologia, é necessário o escaneamento intra-oral, no qual uma câmera infravermelha captura imagens de estruturas bucais. Essas imagens obtidas são armazenadas e interpretadas por um software, que cria um modelo tridimensional virtual. As impressoras 3D atuais transformam essas imagens virtuais em modelos prototipados físicos, eliminando várias etapas laboratoriais, já que modelos

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110
Bairro: Campus Samambaia, UFG **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **E-mail:** cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

de gesso de pacientes podem ser substituídos por modelos digitais, sendo eventualmente impressos, mantendo sua acurácia clínica (Aly; Mohsen, 2020).

Essa técnica de impressão 3D também apresenta aplicações na educação em odontologia, visto que modelos impressos podem ser utilizados para simular situações clínicas reais, oferecendo uma alternativa realística no processo ensino-aprendizagem (Hanish et al, 2020; Decurcio et al, 2019). A implantodontia e periodontia também foram beneficiadas com esse sistema, já que se tornou possível a realização de cirurgias de implante guiadas (Lin et al, 2020; Walker-Finch; Ucer, 2020) e recentemente, de autotransplante dentário (Mena-Álvarez et al, 2020). Na endodontia, a aplicação dessas novas tecnologias se iniciou com a realização de acessos endodônticos guiados por dispositivos confeccionados em impressora 3D (Lara-Mendes et al, 2018) e posteriormente com cirurgias pararendodônticas guiadas (Tavares et al, 2020). Esse recurso permitiu e facilitou a resolução de casos complexos, como calcificações nos canais radiculares que dificultam o acesso e limitam o sucesso do caso (Lara-Mendes et al, 2018), e também nos casos de perfurações radiculares e desvios do canal, já que por meio das guias prototipadas, é possível a remoção seletiva e tridimensionalmente precisa de tecido dental (Casadei et al, 2019).

JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO PROJETO

As novas tecnologias de exames por imagem e impressão 3D revolucionaram a odontologia, na medida em que proporcionam maior qualidade no tratamento, maior conforto para o paciente, agilidade e precisão. A possibilidade de desenho virtual e impressão 3D dessas guias permitiu sua recente aplicação na endodontia, facilitando a resolução de casos complexos como calcificações do canal radicular e alterações de desenvolvimento dentário. Entretanto, por se tratar de um tema recente, poucos estudos avaliaram a precisão dessas guias prototipadas e as possíveis variações que podem sofrer devidas a diferentes exames e impressoras. A relevância do presente projeto está na avaliação detalhada do fluxo de confecção desses guias, permitindo maior compreensão da técnica, a detecção de fatores que podem contribuir para a ocorrência de falhas e a possível simplificação do processo.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto será submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás.

1 Seleção dos dentes

Serão utilizados 240 dentes humanos extraídos, divididos nos seguintes grupos: 150 dentes unirradiculares e 90 molares. Estes dentes serão cedidos por pacientes maiores de 18 anos, atendidos no serviço de Urgência da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás e

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

com indicação de exodontia por motivos diversos. Os dentes serão obtidos após a leitura, compreensão e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1) pelo paciente, resguardando sigilo de identidade, a privacidade e confidencialidade. Não haverá qualquer tipo de constrangimento para a doação de dentes extraídos e o paciente pode desistir da doação a qualquer momento, mesmo após assinatura do Termo de Compromisso Livre e Esclarecido.

Os dentes extraídos serão imersos em hipoclorito de sódio 5% (Fitofarma, Lt. 20442, Goiânia, GO, Brasil) por 30 minutos para remoção de tecidos orgânicos, e posteriormente serão acondicionados em frasco contendo solução de timol 0,2%. Serão realizadas radiografias periapicais digitais de todos os dentes no intuito de verificar a adequação aos seguintes critérios de inclusão: ausência de reabsorções internas, ausência de tratamento endodôntico prévio e formação completa dos ápices radiculares.

Previamente a realização de cada experimento será realizado estudo piloto, contendo cinco amostras, posteriormente descartadas, para fins de calibragem e teste do modelo metodológico. Os resultados dos estudos piloto não serão considerados nos resultados dos experimentos.

2 Exame por imagens

Exames de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) serão conduzidos antes e após os procedimentos operatórios, possibilitando inicialmente o planejamento digital das guias e posteriormente, a análise da precisão operatória. Para realização da TCFC, os dentes serão posicionados em um suporte de silicone (Variotime® - Heraeus Kulzer, São Paulo, SP, Brasil) para padronização das imagens realizadas nos tempos operatórios. Os sistemas de TCFC utilizados serão:

Subprojetos 1, 3, 4, 5 e 6.

Para os subprojetos listados acima, será utilizado o tomógrafo Veraview X800 (J Morita, Belo Horizonte, Brasil) antes e após os procedimentos.

Subprojeto 2

Para o subprojeto 2, serão utilizados os aparelhos de TCFC:

- iCAT (Imaging Sciences, Hatfield, PA, USA)
- Eagle 3D (Dabi Atlante, Brazil)
- Veraview X800 (J Morita).
- CS 9600 (Carestream Dental);

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

3 Escaneamento das amostras

O escaneamento das amostras previamente ao planejamento digital das guias será realizado com um scanner intraoral TRIOS (3Shape, Copenhagen, Denmark). Os dentes serão posicionados em uma superfície plana e a digitalização será realizada por um operador treinado, de forma manual, até que toda a superfície de cada amostra seja visível no software do fabricante, em um computador com sistema operacional Windows 10 (Microsoft Corp., Redmond, WA, EUA), processador Intel Core i7 (Intel Corp., Santa Clara, CA, EUA), placa de vídeo NVIDIA GeForce 6200 turbo cache (NVIDIA Corporation, Santa Clara, CA, EUA), e monitor EIZO-Flexscan S2000, resolução 1600 × 1200 pixels (EIZO NANAO Corp., Hakusan, Japão).

4 Planejamento virtual e desenho das guias

Após a aquisição do exame de TCFC e do escaneamento, os arquivos obtidos serão carregados no software de planejamento digital para implantes coDiagnostiX (Dental Wings, Montreal, Canada). As guias serão desenhadas de forma a direcionar a posição tridimensional da broca por um orifício onde será encaixada uma anilha metálica de 1,5mm de diâmetro e 7,5mm de comprimento (Institut Straumann AG, Basel, Switzerland).

Para o subprojeto 4, será realizado somente o exame de TCFC, excluindo-se a etapa de escaneamento, para posterior verificação da influência dessa diferença no resultado final da guia.

4.5 Impressão dos guias

Subprojetos 1, 2, 4, 5 e 6.

Para os subprojetos listados acima, após o planejamento digital, os arquivos digitais serão exportados e as guias serão confeccionadas em resina líquida (Anycubic, Shenzhen, China), impressas em impressora 3D do tipo SLA/DLP Anycubic Photon (Anycubic, Shenzhen, China). Todas as guias passarão por procedimentos de pós-tratamento após a impressão, envolvendo 2 banhos em álcool isopropílico 100% (AlphaDruck, Brazil) em cuba ultrassônica (Cristófoli, Brazil) por 5 minutos, seguido de polimerização adicional em forno fotopolimerizável para resina (Essence Dental, Brazil) por 30 minutos.

Subprojeto 3

Para o subprojeto 3, as guias serão planejadas da mesma forma e serão utilizados diferentes dispositivos para impressão, incluindo a impressora Anycubic Photon (Anycubic, Shenzhen, China) citada anteriormente, além das seguintes impressoras:

- Impressora 3D por adição do tipo multifilamento (MegaX, Anycubic, Shenzhen, China): após o planejamento, o arquivo exportado será carregado na impressora e a impressão será realizada nas

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

configurações automáticas do equipamento, segundo a recomendação do fabricante. As guias não passarão por nenhum tipo de pós-tratamento.

- Impressora 3D por redução do tipo fresagem (Ceramill Matik CAD/CAM System, AmannGirrbach, Germany): após o planejamento, a guia será fresada a partir de um bloco de resina acrílica do tipo polimetilmetacrilato (PMMA) (AmannGirrbach, Germany), sob refrigeração a água. O pós-tratamento será realizado apenas com polimento com escova em baixa-rotação em peça reta, para remoção de possíveis resíduos da fresagem.

6 Acesso endodôntico e remoção de pinos

Subprojetos 1, 2, 3 e 4.

Será utilizada a seguinte amostra para cada um dos subprojetos:

1- 30 dentes anteriores;

2- 60 dentes anteriores que serão divididos aleatoriamente em 4 grupos, dos diferentes tomógrafos.

3- 45 dentes anteriores que serão divididos aleatoriamente em 3 grupos, de acordo com a impressora que será utilizada para a impressão do guia endodôntico.

4- 30 molares.

Após a confecção da guia, elas serão posicionadas sobre os espécimes, já montados em blocos de resina acrílica (Duralay, Reliance, EUA). Os dentes serão acessados através da anilha metálica, com broca específica (Institut Straumann AG, Basel, Switzerland), de 1,3mm de diâmetro e 20mm de comprimento. A broca será utilizada em contra-ângulo e motor elétrico (EM12-L, W&H, Áustria) sob 800RPM de rotação e 30N.cm de torque, sob refrigeração a água.

Subprojeto 5

No subprojeto em questão, 30 molares serão tratados endodonticamente, seguidos da cimentação de pinos de fibra. As aberturas coronárias com pontas diamantadas (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) esféricas n. 1012HL, cônicas n. 3195 e 2200 e broca do tipo Endo-Z, sob refrigeração e em alta rotação. Cada broca será utilizada por até 5 vezes.

O comprimento de trabalho será determinado com o uso de limas tipo K-Flexofile n. 10 e n.15 (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça) introduzidas em todos os canais radiculares até serem visualizadas no forame apical. O comprimento de trabalho será estabelecido a 1 mm aquém do forame apical.

O preparo dos canais radiculares será realizado por endodontista com experiência prévia com os

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

instrumentos de NiTi WaveOne Gold™ (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça). A técnica operatória para o preparo do canal radicular seguirá a recomendação do fabricante e serão acionados pelo motor X-Smart Plus IQ® (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça). Concluído o preparo, todos os canais radiculares serão secos com ponta de papel absorvente esterilizada e receberão irrigação final de 3 mL de EDTA 17% (Biodinâmica, Ibiaporã, PR, Brasil) durante 3 minutos para remoção da smear layer, sendo posteriormente irrigados com 3 mL de NaOCl 2,5% (Fitofarma Lt. 20553, Goiânia, GO, Brasil). Os canais serão novamente secos e obturados pela técnica da condensação lateral a frio, com cones de guta-percha (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça) e cimento endodôntico (AH Plus, Dentsply), que será manipulado de acordo com as instruções do fabricante. O excesso de guta-percha e cimento endodôntico serão removidos com um instrumento aquecido.

Para a instalação dos pinos de fibra, os canais preparados conservando um remanescente de no mínimo 3mm de material obturador. O preparo será iniciado com brocas de Gates-Glidden e Largo, e concluídos com a broca correspondente ao pino 0,5 (WhitePost, FGM, Brasil). O conduto será novamente irrigado com 3 mL de NaOCl 2,5% para remoção dos resíduos e seco com cones de papel absorvente. Os pinos de fibra serão condicionados por 1 min com peróxido de hidrogênio 20% seguido de lavagem abundante com seringa tríplice por 30 segundos. Após secagem com jato de ar, o silano (Silane, Ultradent, EUA) será aplicado no pino por 1 minuto. O cimento resinoso autoadesivo (RelyX U200, 3M ESPE, EUA) será aplicado no conduto com o auxílio de pontas automisturadoras (RelyX U200, 3M ESPE, EUA) específicas para esse fim, e o pino será posicionado. Os excessos de cimento serão removidos com pincel e a fotopolimerização (Valo, Ultradent, EUA) será realizada por 40 segundos em quatro incidências (correspondentes à cada face dental). Após a cimentação, o comprimento excedente do pino será seccionado com ponta diamantada sob refrigeração.

Os procedimentos de tomografia computadorizada e escaneamento para fabricação da guia serão conduzidos após a cimentação dos pinos, como descrito anteriormente. Para a remoção dos pinos, metade (n=15) dos dentes serão designados a um grupo para serem removidos com o auxílio das guias. Em metade dos espécimes (n=15), os pinos serão removidos sem o auxílio das guias, por um endodontista com mais de 5 anos de experiência.

Subprojeto 6

Para o subprojeto em questão, 30 molares serão divididos aleatoriamente em 2 grupos (n=15), e os procedimentos de confecção das guias seguirão o protocolo já descrito. Os pinos serão removidos com o auxílio das guias prototipadas, com diferentes operadores em cada grupo: um acadêmico de Odontologia do último ano e um especialista em Endodontia com mais de 5 anos de

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

experiência.

7 Análise de precisão

Após a realização dos procedimentos operatórios correspondentes a cada subprojeto, os espécimes serão submetidos um novo exame de TCFC, conforme já descrito, para análise da precisão das guias. Esses segundos exames serão carregados no mesmo software de planejamento, seguindo o mesmo fluxo digital. O planejamento digital que foi realizado no início será novamente carregado, possibilitando uma comparação entre o procedimento planejado e o procedimento efetivamente realizado nos espécimes. A diferença será mensurada no software, em milímetros e oportunamente em graus, fornecendo numericamente as informações de precisão.

4.8 Análise estatística

A média e o desvio padrão das variáveis serão obtidos. A normalidade dos dados será avaliada pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov. A diferença entre duas variáveis independentes será avaliada pelo Teste-t para amostras independentes ou pelo Teste de Mann-Whitney. A diferença entre três ou mais variáveis independentes será avaliada pelo Teste ANOVA post hoc Tukey ou pelo Teste de Kruskal-Wallis. Serão considerados significativos valores de $p < 0,05$. A análise estatística será realizada utilizando o software Statistical Package for the Social Sciences, versão 20 (SPSS, Chicago, IL).

10 Tratamento das amostras após o experimento

Após a realização dos experimentos, os fragmentos dentários restantes serão descartados em recipientes para descarte de material biológico da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás. Já os dentes que não forem fragmentados durante o experimento serão utilizados para treinamento laboratorial e, quando não forem mais úteis, serão descartados da mesma forma que os fragmentos dentários. Os dentes e os fragmentos, por se tratarem de peças que se enquadram no grupo A4 de descarte de resíduos, serão eliminados de acordo com as normas do Plano de Gerenciamento de Resíduos em Serviços de Saúde – PGRSS/2007, em conformidade com as resoluções 306/2004 (MS-ANVISA) e 358/2005 (MMA-CONAMA). Os instrumentos endodônticos e brocas utilizadas serão descartados em recipiente próprio de descarte de perfurocortantes da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás de acordo com as normas do PGRSS/2007.

RESULTADOS ESPERADOS

Social

A tecnologia atual permite um avanço significativo no tratamento endodôntico, por meio do uso de

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



Continuação do Parecer: 5.373.063

equipamentos e técnicas cada vez mais modernos. No entanto, poucos estudos abordaram as tecnologias de guias prototipados confeccionados em impressoras 3D.

O presente projeto visa avaliar vários procedimentos, com o objetivo de fornecer um conhecimento mais detalhado de todas as etapas no fluxo de produção dessas guias, o que pode auxiliar na possível simplificação da produção, ampliar suas aplicações e melhorar o prognóstico de casos complexos.

Técnico-Científico

Com o presente trabalho, espera-se a elaboração de duas teses de doutorado, uma dissertação de mestrado, apresentações de trabalhos em eventos científicos, além de artigos científicos para publicação em periódicos da área.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVOS

1 Objetivo Geral

Avaliar a precisão das guias cirúrgicas prototipadas para acesso endodôntico.

2 Objetivos Específicos

Subprojeto 1) Determinar a diferença, em milímetros, entre o desgaste simulado no software de planejamento e o desgaste executado após a impressão 3D da guia planejada, em dentes humanos extraídos.

Subprojeto 2) Avaliar a diferença, em milímetros, entre os desgastes realizados com o uso de guias confeccionadas com tomografias de diferentes aparelhos, em dentes humanos extraídos.

Subprojeto 3) Avaliar a diferença, em milímetros, entre os desgastes realizados com o uso de guias confeccionadas com impressões 3D de diferentes aparelhos, em dentes humanos extraídos.

Subprojeto 4) Comparar, em milímetros, a precisão de guias de acesso endodôntico confeccionadas apenas com exame de tomografia computadorizada de feixe cônico, quando comparadas com guias confeccionadas pelo fluxo convencional, em dentes humanos extraídos.

Subprojeto 5) Comparar, em mm³, o volume de tecido dental desgastado durante a remoção de pinos de fibra de vidro com e sem a utilização de guias prototipadas, em dentes humanos extraídos.

Subprojeto 6) Comparar, em mm³, o volume de tecido dental desgastado durante a remoção de pinos de fibra de vidro com guias prototipadas, por diferentes operadores, em dentes humanos extraídos.

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos e benefícios

Os dentes serão extraídos, independente da realização desta pesquisa, por finalidade periodontal ou protética após definição criteriosa do diagnóstico e plano de tratamento. O procedimento cirúrgico seguirá o protocolo definido pela Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás. Após a extração, serão dadas as orientações pós-operatórias bem como a terapêutica medicamentosa proposta pela disciplina de Urgência (Paracetamol 750mg 3 vezes ao dia por 48 horas, e em casos de infecção Amoxicilina 500 mg 3 vezes ao dia por 7 dias). Em caso de dúvida, o paciente poderá entrar em contato com o pesquisador responsável (inclusive a cobrar) pelo telefone que consta no Termo de Compromisso Livre e Esclarecido. Após o período de 7 dias, verificada a evolução satisfatória da cicatrização da ferida cirúrgica, será realizada a remoção da sutura e alta clínica do paciente, orientando-o a entrar em contato no caso de qualquer sinal ou sintoma clínico pós-cirúrgico. Caso seja um paciente regulado da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás, o mesmo terá seu tratamento odontológico continuado nas clínicas de reabilitação. O paciente que não for regulado será encaminhado ao atendimento na rede de atenção básica do serviço público de saúde.

O paciente não terá benefício direto com a realização da pesquisa, uma vez que seu tratamento será realizado independente da sua participação neste estudo. No entanto, ele poderá cooperar para obtenção de dados importantes que possam direcionar para aumentar os conhecimentos acerca do tratamento endodôntico. Não haverá qualquer tipo de compensação financeira. O paciente terá seu direito de indenização garantido caso haja algum dano decorrente do tratamento cirúrgico.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Os pesquisadores pretendem avaliar a precisão das guias cirúrgicas prototipadas para acesso endodôntico e usarão dentes doados.

O TCLE será apresentado para participantes da pesquisa que possam realizar a doação do dente desde que tenham como tratamento indicado a extração, visando a melhora da saúde da boca; a linguagem do TCLE é clara e adequada e apresenta todos os elementos essenciais.

Os possíveis riscos são inferiores aos benefícios.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram adequadamente apresentados: termo de anuência do Diretor da Faculdade de Odontologia da UFG, termo de compromisso assinado por todos os pesquisadores e folha de rosto datada e

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

assinada pelo diretor da Faculdade de Odontologia.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Este estudo não apresenta óbices éticos.

Considerações Finais a critério do CEP:

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa/CEP-UFG considera o presente protocolo APROVADO. O mesmo foi considerado em acordo com os princípios éticos vigentes. Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(a) pesquisador(a) responsável deverá encaminhar ao CEP-UFG os relatórios parciais e o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Resolução CNS n. 466/12 e Resolução CNS n. 510/16. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, previsto para dezembro 2026.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1907605.pdf	24/03/2022 12:09:39		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.pdf	24/03/2022 12:08:43	MARCO ANTONIO ZAIDEN LOUREIRO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	24/03/2022 12:04:49	MARCO ANTONIO ZAIDEN LOUREIRO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	COMPROMISSO.pdf	24/03/2022 12:03:37	MARCO ANTONIO ZAIDEN LOUREIRO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	ANUENCIA.pdf	24/03/2022 12:03:13	MARCO ANTONIO ZAIDEN LOUREIRO	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	08/03/2022 18:39:17	MARCO ANTONIO ZAIDEN LOUREIRO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

GOIANIA, 27 de Abril de 2022

Assinado por:
Rosana de Moraes Borges Marques
(Coordenador(a))

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110
Bairro: Campus Samambaia, UFG **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **E-mail:** cep.prpi@ufg.br