

**VÂNIO SANTOS COSTA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA ACURÁCIA NO DIAGNÓSTICO DE FRATURAS  
RADICULARES *in vitro* POR MEIO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE  
FEIXE CÔNICO E TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA**

CAMPINAS  
2018

VÂNIO SANTOS COSTA

**ANÁLISE COMPARATIVA DA ACURÁCIA NO DIAGNÓSTICO DE FRATURAS  
RADICULARES *in vitro* POR MEIO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE  
FEIXE CÔNICO E TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA**

Tese apresentada ao Centro de Pós-Graduação / CPO São Leopoldo Mandic, para obtenção do título de Doutor em Clínica Odontológica.

Área de Concentração: Radiologia.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Cintra Junqueira.

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Roberto Coutinho Manhaes. Júnior

CAMPINAS  
2018

**C.P.O. – CENTRO DE PESQUISAS ODONTOLÓGICAS  
SÃO LEOPOLDO MANDIC**

**Folha de Aprovação**

PARA: VÂNIO SANTOS COSTA

Curso: Doutorado em Odontologia - área de concentração Radiologia.

Título da Tese: **ANÁLISE DA ACURÁCIA NO DIAGNÓSTICO DE FRATURAS  
RADICULARES POR MEIO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE  
CÔNICO E DE TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA**

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

Informamos que aquela tese acima apontada foi apresentada por seu titular ao Centro de Pós-Graduação, perante a Comissão Examinadora abaixo nominada, e cumpriu todas as exigências feitas por aquela Comissão tendo sido aprovada e recebido a competente liberação sob a supervisão da docência da orientação.

Campinas, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Luiz Roberto Coutinho Manhaes Júnior  
Coorientador

Prof<sup>a</sup>. Dra. Milena Bortolloto Felipe  
Membro

Prof<sup>a</sup> Dra Luciana Cavalcanti de Araújo  
Membro

Prof. Dr. Fabiano Vieira de Landa  
Membro

Prof<sup>a</sup> Dra Arlete Oliveira  
Membro

Aos meus pais Rosival Costa e Maria Lúcia, e ao meu irmão Jailton pela luta constante ao longo dos anos com o objetivo de me oferecer sempre o melhor. À minha esposa Karyna Costa e aos meus filhos Vânio Filho, Cayo Costa e Maria Clara, pelo incentivo, apoio e dedicação durante todo o curso, me ajudando sempre em todos os momentos desta caminhada. Meus eternos agradecimentos ainda serão poucos. Ao nosso Senhor Jesus Cristo, sempre presente em minha vida, pela sua imensa misericórdia em nos presentear com a vida e sempre estar ao nosso lado nos momentos de dificuldade e desespero, abrindo portas para a resolução dos problemas.

## **AGRADECIMENTOS**

À Faculdade de Odontologia São Leopoldo Mandic, pelo apoio e infraestrutura oferecida.

À coordenadora do Pós-graduação em Clínicas Odontológicas, Professora Doutora Vera Cavalcanti de Araújo, pelo acolhimento, respeito, profissionalismo e dedicação na condução do saber.

De forma muito especial, agradeço à Professora Doutora Luciana Cavalcanti, minha ex-professora da graduação e colega da disciplina de Radiologia Odontológica da Universidade Federal de Alagoas. Orgulho-me de tê-la como exemplo de profissional. Que fique aqui registrada minha gratidão por sua assistência incondicional, por suas palavras e atitudes seguras e, finalmente, pelas lições que me foram transmitidas juntamente com seu conhecimento científico.

Ao Professor Doutor Jorge Alberto Gonçalves, diretor da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Alagoas, por todo seu apoio e incentivo para a realização deste curso de doutorado.

Ao Luiz Arthur, por sua colaboração e por ser um exemplo de grande profissional, e aos ex-alunos e amigos Aline Gonzaga, Joanna Rodrigues e Iasmine, por participarem desta pesquisa.

Aos Professores Doutores Renato Araújo e Ana Karla Souza Braz, pela possibilidade ofertada para realização de parte desta pesquisa com Tomografia de coerência óptica.

Aos Professores Doutores Paulo Flores Campos e Ieda Viviane pelos ensinamentos e dedicação durante o curso de especialização em Radiologia Odontológica em Salvador/BA.

À minha orientadora e coorientadora do curso mestrado, Professoras Doutoras Patrícia Texeira de Oliveira e Ana Myriam Costa de Medeiros, pela dedicação e ensinamentos durante todo o curso.

A todos os amigos de turma do mestrado, João, Lacet, Patrícia, Daniella, Lucy, Ewamires, Ana Luiza, Raquel, Rafael, Rômulo, Luciana, Evamires, Lílian, Rosiane e Vilma.

Ao meu coorientador e amigo, Professor Doutor Luiz Roberto Coutinho Manhaes e à Professora Doutora Milena Bortolloto Felipe, que não mediram esforços para colaborar, colocando suas experiências e conhecimentos à disposição

para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos professores convidados do Curso de Doutorado, que não mediram esforços para transmitir seus conhecimentos, colocando suas experiências a disposição para formação da turma.

Aos amigos da turma de doutorado, em especial ao Fabiano, Miguel, Jaques e Luis Cláudio, por termos caminhado juntos nesse desafio, compartilhando horas no aprofundamento do saber profissional, trocando ideias e atingindo metas.

Aos funcionários da Faculdade São Leopoldo Mandic, pela dedicação, atenção e senso de responsabilidade.

Aos meus discentes, pelo respeito e carinho.

Aos meus amigos, que de uma forma ou de outra, me incentivaram e brindaram com suas amizades e carinho.

Por fim, mas não menos importantes, aos meus pacientes, pelo carinho e compreensão nos momentos em que não foi possível atendê-los prontamente.

A todos, minha eterna gratidão...

“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas; é quem faz as verdadeiras perguntas”.

(Claude Lévi-Strauss)

## RESUMO

Este estudo *in vitro* objetivou comparar através de uma análise cega a acurácia da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico e de Coerência Óptica no diagnóstico de fraturas radiculares em dentes unirradiculares humanos. Foram utilizados quarenta dentes que foram distribuídos aleatoriamente em cinco grupos (n = 8): controle, com tratamento endodôntico com e sem indução de fratura, com tratamento endodôntico e núcleo metálico fundido com e sem indução de fratura, cujas coroas foram seccionadas no limite amelocementário. Para os grupos com tratamento endodôntico, utilizou-se o sistema reciprocante e para confecção dos núcleos metálicos fundidos realizou-se a técnica direta. As fraturas radiculares foram induzidas em uma máquina de ensaio universal. A amostra foi escaneada no aparelho Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico e de Coerência Óptica. Três avaliadores experientes classificaram as imagens conforme a presença ou ausência de fratura. Para todas as análises, o nível de significância adotado foi de 5%. Nas análises das fraturas radiculares, avaliando-se todos os casos, a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico mostrou ser um bom método diagnóstico para a determinação da presença de fraturas radiculares. A Tomografia de Coerência Óptica demonstrou resultados semelhantes, entretanto, com melhor acurácia e melhor área da curva ROC ( $p < 0,0001$ ). No grupo controle, os dois métodos obtiveram o valor preditivo negativo de 100%. Para avaliação de fraturas em dentes com tratamento endodôntico, os dois métodos foram rigorosamente semelhantes, com altas sensibilidades. Na análise de fraturas em dentes com tratamento endodôntico e núcleo metálico fundido, a Tomografia de Coerência Óptica demonstrou melhor acurácia e melhor valor de área na curva ROC (0,87 e 0,875) do que a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (0,81 e 0,813). Dentro das limitações deste estudo, conclui-se que a sensibilidade, especificidade e acurácia da Tomografia de Coerência Óptica, para detectar a presença de fraturas radiculares de superfície, são comparáveis àquelas da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico. Nesta perspectiva, a Tomografia de Coerência Óptica pode representar uma alternativa nova, não invasiva, sem contato e sem exposição à radiação dos métodos convencionais usados para avaliar as fraturas radiculares *in vitro*.

Palavras-chave: Endodontia. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico. Tomografia de Coerência Óptica. Sensibilidade e Especificidade. Diagnóstico.

## ABSTRACT

This *in vitro* study aimed to compare through a blind analysis the accuracy of Cone-Beam Computed Tomography and Optical Coherence Tomography in the diagnosis of root fractures in human single-rooted teeth. Forty teeth were randomly distributed in five groups (n = 8): control, with endodontic treatment with and without induction fracture, with endodontic treatment and molten metal nucleus with and without induction fracture, whose crowns were sectioned at the maxillary limit. For the groups with endodontic treatment, the reciprocating system was used and for the preparation of the molten metal cores the direct technique was performed. Root fractures were induced in a universal test machine. The sample was scanned in the Cone-Beam Computed Tomography with and Optical Coherence. Three experienced raters rated the images according to the presence or absence of fracture. For all analyzes, the level of significance was 5%. In the analyzes of root fractures, all cases were evaluated, Cone-Beam Computed Tomography showed to be a good diagnostic method for determining the presence of root fractures. Optical Coherence Tomography showed similar results, however, with better accuracy and better area of the ROC curve ( $p < 0.0001$ ). In the control group, both methods were the negative predictive value equal to 100%. For evaluation of fractures in teeth with endodontic treatment, the two methods were strictly similar, with high sensitivities. In the analysis of fractures in teeth with endodontic treatment and molten metal nucleus, Optical Coherence Tomography demonstrated better accuracy and better area value in the ROC curve (0.87 and 0.875) than Cone-Beam Computed Tomography (0.81 e 0.813). Within the limitations of this study, it is concluded that the sensitivity, specificity and accuracy of Optical Coherence Tomography to detect the presence of surface root fractures are comparable to those of Cone-Beam Computed Tomography. In this perspective, Optical Coherence Tomography may represent a new alternative, non-invasive, without contact and without exposure to radiation of conventional methods used to evaluate the root fractures *in vitro*.

Keywords: Endodontics. Cone-Beam Computed Tomography. Tomography of the Optical Coherence. Sensitivity and Specificity. Diagnosis.

## **DIVULGAÇÃO E TRANSMISSÃO DO CONHECIMENTO**

Fraturas radiculares representam um importante causa de perdas dentárias, apresentando grande incidência em dentes com tratamento de canal e que possuem pinos metálicos no interior das raízes. Diagnosticar corretamente as fraturas radiculares representa um importante desafio para o cirurgião-dentista, pois sua detecção precoce influenciará diretamente no tratamento. Exames de imagem, como a tomografia odontológica, são essenciais para um correto diagnóstico de fraturas radiculares e novas técnicas de exames, como a tomografia de coerência óptica, estão surgindo para aprimorar o processo de diagnóstico. Nesta pesquisa, comparou-se a capacidade da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico e da Tomografia de Coerência Óptica para identificar fraturas radiculares induzidas em dentes humanos extraídos por indicação de um cirurgião-dentista. Observou-se que a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico, de fato, representa um bom método para diagnóstico de fraturas radiculares e que a Tomografia de Coerência Óptica obteve resultados semelhantes e, até mesmo superiores em relação à Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1 - Características e distribuição da amostra.....                              | 30 |
| Figura 1 - Secção das coroas dentárias.....  | 31 |
| Figura 2 - Preparo endodôntico dos canais radiculares dos grupos (G2, G3, G4 e 5)..... | 32 |
| Figura 3 - Confecção do NMF – técnica direta.....                                      | 33 |
| Figura 4 - Ensaio de indução de FR.....  | 33 |
| Figura 5 - Visualização da FR com lupa estereoscópica.....                             | 34 |
| Figura 6 - Aparelho de TCFC durante tempo de aquisição da amostra.....                 | 35 |
| Figura 7 - Aparelho de TCO durante tempo de aquisição da amostra.....                  | 36 |
| Figura 8 - Curvas ROC para métodos de avaliação (TCFC e TCO) com todos os casos.....   | 39 |
| Figura 9 - Curvas ROC para métodos de avaliação (TCFC e TCO) para G2 e G3.....         | 40 |
| Figura 10 - Curvas ROC para métodos de avaliação (TCFC e TCO) para G4 e G5.....        | 41 |
| Figura 11 - Curvas ROC para métodos de avaliação (TCFC e TCO) sem o G1... 42           |    |
| Figura 12 - Aspectos tomográficos de dentes avaliados por TCFC.....                    | 43 |
| Figura 13 - Aspectos tomográficos de dentes avaliados por TCO.....                     | 44 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Valores diagnósticos para cada método de avaliação (TCFC e TCO).....                   | 38 |
| Tabela 2 - Valores das áreas da curva ROC e intervalos para cada método de avaliação.....         | 39 |
| Tabela 3 - Valores diagnósticos para cada método de avaliação (TCFC e TCO) do G1.....             | 39 |
| Tabela 4 - Valores diagnósticos para cada método de avaliação (TCFC e TCO) dos G2 e G3.....       | 40 |
| Tabela 5 - Tabela 5 – Valores das áreas da curva ROC e intervalos para G2 e G3 na TCFC e TCO..... | 40 |
| Tabela 6 - Valores diagnósticos para cada método de avaliação (TCFC e TCO) dos G4 e G5.....       | 41 |
| Tabela 7 - Valores das áreas da curva ROC e intervalos para G4 e G5 na TCFC e TCO.....            | 41 |
| Tabela 8 - Valores diagnósticos para cada método de avaliação (TCFC e TCO) sem o G1.....          | 42 |
| Tabela 9 - Valores das áreas da curva ROC e intervalos sem o G1 na TCFC e TCO.....                | 42 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|          |  |
|----------|--|
| ATM      | - Articulação temporomandibular              |
| 2D       | - Bidimensional                              |
| cm       | - Centímetro                                 |
| CPO      | - Centro de Pesquisas Odontológicas          |
| CEP      | - Comitê de Ética em Pesquisa                |
| CNS      | - Conselho Nacional de Saúde                 |
| SLD      | - Diodo superluminescente                    |
| CCD      | - Dispositivo de carga acoplada              |
| FR       | - Fratura radicular                          |
| µm       | - Micrômetro                                 |
| micro-TC | - Microtomografia computadorizada            |
| mm       | - Milímetro                                  |
| nm       | - Nanômetro                                  |
| NMF      | - Núcleo metálico fundido                    |
| nº.      | - Número                                     |
| PFV      | - Pino de fibra de vidro                     |
| kgf      | - Quilograma força                           |
| RP       | - Radiografia periapical                     |
| ROC      | - <i>Receiver Operating Characteristic</i>   |
| TCFC     | - Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico |
| TCO      | - Tomografia de Coerência Óptica             |
| 3D       | - Tridimensional                             |
| VPN      | - Valor preditivo negativo                   |
| VPP      | - Valor preditivo positivo                   |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|       |                        |
|-------|------------------------|
| °     | - Grau                 |
| =     | - Igual                |
| NaOCl | - Hipoclorito de sódio |
| +     | - Mais                 |
| ®     | - Marca registrada     |
| <     | - Menor que            |
| %     | - Percentual           |
| ”     | - Polegada             |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>15</b> |
| <b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....   | <b>17</b> |
| <b>2.1 Fraturas radiculares (FR)</b> .....                                     | <b>17</b> |
| <b>2.2 Tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC)</b> .....             | <b>19</b> |
| <b>2.3 Tomografia de coerência óptica (TCO)</b> .....                          | <b>21</b> |
| <b>3 PROPOSIÇÃO</b> .....  | <b>28</b> |
| <b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....   | <b>29</b> |
| <b>4.1 Considerações éticas</b> .....  | <b>29</b> |
| <b>4.2 Amostra</b> .....   | <b>29</b> |
| <b>4.2.1 Critérios de inclusão</b> .....                                       | <b>30</b> |
| <b>4.2.2 Critérios de exclusão</b> .....                                       | <b>30</b> |
| <b>4.3 Preparo dos dentes e tratamento endodôntico</b> .....                   | <b>31</b> |
| <b>4.4 Preparo do núcleo metálico fundido (NMF)</b> .....                      | <b>32</b> |
| <b>4.5 Indução da fratura radicular</b> .....                                  | <b>33</b> |
| <b>4.6 Análise por Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC)</b> ..... | <b>34</b> |
| <b>4.6.1 Obtenção das imagens</b> .....  | <b>34</b> |
| <b>4.6.2 Avaliação das imagens da TCFC</b> .....                               | <b>35</b> |
| <b>4.7 Análise por Tomografia de Coerência Óptica (TCO)</b> .....              | <b>35</b> |
| <b>4.7.1 Avaliação das imagens da TCO</b> .....                                | <b>36</b> |
| <b>4.8 Avaliação dos resultados</b> .....                                      | <b>37</b> |
| <b>4.9 Análise estatística</b> .....   | <b>37</b> |
| <b>5 RESULTADOS</b> .....  | <b>38</b> |
| <b>6 DISCUSSÃO</b> .....   | <b>44</b> |
| <b>7 CONCLUSÃO</b> .....   | <b>51</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | <b>52</b> |
| <b>ANEXO A – PARECER COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA</b> .....                     | <b>58</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Os traumas dentários e/ou oclusais podem acometer as estruturas de suporte do elemento acometido ou podem atingir diretamente as estruturas mineralizadas e pulpares, promovendo fraturas de coroa, coroa-raiz ou fraturas radiculares (FR). Uma causa importante de perdas dentárias são as FR, apresentando grande incidência em dentes tratados endodonticamente e que, em muitos casos, possuem retentores intrarradiculares (Cohen et al., 2006; Menezes et al., 2016).

Diagnosticar corretamente as FR é um desafio para o Cirurgião-Dentista, visto que sua detecção precoce influenciará diretamente no planejamento terapêutico e no prognóstico do dente acometido. O processo de diagnóstico deve considerar o completo histórico do caso, metucioso exame clínico, assim como uma avaliação da estrutura dentária e óssea por exames imaginológicos (Patel, 2009; Tsesis et al., 2010).

O advento da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC), com a representação tridimensional (3D) das estruturas maxilofaciais, permitiu um amplo avanço no diagnóstico e planejamento em diversas áreas da Odontologia, com destaque para a Endodontia (Patel et al., 2013). Diversos estudos (Hassan et al., 2001; Kamburoğlu et al., 2010; Melo et al., 2010; Varshosaz et al., 2010; Costa et al., 2011; D'Addazio et al., 2011; Edlund et al., 2011; Kajan, Taromsari, 2012; Kambungton et al., 2012; da Silveira et al., 2013) têm demonstrado a superioridade da acurácia da TCFC na detecção de FR em relação às tomadas periapicais convencionais ou mesmo digitais.

Recentemente, novas técnicas ópticas de obtenção de imagens vêm sendo utilizadas em Odontologia, em particular a Tomografia por Coerência Óptica (TCO), uma tecnologia que já apresenta diferentes utilizações na área médica. A TCO é um método de diagnóstico por imagem de alta resolução capaz de fornecer análises estruturais e marginais, revelar detalhes anatômicos e identificar defeitos minuciosos existentes. Esta modalidade de imagem, que faz uso de atributos da física óptica, foi demonstrada em 1991 por Huang et al., que afirmaram, pela primeira vez, que a técnica de TCO é capaz de gerar imagens de secção transversal em alta resolução da microestrutura interna de materiais e sistemas biológicos, medindo a luz que é refletida e retroespalhada, sem a necessidade de seccionar as amostras a serem estudadas (Monteiro et al., 2011a,b; Mota et al., 2013).

Nas últimas duas décadas, surgiram alguns trabalhos utilizando a TCO em diversas especialidades odontológicas, especialmente para caracterização anatômica (Bouma, Tearney, 2002; Fujimoto, 2013), diagnóstico de cárie (Braz et al., 2009a), avaliação de restaurações (Baumgartner et al., 2000), caracterização de materiais dentários (Sailer et al., 2007), identificação de FR (Yoshioka et al., 2013; de Oliveira et al., 2017).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi comparar, *in vitro*, a acurácia da TCFC e TCO no diagnóstico de FR em dentes unirradiculares humanos com e sem tratamento endodôntico e com e sem núcleo metálico fundido.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Fraturas radiculares (FR)

As FR são definidas como aquelas envolvendo a dentina, cemento e polpa. Representam 0,5-7% das lesões em dentes permanentes, com maior incidência em indivíduos entre 11 e vinte anos (Doğan et al., 2018; Malhotra et al., 2018). Frequentemente, a etiologia da FR é relacionada a traumas tanto físicos quanto oclusais, principalmente decorrentes de hábitos parafuncionais, reabsorção patológica e iatrogenias, na maioria das vezes associadas ao tratamento endodôntico e à adaptação de retentores intracanaís (Kamburoğlu et al., 2010).

Dentes com tratamento endodôntico possuem maior probabilidade à fratura. Técnicas mal aplicadas durante o acesso e a instrumentação dos canais podem gerar uma grande diminuição da estrutura de dentina remanescente e tensões excessivas sobre a mesma (Kajan, Taromsari, 2012). A utilização de pinos metálicos fundidos ainda representa boa parte dos procedimentos associados à reabilitação de dentes tratados endodonticamente. Todavia, o alto grau de dureza e resistência são superiores se comparados à estrutura de dentina remanescente do conduto radicular, o que induz tensões sobre a dentina e, em muitos casos, FR (Manicardi et al., 2011).

É necessário determinar com precisão a extensão (completa ou incompleta), a direção (oblíqua, horizontal ou vertical) e a quantidade de superfícies proximais envolvidas na FR (de Rezende et al., 2016). Diagnosticar precocemente a FR é essencial para evitar desconforto prolongado dos pacientes, realização de tratamentos desnecessários e prevenir danos ao osso adjacente, o que pode diminuir o risco de complicações futuras associadas à reabilitação com implantes

dentários (Parrone et al., 2017). A linha de fratura pode também atuar como uma rota plausível para a invasão de micro-organismos que induzem respostas inflamatórias, seguida pela reabsorção do osso alveolar, simulando outras condições, como doença periodontal ou falha no tratamento endodôntico (Cohen et al., 2006).

A detecção das FR representa um dos grandes desafios, não só para o clínico, como também para o especialista em radiologia odontológica, visto que, de modo geral, não são observados sinais e sintomas patognomônicos (Coppens, De Moor, 2003). O diagnóstico definitivo das FR por meio de métodos como transiluminação, sondagem periodontal e exame visual direto nem sempre é possível devido à confiabilidade limitada desses métodos, e, portanto, exames de imagens são imprescindíveis para o adequado diagnóstico desta lesão (Parrone et al., 2017).

Radiografias periapicais (RP) ainda representam a ferramenta mais disponível, ao alcance do clínico para o diagnóstico de FR. Contudo, os feixes de raios X precisam passar exatamente paralelos ao plano da linha de fratura para que a mesma possa ser visível. Em algumas situações, sugere-se realizar as RP em angulações diferentes para descartar resultados duvidosos (De Moor, 2003; Durack, Patel, 2012; Parrone et al., 2017). Com a difusão da radiografia digital a partir da década de noventa, melhorias como redução da dose de radiação, aprimoramento da qualidade da imagem, redução do tempo de trabalho e facilidade de armazenamento foram observadas em relação à técnica convencional. Além disso, já foi observada a superioridade de diagnóstico das radiografias digitais, quando comparado ao método convencional, na identificação de fraturas radiculares. Embora apresente vasta utilidade, RP possuem limitações, como a sobreposição de

estruturas tridimensionais (3D) em imagens bidimensionais (2D), o que compromete a análise dos achados dentários e das estruturas adjacentes (Durack, Patel, 2012).

## **2.2 Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC)**

A TCFC foi introduzida na Odontologia em 1998. Desde então, tem obtido grande aceitação na obtenção de imagens do complexo dentomaxilofacial e vem substituindo consideravelmente a tomografia convencional no diagnóstico odontológico (Spin-Neto et al., 2013; Doğan et al., 2018). O uso da TCFC criou uma revolução na imagem maxilofacial, facilitando a transição do diagnóstico dental de imagens 2D para 3D e expansão do papel da imagem como diagnóstico para guia em procedimentos cirúrgicos (Spin-Neto et al., 2013).

Na TCFC, imagens axiais, coronais, sagitais e transversais podem ser obtidas a partir dos dados fornecidos pelos dispositivos do aparelho. Como resultado, é possível identificar de forma mais detalhada e de maneira mais precisa as FR. Além disso, é possível fornecer ao clínico uma ampla área de aplicações para avaliação de fraturas dentárias, medição do tamanho das lesões periapicais, avaliação da densidade na área de lesões, planejamento de diversos tipos de procedimentos cirúrgicos, incluindo implantes dentários, avaliação dos seios maxilares, análise das articulações temporomandibulares (ATM), dentre outras possibilidades (Doğan et al., 2018).

A dose de radiação emitida durante o exame com TCFC varia de acordo como dispositivo, tempos de varredura e tipo de uso. A quantidade de radiação está diretamente relacionada ao período de exposição e ao campo da imagem. Por esta razão, é recomendado que as imagens sejam obtidas a partir do menor campo possível. A TCFC garante aos clínicos imagens de alta resolução, com tempos de varredura relativamente curtos (10-70 segundos) e uma dose de radiação reportada

igual a necessária para a obtenção de quatro a 15 radiografias panorâmicas (Doğan et al., 2018).

Ao longo das duas últimas décadas, pesquisas buscaram comprovar a eficácia da TCFC como ferramenta no diagnóstico de FR. No estudo de Bernardes et al. (2009) foram selecionados vinte dentes tratados endodonticamente, com suspeita de FR e que apresentavam sinais e sintomas pouco específicos. Os dentes foram escaneados utilizando um aparelho de TCFC e posteriormente radiografados. As imagens TCFC foram comparadas com as radiografias convencionais e foi concluído que as imagens de TCFC eram superiores às radiografias convencionais no diagnóstico de FR. Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos de Hassan et al. (2010), Özer (2010) e Kajan & Taromsari (2012).

Além das imagens pela TCFC, a tomografia computadorizada helicoidal também foi avaliada por Likubo et al. (2009), para detecção das FR. No estudo, 28 dentes anteriores superiores foram utilizados, dentre os quais 13 foram fraturados com o objetivo de comparar a precisão na detecção de FR da radiografia convencional, da tomografia computadorizada helicoidal e da TCFC. Concluíram que a TCFC é mais útil que as outras modalidades de imagem para o diagnóstico de FR.

No que diz respeito às desvantagens da TCFC, a principal dificuldade encontrada na análise de imagens provenientes da TCFC ocorre quando um material de alta densidade está presente no volume escaneado (Likubo et al., 2009; Schulze et al., 2011). Pesquisas têm evidenciado que a presença de implantes dentários (Schulze et al., 2011), guta-percha e restaurações metálicas, bráquetes ortodônticos e restaurações metálicas são fatores relacionados para a formação dos artefatos, produzindo uma redução considerável na qualidade global do exame (Schulze et al., 2011; Pauwels et al., 2013).

Os artefatos são representados por defeitos hiperdensos e/ou hipodensos que podem sobrepor-se à raiz do dente e mimetizar uma FR (Doğan et al., 2018), principalmente quando são produzidos por materiais intracanal de alta densidade física como a guta-percha (Khedmat et al., 2012; da Silveira et al., 2013; Patel et al., 2013) e pino metálico (Melo et al., 2010; Costa et al., 2011; da Silveira et al., 2013). Linhas hipodensas de artefatos, por possuírem grande semelhança com as linhas de fratura, podem conduzir a um diagnóstico e plano de tratamento incorretos e, em alguns casos, pode resultar na indicação desnecessária da exodontia do dente analisado (Kajan, Taromsari, 2012).

### **2.3 Tomografia de Coerência Óptica (TCO)**

A TCO é uma recente técnica de estudo por imagem testada pela primeira vez em 1991 por Huang et al. É um tipo de imagem óptica não invasiva, uma vez que não utiliza radiação ionizante, e não destrutiva, já que faz uso do princípio da interferometria de baixa coerência para exibir cortes transversais com profundidade 2D e imagens volumétricas 3D em tempo real, com resolução em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) e profundidade de imagem ao nível de milímetros (mm) em tecidos biológicos (Shimada et al., 2012; Nazari et al., 2013).

O princípio de funcionamento da TCO é semelhante à técnica do ultrassom (Erbel et al., 1998). No ultrassom, uma onda sonora de alta frequência é gerada no interior do material ou tecido para que se forme a imagem. A onda sonora é, então, refletida ou retroespalhada destes materiais que possuem propriedades acústicas diferentes. A TCO usa uma técnica parecida, entretanto, ondas luminosas são usadas em substituição às ondas sonoras. As mensurações das distâncias das microestruturas são realizadas utilizando-se esta luz, que é refletida e

retroespalhada de acordo com as características microestruturais internas do material ou tecido (Fujimoto et al., 2009). Assim, as imagens em TCO denominam-se imagens *B-scan*, geradas basicamente pela gravação linear latero adjacente de uma série de sinais *A-scan*, que é o sinal da varredura em profundidade na interferometria de baixa coerência. Desta forma, a TCO gera sinais *A-scan* e imagens *B-scan* análogas ao ultrassom (Fercher, 2010). A divergência entre a TCO e o ultrassom é que a velocidade da luz é aproximadamente um milhão de vezes mais veloz do que a velocidade do som. Também é importante frisar que, pelo fato de imagem de ultrassom depender de ondas sonoras, este requer o contato direto com a superfície para que haja a transmissão das ondas. Diferentemente, a imagem em TCO pode ser produzida sem contato físico ou necessidade de um meio especial de transmissão. Além disso, a TCO produz imagens com resolução em micrômetros, enquanto que a resolução do ultrassom é na ordem de milímetros. A utilização da TCO é particularmente útil para meios altamente espalhadores, como é o caso dos tecidos duros (Bronzino, 2015).

A identificação do sinal óptico, na TCO ocorre por meio de uma técnica interferométrica. Esta técnica baseia-se na interferência entre dois feixes de luz de baixa coerência, cuja resolução espacial longitudinal é determinada pela largura de banda espectral da fonte e a profundidade de penetração no material em função dos coeficientes de espalhamento e absorção. O método de captação do sinal tem como componentes essenciais o interferômetro de Michelson (espelhos, divisor de feixes e fotodetector) e a fonte de luz. Como fontes de luz pode-se utilizar lasers diodos, diodos superluminescentes (SLD) e lasers de Femtosegundo (Titânio-safira). Todavia, os SLD tornaram-se as fontes de luz predominantes por possuírem

baixo custo e maior resolução em profundidade, além disso, apresentam uma emissão espectral mais ampla (Prasad, 2003; Fercher, 2010).

O interferômetro de Michelson é o tipo mais fundamental de interferômetro de dois feixes. Ele pode ser utilizado para medir comprimentos de onda com grande precisão. Nele, a fonte de luz gera um feixe que incide em um divisor de feixes, que passa a ser separado em duas direções. Cada feixe é refletido em seu respectivo espelho e ambos são recombinados no divisor de feixes. Uma vez que os feixes se recombinam no divisor, estes tendem a sofrer uma interferência do tipo construtiva ou destrutiva, onde o gráfico da intensidade desta interferência é nomeado de interferograma (Prasad, 2003).

Após passagem e recombinação no divisor de feixes, o feixe incide no detector/sensor, sendo então amplificado, filtrado, processado e convertido de sinal analógico (gráfico) para um sinal digital, ou seja, uma imagem. Esta imagem pode ser exibida em tons de cinza ou azul, atribuindo claro para intensidades altas, ou em cores falsas, usando cores "quentes" (vermelho e amarelo) para números maiores, e cores "frias" (azul e verde) para baixas intensidades. A exibição dos dados em cores falsas permite uma melhor distinguibilidade de diferentes intensidades. Isso ocorre graças ao fato de a visão humana ter uma capacidade limitada em distinguir diferentes graus de intensidade, assim, ao adicionar-se a possibilidade de mudança de cor, além do nível de intensidade luminosa, pode-se explorar o gradiente entre uma cor e outra. Na imagem gerada por um monitor de computador, isso pode ser verificado pelo fato de existirem somente 256 níveis diferentes de cinza comparado às 256 tonalidades diferentes de cor e intensidade (Prasad, 2003; Fercher, 2010; Bronzino, 2015).

Os detectores do sinal nos sistemas de TCO são sensores de imagem tipo dispositivo de carga acoplada (CCD) que possuem capacitores sensíveis à luz. Estes sensores produzem imagens com qualidade excelente, mas possuem limitações físicas em operações que exigem alta velocidade (Fercher, 2010).

A TCO foi inicialmente usada clinicamente para identificação de processos degenerativos da retina, passando a ser uma ferramenta essencial no ramo da Oftalmologia (Hee et al., 1995). Recentemente, passou a ser utilizada também como ferramenta complementar no diagnóstico de arteriosclerose intracoronária e em diversas outras especialidades médicas como dermatologia, urologia, pneumologia, neurologia, dentre outras (Hee et al., 1995; Schmitt et al., 1995; Williamson et al., 2011).

Em Odontologia, estudos já utilizaram a TCO na pesquisa e diagnóstico de doenças periodontais, identificação de lesões precoces de cáries, e trincas de esmalte, caracterização da anatomia de canais radiculares, análise de selamento apical, qualidade da colagem ortodôntica e infiltração em limites protéticos, propagação de fraturas em compósitos, microinfiltração de restaurações dentárias *in vitro* e *in vivo* (Baumgartner et al., 2000; Braz et al., 2009b), entretanto não há estudos que comparem o uso desse sistema à TCFC na detecção de fraturas radiculares.

Sinescu et al. (2008) avaliaram o potencial da TCO como um método não-invasivo de alta resolução, para fornecer informações necessárias sobre os defeitos de material de próteses dentárias e microinfiltração em interfaces protéticas. Também foram produzidas imagens dos dentes após diversos métodos de tratamento para avaliação da interface, bem como a presença ou ausência de microinfiltração apical, e, ainda para avaliar a qualidade da colagem de bráquetes

ortodônticos em tecido duro dentário. Fendas nas interfaces dentárias e defeitos dos materiais foram claramente expostos.

Guimarães et al. (2010) avaliaram o emprego da TCO no diagnóstico do padrão de falha e caracterização morfológica do conjunto pino de fibra de vidro (PFV)/ cimento resinoso/estrutura dentária em corpos de prova submetidos a ensaio de extrusão (*push-out*). As imagens obtidas da TCO foram capazes de identificar: falhas adesivas dentina/cimento; falhas coesivas no cimento; falhas coesivas dentárias; presença de bolhas superficiais e profundas; presença de partículas inorgânicas e a espessura da linha de cimentação. Concluíram que a TCO é um bom recurso auxiliar na caracterização óptica e morfológica de falhas na interface adesiva de PFV após extrusão.

Bakhsh et al. (2011) objetivaram validar a TCO como um método eficaz na quantificação de fendas na interface dente/resina. Concluíram que a TCO pode ser usada para detectar e quantificar, de forma não invasiva, lacunas em micrômetros, na parte inferior das restaurações em resinas compostas, e, potencialmente, tornar-se um instrumento de monitorização para as restaurações em resina, tanto no laboratório de pesquisa como na clínica.

Imai et al. (2012) utilizaram a TCO como uma ferramenta de diagnóstico de fraturas em esmalte. A presença e extensão de fissuras de esmalte foram claramente visualizadas. A extensão das fissuras de esmalte para além da junção dentinária também pôde ser confirmada. A precisão do diagnóstico de TCO demonstrou ser superior à de uma inspeção visual convencional; as fissuras de esmalte puderam ser claramente detectadas por causa do aumento do retroespalhamento de luz no local da fenda.

Em um estudo *in vitro*, Nakagawa et al. (2013)<sup>60</sup> objetivaram validar a TCO para o diagnóstico de cáries em superfícies lisas de esmalte. Índices de sensibilidade e especificidade para TCO e inspeção visual foram calculados e comparados. Os resultados foram analisados estatisticamente por meio da curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC). A TCO apresentou resultados superiores para a detecção de cáries dentinárias e maior sensibilidade foi obtida por dentistas experientes. A TCO foi considerada como eficiente no diagnóstico de lesões de cárie em superfícies lisas, bem como da sua extensão e o envolvimento de dentina.

Visando ter uma compreensão detalhada da complexidade do sistema de canais radiculares, Shemesh et al. (2007) avaliaram a capacidade da TCO para obtenção de detalhes em paredes de canais radiculares após o preparo endodôntico e correlacionar estas imagens com cortes histológicos. Todos os canais ovais, regiões sem limpeza, zonas de risco e uma perfuração que foram detectados na histologia também foram descritas pela TCO. Concluíram que a TCO óptica demonstrou ser um método confiável para imagem de canais e dentina radiculares de uma forma não destrutiva.

Yoshioka et al. (2013) e Oliveira et al. (2017) compararam a eficácia de TCO e microtomografia computadorizada (micro-TC) para detecção de FR em dentes humanos extraídos. Concluíram que TCO obteve resultados compatíveis com os encontrados pela micro-TC (padrão-ouro) e que, portanto, a TCO pode representar uma alternativa nova, não invasiva, sem contato e sem exposição à radiação para avaliar as FR.

As RP ainda representam a ferramenta mais disponível, ao alcance do clínico para o diagnóstico de FR. Contudo, os feixes de raios X precisam passar

exatamente paralelos ao plano da linha de fratura para que a mesma possa ser visível. Em algumas situações, sugere-se realizar as RP em angulações diferentes para descartar resultados duvidosos (Jones et al., 2015; Parrone et al., 2017). Com a difusão da radiografia digital a partir da década de noventa, melhorias como redução da dose de radiação, aprimoramento da qualidade da imagem, redução do tempo de trabalho e facilidade de armazenamento foram observadas em relação à técnica convencional. Além disso, já foi observada a superioridade de diagnóstico das radiografias digitais, quando comparado ao método convencional, na identificação de fraturas radiculares (Tsisis et al., 2010). Embora apresente vasta utilidade, as RP possuem limitações, como a sobreposição de estruturas 3D em imagens 2D, o que compromete a análise dos achados dentários e das estruturas adjacentes (Durack, Patel, 2012).

### 3 PROPOSIÇÃO

Comparar, *in vitro*, a acurácia da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico e da Tomografia de Coerência Óptica no diagnóstico de fraturas radiculares em dentes unirradiculares humanos com e sem tratamento endodôntico e com e sem núcleo metálico fundido.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Considerações éticas

Conforme determina a Resolução nº. 466/2012 e a Norma Operacional nº. 001/2013 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), por se tratar de uma pesquisa envolvendo dentes humanos extraídos (*ex vivo*), este estudo foi previamente submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro de Pesquisas Odontológicas (CPO) São Leopoldo Mandic, e aprovado sob o Parecer nº. 2.332.739 em 16 de novembro de 2017 (Anexo A).

### 4.2 Amostra

A amostra foi constituída por quarenta dentes unirradiculares obtidos do Banco de Dentes da Universidade Federal de Alagoas. O tamanho da amostra foi estabelecido a partir da análise de estudos previamente publicados em conceituados periódicos da literatura científica especializada (Kamburoğlu et al., 2010; Costa et al., 2011; Menezes et al., 2016).

Unidades experimentais: dentes humanos unirradiculares

Fatores em estudo: TCFC e TCO

- Variável de resposta: diagnóstico de fratura radicular.

Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em cinco grupos (n = 8) (quadro 1).

Quadro 1 – Características e distribuição da amostra.

| GRUPO           | Nº | PREPARO   | VARIÁVEL RESPOSTA                     |
|-----------------|----|---|---------------------------------------|
| 1<br>(Controle) | 8  | S/indução de fratura radicular + s/tratamento endodôntico | Diagnóstico por imagens de TCFC e TCO |
| 2               | 8  | S/indução de fratura radicular + tratamento endodôntico   |                                       |
| 3               | 8  | C/indução de fratura radicular + tratamento endodôntico   |                                       |

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| 4 | 8 | S/indução de fratura radicular + tratamento endodôntico + NMF |  |
| 5 | 8 | C/indução de fratura radicular + tratamento endodôntico + NMF |  |

Fonte: Autoria própria.

#### **4.2.1 Critérios de inclusão**

O dentes selecionados apresentaram:

- Uma única raiz e um único canal radicular;
- Raízes com tamanhos semelhantes;
- Pelo menos 1/3 de remanescente coronário;
- Raízes com o mesmo padrão de curvatura de acordo com o método de Schneider (1971), não excedendo um ângulo de 30° (observados previamente em radiografias);
- Ausência de fraturas (inspeção prévia com esteromicrocópio).

#### **4.2.2 Critérios de exclusão**

Foram excluídos os dentes que apresentaram:

- Rizogênese incompleta;
- Raíz supranumerárias;
- Raíz com reabsorção externa visível na região apical e que comprometesse o limite apical de preparo radicular;
- Raíz que apresentasse algum instrumento fraturado no interior do canal durante o preparo;
- Raiz que tivesse tratamento endodôntico realizado anteriormente.

### 4.3 Preparo dos dentes e tratamento endodôntico

Após a coleta da amostra, todos os dentes foram submetidos a alisamento da superfície radicular e foram armazenados em água destilada para evitar desidratação, durante o período da pesquisa.

Com o objetivo de se eliminar o viés de identificação de fraturas coronárias, o que pode ser um indicativo da existência de fratura radicular, as coroas de todos os dentes foram seccionadas no limite amelocementário (figura 1), utilizando-se um disco de carborundum acoplado a uma peça reta com baixa rotação. Logo em seguida, as superfícies foram aplainadas com disco rotatório de lixa d'água.

Figura 1 – Secção das coroas dentárias.

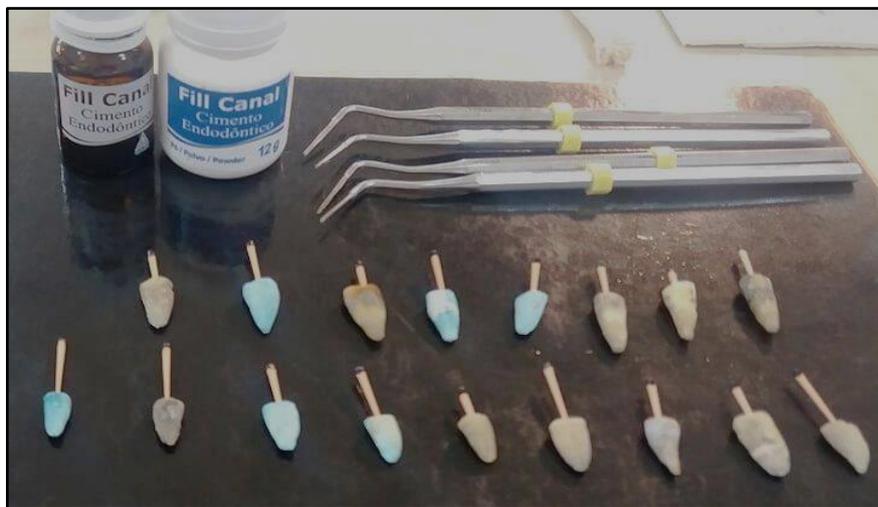


Fonte: Autoria própria.

Após a visualização da abertura dos canais radiculares, os dentes foram submetidos a tratamento endodôntico, por meio do sistema Reciproc<sup>®</sup> (VDW, Munich, Germany) utilizando o instrumento R 40 (40.06). A irrigação foi realizada com hipoclorito de sódio (NaOCl). Como os dentes foram manipulados após a inspeção inicial para a composição da amostra, a ausência de fratura foi confirmada através da visualização clínica por transluminação.

Os dentes dos grupos 2, 3, 4 e 5 foram obturados e preenchidos com cones de guta-percha (técnica do cone único) e com o cimento resinoso Fill Canal<sup>®</sup> (TechNew). O excesso coronal de guta-percha foi removido com condensadores verticais aquecidos em lamparina. A guta-percha foi condensada verticalmente com *pluggers* condensadores de canal radicular (model LM 41-42 XSi; LM-Dental, Naantali, Finland). Finalizado esse processo, as cavidades de acessos foram limpas com uma bolinha de algodão embebida em álcool 70% (figura 2).

Figura 2 – Preparo endodôntico dos canais radiculares dos grupos (G2, G3, G4 e G5).



Fonte: Autoria própria.

#### 4.4 Preparo do núcleo metálico fundido (NMF)

Para a confecção do NMF, foi utilizada a técnica direta, em que a resina acrílica (Duralay<sup>®</sup>) fêz-se uma cópia idêntica do conduto radicular, e em seguida foi enviada ao laboratório protético para a fundição (figura 3). Os núcleos foram posicionados em cada um dos dentes e cimentados com cimento fostato de zinco.

Figura 3– Confecção do NMF – técnica direta.



Fonte: Autoria própria.

#### 4.5 Indução da fratura radicular

As FR foram induzidas em uma máquina de ensaio universal EMIC® (modelo DL 2000) com a introdução de uma ponta metálica cônica na superfície da estrutura dentária ou no NMF em dentes acondicionados em um troquel de resina acrílica. O ensaio mecânico foi calibrado para efetuar medições com velocidade de 5 mm/minuto sob força de 200 kgf. Os dentes foram fixados em uma superfície plástica e colocados na plataforma metálica do aparelho de forma que não ocorresse a movimentação durante o procedimento (figura 4).

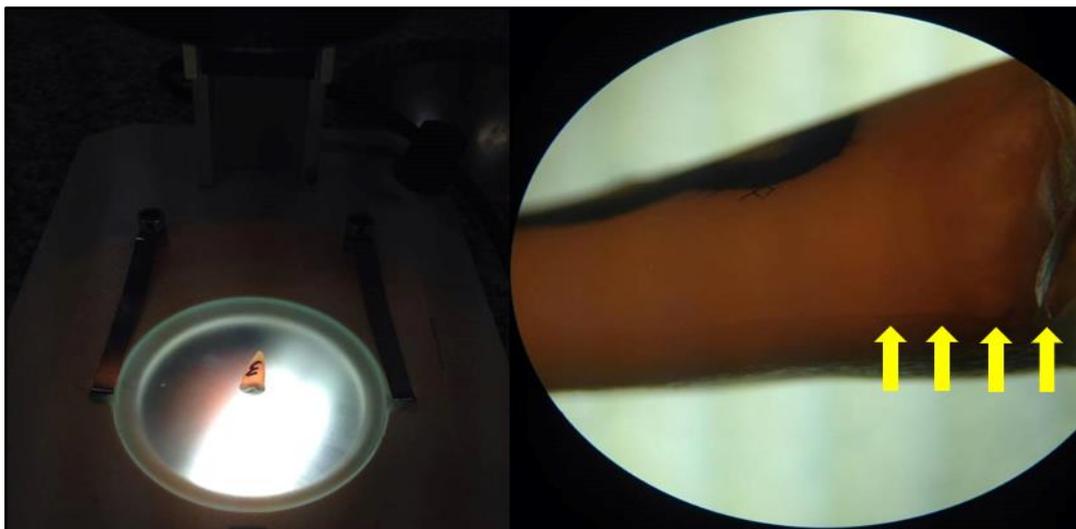
Figura 4– Ensaio de indução de FR.



Fonte: Autoria própria.

Durante o procedimento, a máquina foi automaticamente parada ao induzir a FR. Em seguida foi realizada uma inspeção visual para confirmação da existência da fratura utilizando-se lupa estereoscópica Eikonol Equip. Ópticos e Analíticos (modelo EK3ST) (figura 5).

Figura 5– Visualização da FR com lupa estereoscópica.



Fonte: Autoria própria.

#### **4.6 Análise por Tomografia Computadorizada de Feixe Cônicos (TCFC)**

Para manter a condição similar do dente implantado no alvéolo e simulação dos tecidos moles adjacentes, toda a superfície da raiz dentária foi coberta com cera utilidade, em um recipiente plástico contendo água.

##### **4.6.1 Obtenção das imagens**

A amostra foi escaneada, antes e depois de realizadas as FR, no aparelho de TCFC da marca Sirona com 85 kV e 3-8 Ma. Os exames foram realizados na Clínica Nero Radiologia Odontológica (Maceió/AL) .

Figura 6– Aparelho de TCFC durante tempo de aquisição da amostra.



Fonte: Autoria própria.

#### **4.6.2 Avaliação das imagens da TCFC**

As imagens foram avaliadas aleatoriamente por três avaliadores cegos, radiologistas odontológicos, em um ambiente ausente de luz, utilizando um computador com tela plana de 17" com resolução de 1024 x 768 pixels no programa InVivo 6 (Anatomage). Foi permitido correr as imagens nos três planos de corte (axial, coronal e sagital) e os cortes transversais, podendo alterar o brilho/contraste e tamanho da imagem. Os observadores foram instruídos para marcar a presença ou ausência de fratura como sim ou não, respectivamente.

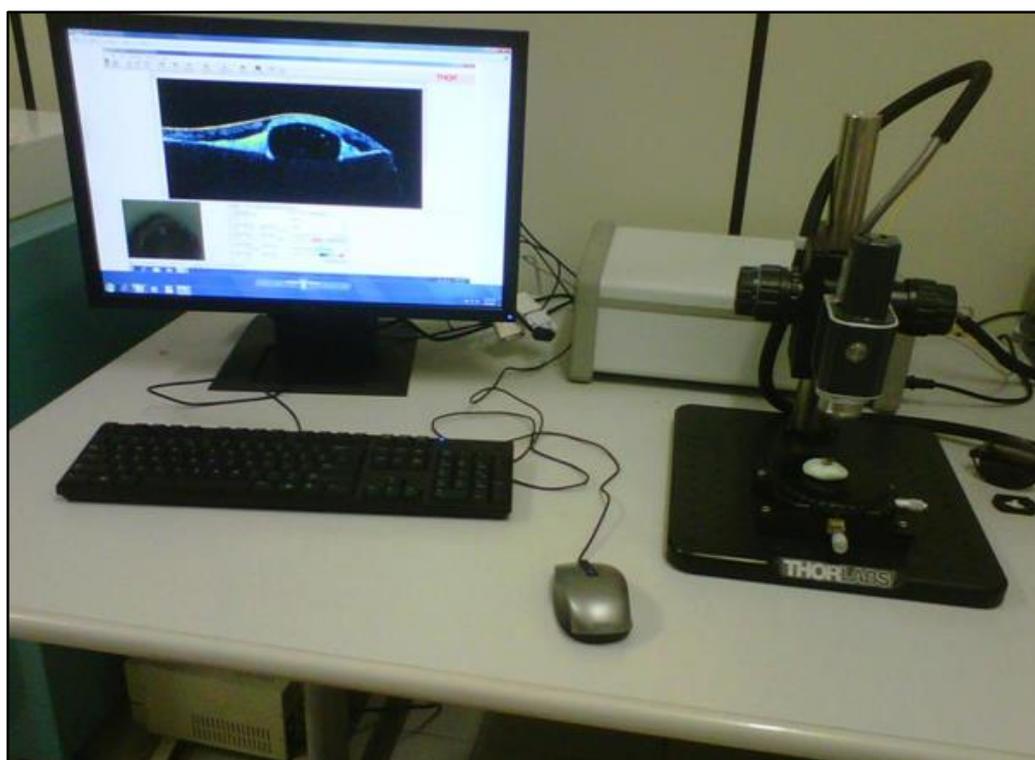
#### **4.7 Análise por Tomografia de Coerência Óptica (TCO)**

Os mesmos espécimes analisados na TCFC foram visualizados em TCO (Laboratório de Optoeletrônica e Fotônica do Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco). Foram obtidas imagens 2D nos sentidos xz e yz (cortes axiais) no sistema Spectral Radar SR-OCT (OCP930SR) e imagens do escaneamento topográfico superficial (*en-face*), nos sentidos xy, por meio da varredura 3D no sistema Callisto Spectral Domain SD-OCT (Thorlabs, New Jersey,

EUA).

Os sistemas de TCO são constituídos por três componentes essenciais: um computador, uma peça de mão e uma unidade base. A unidade base possui a fonte de luz, que consiste em um SLD com comprimento de onda central de 930 nm. A luz é direcionada, por meio de fibra óptica, ao interferômetro de Michelson, que se encontra localizado no interior da peça de mão. A luz refletida pela amostra e pelo espelho de referência é recombinada através da fibra óptica até o espectrômetro e sensor de imagem situados na unidade base, que é conectada ao computador equipado com dois cartões de aquisição de dados de alta performance (figura 7).

Figura 7 – Aparelho de TCO durante tempo de aquisição da amostra.



Fonte: Autoria própria.

#### **4.7.1 Avaliação das imagens da TCO**

Os espécimes foram posicionados na mesa de trabalho com a superfície cervical perpendicular à linha de varredura. A partir da varredura nos sentidos mesiodistal e vestibulolingual, foram selecionadas três imagens 2D, de 6 mm de

largura, que demonstraram as falhas presentes em cada espécime. Os cortes axiais foram complementados com as imagens *en-face* para melhor visualização das proporções estruturais e análise superficial.

#### **4.8 Avaliação dos resultados**

As imagens foram avaliadas por dois examinadores treinados em TCFC e outros dois diferentes examinadores treinados em TCO, atribuindo “Sim” ou “Não” para a presença de falhas (FR). Um terceiro avaliador (independente para cada técnica) avaliou, posteriormente, as imagens de TCO e TCFC. Esta avaliação consensual foi utilizada como padrão de referência para o cálculo da acurácia.

#### **4.9 Análise estatística**

Os dados foram analisados por meio do *software* SPSS® (Versão 21; SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

Os modos de falhas e as alterações da dentina foram avaliados de forma descritiva.

O padrão-ouro utilizado foi a inspeção visual direta dos dentes, em que os dentes que apresentavam linha de fratura foram considerados fraturados e foi calculado para cada método em cada situação específica (neste estudo), os valores de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP), valor preditivo negativo (VPN) e acurácia diagnóstica, cujas definições encontram-se descritas a seguir:

- Sensibilidade: capacidade que o teste diagnóstico/triagem apresenta de detectar os casos verdadeiramente positivos, ou seja, de diagnosticar corretamente as FR;
- Especificidade: capacidade que o teste diagnóstico/triagem tem de detectar

os verdadeiros negativos, isto é, de diagnosticar corretamente a ausência de FR;

- VPP: proporção de FR entre os positivos pelo teste;
- VPN: proporção de dentes sem FR entre os negativos ao teste;
- Acurácia diagnóstica: grau em que o teste ou uma estimativa baseada em um teste é capaz de determinar o verdadeiro valor do que está sendo medido. A acurácia informa se os resultados representam a "verdade" ou o quanto se afastam dela.

A área sob a curva ROC foi calculada para avaliar a relação entre a sensibilidade e especificidade obtidas com os diferentes métodos de avaliação (TCFC e TCO).

Para todas as análises, o nível de significância adotado foi de 5%.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Análise geral (todos os grupos)

Nas análises das FR induzidas, avaliando-se todos os casos, a TCFC mostrou-se ser um bom método diagnóstico para a determinação da presença de fraturas (tabelas 1 e 2). A TCO obteve resultados semelhantes, entretanto, com melhor acurácia (tabela 1) e melhor área da curva ROC (tabela 2 e figura 8).

Tabela 1–Valores diagnósticos para cada método de avaliação (TCFC e TCO).

| Diagnósticos   | TCFC  |                   | TCO   |                   |
|----------------|-------|-------------------|-------|-------------------|
|                | Valor | IC95% (inf./sup.) | Valor | IC95% (inf./sup.) |
| Sensibilidade  | 1     | a-a               | 1     | a-a               |
| Especificidade | 0,75  | 0,56-0,91         | 0,79  | 0,63-0,94         |
| VPP            | 0,72  | 0,53-0,90         | 0,76  | 0,58-0,93         |
| VPN            | 1     | a-a               | 1     | a-a               |
| Acurácia       | 0,85  | 0,72-0,95         | 0,87  | 0,78-0,96         |

Legenda: IC = intervalo de confiança; VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo; a = não foi possível calcular.

Fonte: Autoria própria.

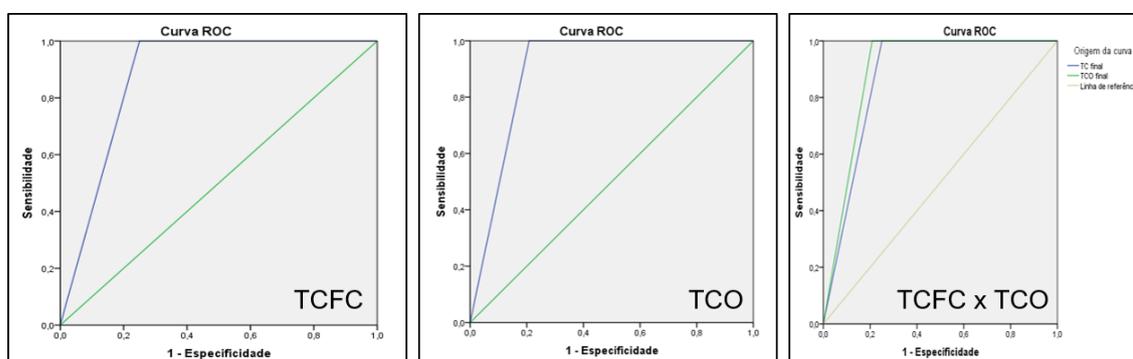
Tabela 2 – Valores das áreas da curva ROC e intervalos para cada método de avaliação.

| MÉTODO | ÁREA  | p        | IC95% DA ÁREA |
|--------|-------|----------|---------------|
| TCFC   | 0,875 | < 0,0001 | 0,76-0,98     |
| TCO    | 0,896 | < 0,0001 | 0,79-0,99     |

Legenda: IC = intervalo de confiança; TCFC = tomografia computadorizada de feixe cônico; TCO = tomografia de coerência óptica; < = menor que.

Fonte: Autoria própria.

Figura 8 – Curvas ROC para métodos de avaliação (TCFC e TCO) com todos os casos.



Fonte: Autoria própria.

## 5.2 Análise do G1 (controle)

No G1 (s/indução de fratura radicular + s/tratamento endodôntico – controle), os dois métodos obtiveram o VPN igual de 100% (tabela 3).

Tabela 3–Valores diagnósticos para cada método de avaliação (TCFC e TCO) do G1.

| Diagnósticos   | TCFC  |                   | TCO   |                   |
|----------------|-------|-------------------|-------|-------------------|
|                | Valor | IC95% (inf./sup.) | Valor | IC95% (inf./sup.) |
| Sensibilidade  | a     | a-a               | a     | a-a               |
| Especificidade | 1     | a-a               | 1     | a-a               |
| VPP            | a     | a-a               | a     | a-a               |
| VPN            | 1     | a-a               | 1     | a-a               |
| Acurácia       | 1     | a-a               | 1     | a-a               |

Legenda: IC = intervalo de confiança; VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo; a = não foi possível calcular.

Fonte: Autoria própria.

## 5.3 Análise dos G2 e G3

Para avaliação de FR em dentes com tratamento endodôntico com e sem

indução de fraturas, os dois métodos foram rigorosamente semelhantes, com altas sensibilidades (tabelas 4 e 5 e figura 9).

Tabela 4–Valores diagnósticos para cada método de avaliação (TCFC e TCO) dos G2 e G3.

| Diagnósticos   | TCFC  |                   | TCO   |                   |
|----------------|-------|-------------------|-------|-------------------|
|                | Valor | IC95% (inf./sup.) | Valor | IC95% (inf./sup.) |
| Sensibilidade  | 1     | a-a               | 1     | a-a               |
| Especificidade | 0,62  | 0,29-0,95         | 0,62  | 0,29-0,95         |
| VPP            | 0,72  | 0,46-0,98         | 0,72  | 0,46-0,98         |
| VPN            | 1     | a-a               | 1     | a-a               |
| Acurácia       | 0,81  | 0,62-0,96         | 0,81  | 0,62-0,96         |

Legenda: IC = intervalo de confiança; VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo; a = não foi possível calcular.

Fonte: Autoria própria.

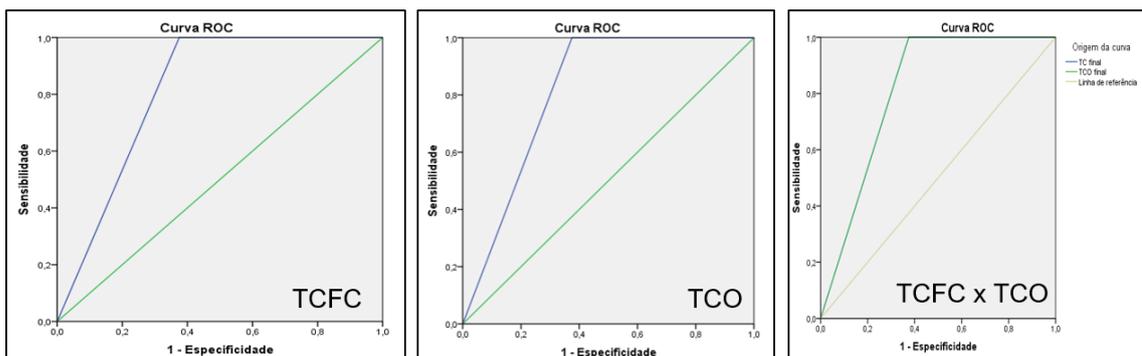
Tabela 5–Valores das áreas da curva ROC e intervalos para G2 e G3 na TCFC e TCO.

| MÉTODO | ÁREA  | p     | IC95% DA ÁREA |
|--------|-------|-------|---------------|
| TCFC   | 0,813 | 0,036 | 0,585-0,999   |
| TCO    | 0,813 | 0,036 | 0,585-0,999   |

Legenda: IC = intervalo de confiança; TCFC = tomografia computadorizada de feixe cônico; TCO = tomografia de coerência óptica.

Fonte: Autoria própria.

Figura 9 – Curvas ROC para métodos de avaliação (TCFC e TCO) para G2 e G3.



Fonte: Autoria própria.

#### 5.4 Análise dos G4 e G5

Na análise de fraturas em dentes com tratamento endodôntico e NMF os dois métodos foram considerados satisfatórios (tabela 6 e 7), porém, observou-se que nesses grupos, a técnica da TCO foi um pouco melhor que a TCFC, com melhor acurácia (tabela 6) e melhores valores de área na curva ROC (tabela 7 e figura 10).

Tabela 6–Valores diagnósticos para cada método de avaliação (TCFC e TCO) dos G4 e G5.

| Diagnósticos   | TCFC  |                   | TCO   |                   |
|----------------|-------|-------------------|-------|-------------------|
|                | Valor | IC95% (inf./sup.) | Valor | IC95% (inf./sup.) |
| Sensibilidade  | 1     | a-a               | 1     | a-a               |
| Especificidade | 0,62  | 0,29-0,95         | 0,75  | 0,44-0,99         |
| VPP            | 0,72  | 0,46-0,98         | 0,80  | 0,56-0,99         |
| VPN            | 1     | a-a               | 1     | a-a               |
| Acurácia       | 0,81  | 0,62-0,96         | 0,87  | 0,72-0,99         |

Legenda: IC = intervalo de confiança; VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo; a = não foi possível calcular.

Fonte: Autoria própria.

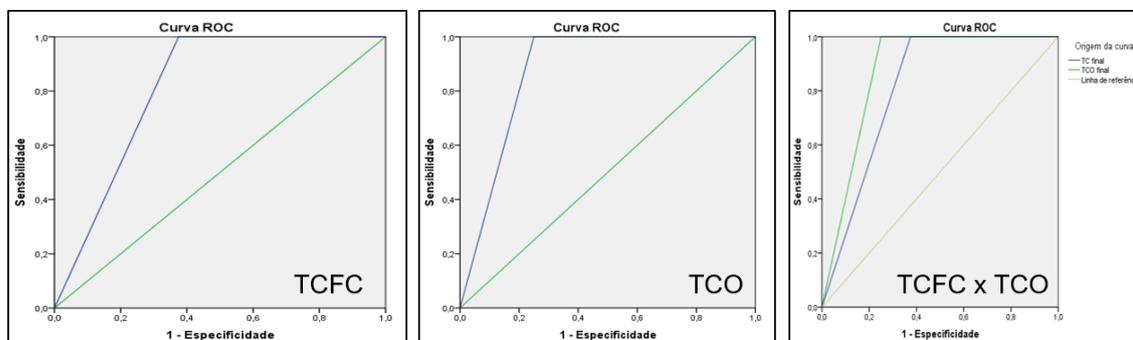
Tabela 7–Valores das áreas da curva ROC e intervalos para G4 e G5 na TCFC e TCO.

| MÉTODO | ÁREA  | p     | IC95% DA ÁREA |
|--------|-------|-------|---------------|
| TCFC   | 0,813 | 0,036 | 0,585-0,999   |
| TCO    | 0,875 | 0,012 | 0,682-0,999   |

Legenda: IC = intervalo de confiança; TCFC = tomografia computadorizada de feixe cônico; TCO = tomografia de coerência óptica.

Fonte: Autoria própria.

Figura 10 – Curvas ROC para métodos de avaliação (TCFC e TCO) para G4 e G5.



Fonte: Autoria própria.

## 5.5 Análise dos G2, G3, G4 e G5

Para avaliação de todos os casos, com exceção do G1 (controle) os resultados foram satisfatórios para avaliação de fraturas (tabelas 8 e 9), sendo a técnica da TCO levemente melhor, com maior acurácia (tabela 8) e maiores valores de área da curva ROC (Tabela 9 e figura 11).

Tabela 8–Valores diagnósticos para cada método de avaliação (TCFC e TCO) sem o G1.

| Diagnósticos | TCFC | TCO |
|--------------|------|-----|
|--------------|------|-----|

|                | Valor | IC95% (inf./sup.) | Valor | IC95% (inf./sup.) |
|----------------|-------|-------------------|-------|-------------------|
| Sensibilidade  | 1     | a-a               | 1     | a-a               |
| Especificidade | 0,68  | 0,46-0,91         | 0,62  | 0,38-0,86         |
| VPP            | 0,76  | 0,57-0,94         | 0,72  | 0,54-0,91         |
| VPN            | 1     | a-a               | 1     | a-a               |
| Acurácia       | 0,84  | 0,71-0,96         | 0,81  | 0,67-0,94         |

Legenda: IC = intervalo de confiança; VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo; a = não foi possível calcular.

Fonte: Autoria própria.

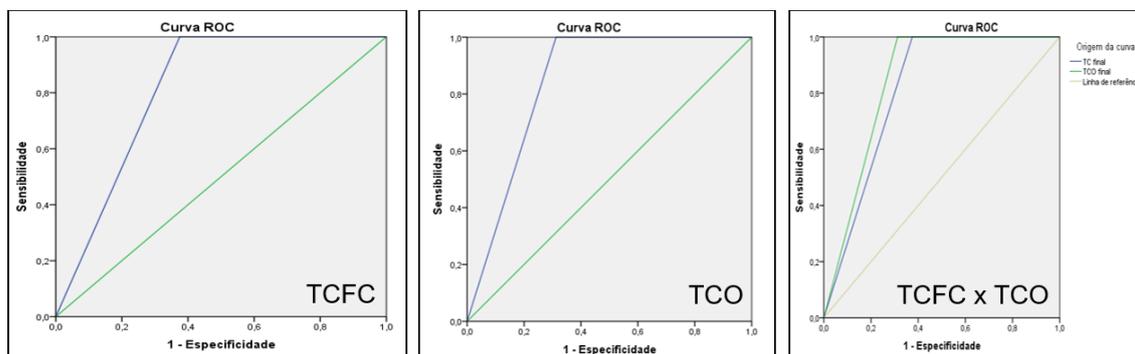
Tabela 9–Valores das áreas da curva ROC e intervalos sem o G1 na TCFC e TCO.

| MÉTODO | ÁREA  | p     | IC95% DA ÁREA |
|--------|-------|-------|---------------|
| TCFC   | 0,813 | 0,003 | 0,971         |
| TCO    | 0,844 | 0,001 | 0,991         |

Legenda: IC = intervalo de confiança; TCFC = tomografia computadorizada de feixe cônico; TCO = tomografia de coerência óptica.

Fonte: Autoria própria.

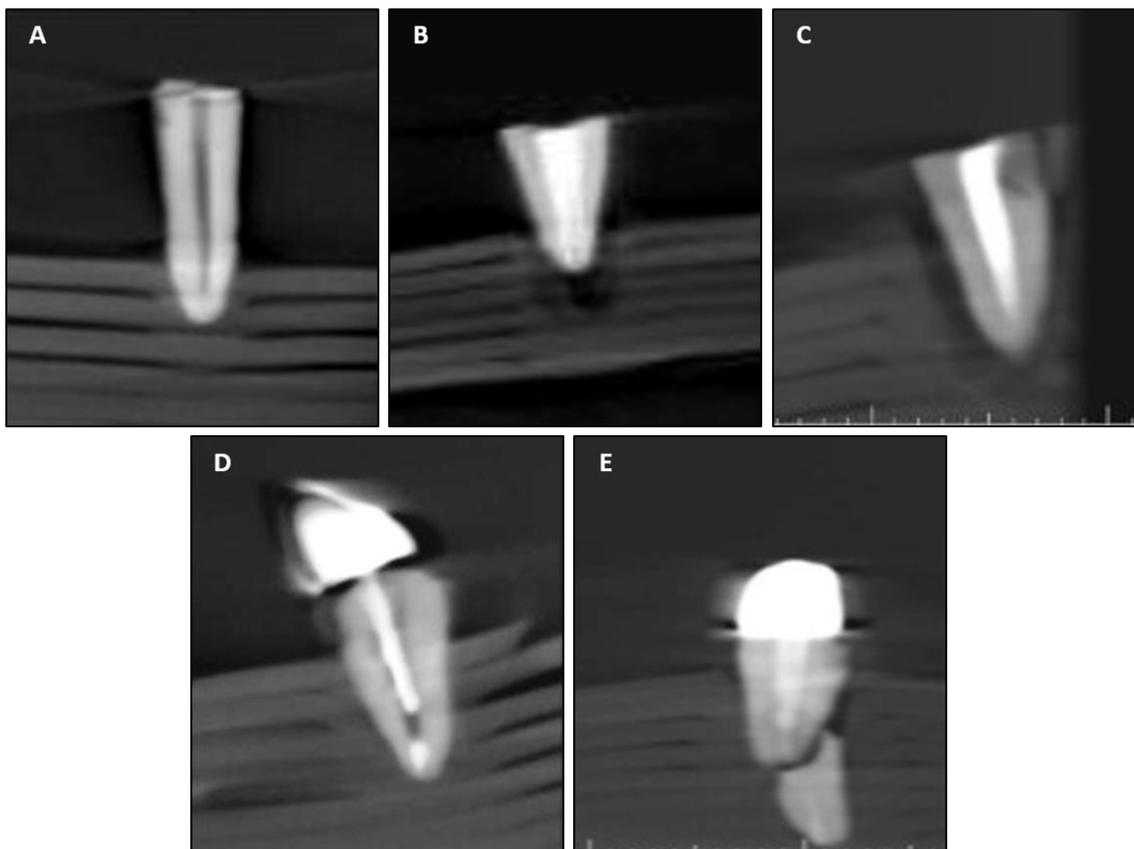
Figura 11 – Curvas ROC para métodos de avaliação (TCFC e TCO) sem o G1.



Fonte: Autoria própria.

A figura 12 ilustra os aspectos tomográficos de alguns dentes avaliados por TFCF.

Figura 12 – Aspectos tomográficos de dentes avaliados por TCFC.

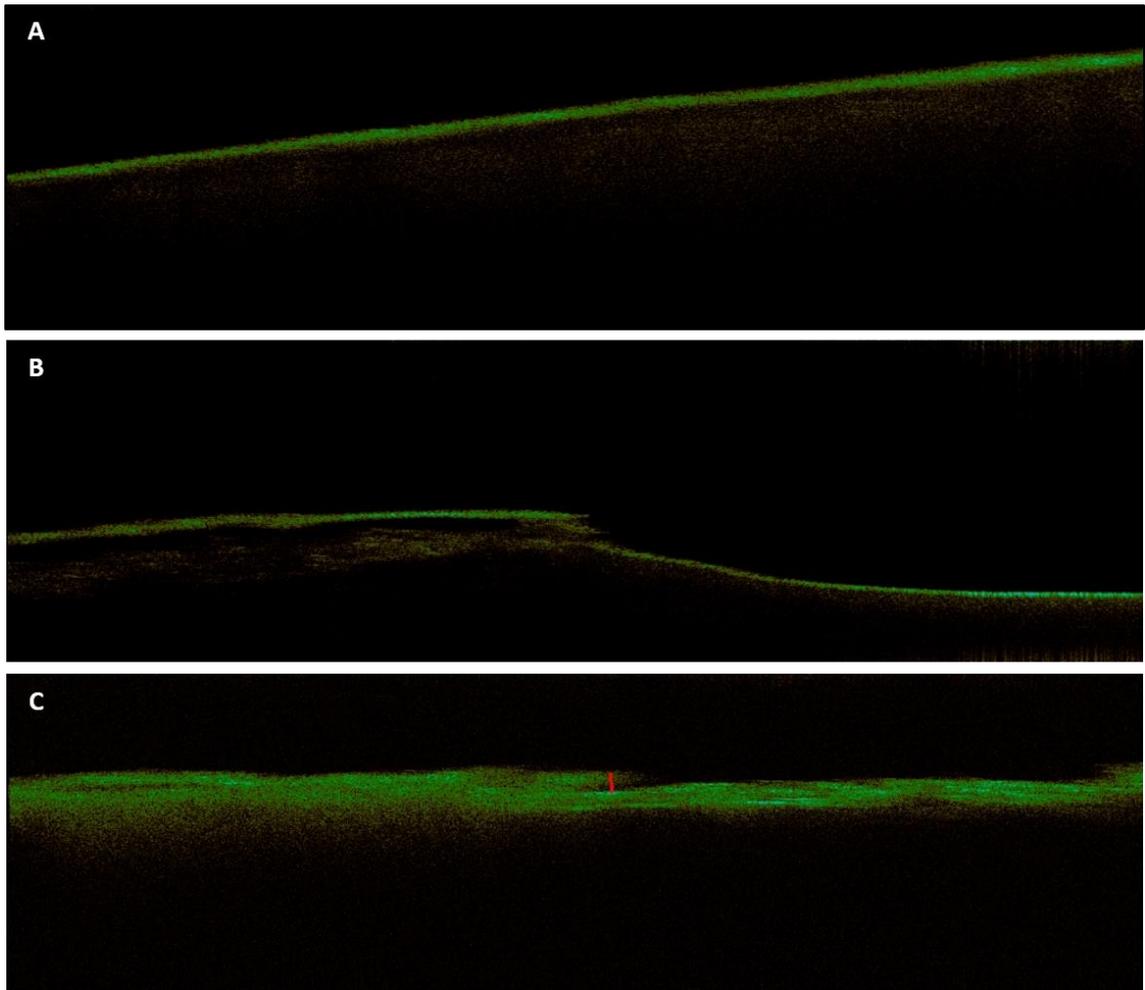


Legenda: A) dente sem indução de fratura e sem tratamento endodôntico (controle); B) dente com tratamento endodôntico e sem indução de fratura (nota-se ausência de FR); C) dente com tratamento endodôntico e com indução de fratura (perda de continuidade da superfície radicular indicando a presença de FR); D) dente tratado endodonticamente com NMF sem indução de fratura; E) dente tratado endodonticamente com NMF com indução de fratura (linha de FR).

Fonte: Autoria própria.

Os aspectos tomográficos de alguns dentes avaliados por TCO encontram-se ilustrados na figura 13.

Figura 13 – Aspectos tomográficos de dentes avaliados por TCO.



Legenda: A) imagem evidenciando ausência de FR; B) perda de continuidade da superfície radicular indicando presença de fratura; C) discreta trinca na superfície radicular.

Fonte: Autoria própria.

## 6. DISCUSSÃO

O adequado diagnóstico das FR representa um desafio na vivência clínica do cirurgião-dentista, uma vez que sua detecção precoce influenciará diretamente no planejamento terapêutico do caso. O processo de diagnóstico deve ser composto de uma análise minuciosa do histórico do paciente, exame clínico detalhado, assim como uma avaliação da estrutura dentária e óssea. Para tanto, é fundamental recorrer a exames complementares de imagem (Tsisis et al., 2010; Patel et al., 2013).

O advento da TCFC, com a possibilidade de representação tridimensional de estruturas maxilofaciais, tem promovido grandes avanços no diagnóstico e planejamento em inúmeras especialidades odontológicas (White, Pharoah, 2013). Além disso, a maior praticidade de aquisição da imagem, as doses reduzidas de radiação e o menor custo são considerados vantagens fundamentais para o paciente em relação à tomografia computadorizada (Costa et al., 2011; Khedmat et al., 2012).

Diversas pesquisas avaliaram a acurácia do diagnóstico de fraturas radiculares por TCFC e RP e uma gama extensa de resultados têm sido relatados. Os dados são conflitantes: a maioria dos estudos destaca a superioridade da TCFC e uma minoria mostrou-se contrário a esse método. Essa discrepância pode estar relacionada a diferentes especificações de equipamentos de tomografia utilizados nos estudos, presença de artefatos em imagens de TCFC, diferentes angulações para RP e as técnicas utilizadas para simular a fratura radicular nos estudos *in vitro* (Parsa et al., 2014).

Na tentativa de comparar as radiografias convencionais às imagens de TCFC na identificação de FR, Hassan et al. (2010) utilizaram oitenta dentes tratados endodonticamente, distribuindo-os em quatro grupos. Dois grupos apresentavam fraturas induzidas artificialmente e dois grupos não possuíam fraturas (controles). As

imagens dos oitenta dentes foram obtidas no tomógrafo i-CAT (120Kv; 6cm de FOV, 5mA e 0,25mm de voxel) e no aparelho radiográfico intraoral da Siemens, utilizando placas de fósforo Digora em duas diferentes aquisições: uma angulação ortorradiol e uma mesioangular. As imagens tomográficas foram avaliadas nos três planos de reconstrução (axial, coronal e sagital) e os resultados mostraram que a sensibilidade e a acurácia da TCFC foram significativamente maiores que a radiografia intraoral para a detecção das linhas de fraturas. Tais resultados foram semelhantes aos do estudo de Özer (2010) que confirmou que a acurácia da TCFC que foi significativamente superior à da radiografia digital em todos os grupos avaliados (grupo controle [sem fratura]; com fratura de 0,2 mm de espessura; com fratura de 0,4 mm de espessura e apenas com trinca [ $< 0,2$  mm]), mostrando-se ser o exame indicado para detecção de FR.

Nesta pesquisa, confirmou-se a TCFC como um método confiável de diagnóstico para a determinação da presença ou não de FR. Em todos os grupos da amostra analisada, obteve-se resultados estatisticamente significativos com relação ao desempenho desta técnica, com algumas variações da especificidade, sensibilidade, valores preditivos e acurácia, a depender da variável apresentada por cada grupo.

De todas as análises realizadas, especificidade, sensibilidade, VPP, VPN e acurácia exibiram melhores padrões de resultados no grupo controle (dentes hígidos sem indução de fratura e sem tratamento endodôntico), corroborando com os resultados de Özer (2010), Khedmat et al.(2012), Brady et al. (2014) que também observaram em seus resultados a maior eficácia da TCFC no diagnóstico da presença ou ausência de FR em dentes com condutos radiculares não obturados.

Os artefatos influenciam significativamente na qualidade da imagem, pois reduzem o contraste, obscurecendo as estruturas e, em muitos casos, as “linhas em raio de sol” formam estrias hipodensas que podem facilmente ser confundidas com FR (falso positivo) e estrias hiperdensas que mascaram as linhas de fratura reais (falso negativo), reduzindo significativamente a sensibilidade e especificidade do método de diagnóstico (Costa et al., 2011; Junqueira et al., 2013; Melo et al., 2013). Ao comparar os resultados do grupo controle (dentes hígidos sem indução de fratura e sem tratamento endodôntico), em relação aos grupos cujos dentes tiveram os canais obturados, observou-se uma considerável redução da especificidade e discreta redução da acurácia, sem diferenças encontradas entre os casos com ou sem a presença de NMF. Melo et al. (2013), Junqueira et al. (2013), Neves et al. (2014) afirmam que nos casos em que há objetos de alta densidade física e alto número atômico associados ou perto das raízes com suspeita de FR, tais como guta-percha, pinos metálicos, coroas protéticas e restaurações, haverá a formação de artefatos nas imagens tomográficas. Esses podem afetar a nitidez das imagens, comprometendo de maneira substancial o diagnóstico das FR.

Mais recentemente, algumas técnicas ópticas de imagem/diagnóstico vêm sendo exploradas em Odontologia. Em particular, a TCO, um método de diagnóstico por imagem não invasivo e de alta resolução que já possui diferentes aplicações em diversas especialidades médicas.

Na área médica, a TCO é usada, principalmente, em Oftalmologia para visualização de alterações da retina, em exames cardiovasculares para análise da parede interna de um vaso sanguíneo, na Gastroenterologia para avaliação da mucosa gástrica e na Dermatologia como técnica para auxiliar o diagnóstico do carcinoma basocelular. O uso da TCO na avaliação da retina é sua aplicação clínica

mais bem-sucedida, uma vez que possibilita a visualização *in situ* em tempo real da microestrutura tecidual sem haver necessidade de remover e processar espécimes como na biópsia convencional seguida de histopatologia. Na Cardiologia, a aterosclerose da artéria coronária pode ser diagnosticada pela TCO com resolução dez vezes maior que a do ultrassom vascular (Yoshioka et al., 2013).

Na odontologia, a TCO apresenta a capacidade de avaliar a presença de bolhas nas restaurações de resina composta e identificar falhas na interface dente/restauração. É considerada uma modalidade diagnóstica promissora para o diagnóstico de cárie oclusal inicial e defeitos internos em próteses. A TCO é vista como um método promissor capaz de prevenir exposições iatrogênicas da polpa, complementando outros métodos existentes e permitindo um prognóstico mais preditivo do tratamento. Pode ser empregada para o monitoramento da formação da ponte dentinária, fornecendo assim dados adicionais sobre o êxito da terapia de capeamento pulpar. Esta técnica permite também a visualização das glândulas labiais inferiores para o diagnóstico da síndrome de Sjögren e xerostomia e das lesões vasculares orais, auxiliando na escolha do tratamento mais adequado. Imagens de TCO de lesões orais suspeitas podem aumentar a precisão dos diagnósticos de displasia oral (Yoshioka et al., 2013).

Assim como nas análises utilizando a TCFC, em todos os grupos da amostra analisada, foram obtidos resultados estatisticamente significativos com relação à capacidade da TCO em detectar FR, com variações da especificidade, sensibilidade, valores preditivos e acurácia, a depender da variável apresentada por cada grupo. Quando considerados todos os grupos desta amostra, TCO obteve valores idênticos de sensibilidade e VPN em relação a TCFC e valores superiores de especificidade, VPP e acurácia (tabela 1).

Na avaliação dos dentes tratados endodonticamente, TCFC e TCO apresentaram performance iguais (tabela 4), entretanto, na análise dos dentes que além do tratamento endodôntico receberam NMF, a TCO exibiu resultados consideravelmente melhores do que a TCFC. Estes resultados podem ser explicados pelo fato de a TCO realizar o escaneamento da superfície da estrutura radicular, não sofrendo a influência dos artefatos gerados na TCFC devido à presença do objeto metálico.

Neste estudo, as linhas de fratura foram observadas pela TCO em um ambiente *in vitro* e a área de observação foi limitada à superfície da raiz. Portanto, uma limitação clínica esperada é que a observação radicular vai depender da exposição da raiz, seja por recessão gengival ou por intervenção cirúrgica levantando um retalho. A real utilidade da TCO deve ser confirmada na prática clínica e se a FR for identificada, o tratamento correto pode ser determinado. As vantagens clínicas da TCO são que ela é uma técnica de exibição em tempo real e não invasiva; portanto, o exame poderá ser repetido quantas vezes forem necessárias. A TCO é capaz de gerar uma avaliação detalhada da estrutura interna do dente e da extensão da linha de fratura dentro dos limites da dentina (isto é, a superfície da raiz e a parede do canal).

Considerando as limitações desse estudo, como a impossibilidade de avaliar a presença de FR por meio de TCO, a TCO foi eficaz na detecção de FR, demonstrando ser um método promissor para auxílio nas pesquisas dessa área, podendo se estender, ainda, à clínica odontológica, por ser um método não invasivo e não destrutivo.

Este parece ser o primeiro estudo a comparar a efetividade de TCO e TCFC para detecção de FR. Para se conseguir calcular os valores de sensibilidade e

especificidade dos métodos em questão, utilizou-se um padrão ouro, que reflete a técnica mais aceita no meio científico para o diagnóstico das FR. Apesar de ser considerada o padrão ouro para o diagnóstico de FR, foi observada, na maioria das análises realizadas, certa superioridade da TCO em relação à TCFC. Destaca-se que novos estudos são necessários para confirmar ou confrontar os dados aqui expostos.

## 7 CONCLUSÃO

Tendo em vista os resultados deste trabalho, conclui-se que:

- A sensibilidade, especificidade e acurácia da TCO, para detectar a presença de FR de superfície, são comparáveis àsquelas da TCFC;
- A TCO pode representar uma alternativa nova, não invasiva e sem exposição à radiação dos métodos convencionais usados para avaliar as FR *in vivo*, confirmando assim a hipótese levantada.

## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

- Bakhsh TA, Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Non-invasive quantification of resin-dentin interfacial gaps using optical coherence tomography: validation against confocal microscopy. *Dent Mater.* 2011;27(9):915-25.
- Baumgartner A, Dichtl S, Hitzenberger CK, Sattmann H, Robl B, Moritz A, et al. Polarization-sensitive optical coherence tomography of dental structures. *Caries Res.* 2000;34(1):59-69.
- Bernardes, RA, Moraes, IG, Duarte MAH, Azevedo BC, Azevedo J.R, Bramante CM. Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. *Oral Surg.Oral Med Oral PatholOral RadiolEndod.* 2009;108(2):2270-7.
- Bouma BE, GJ T. Handbook of optical coherencetomography. New York: Marcel Dekker; 2002.
- Brady E, Mannocci F, Brown J, Wilson R, Patel S. A comparison of cone beam computed tomography and periapical radiography for the detection of vertical root fractures in nonendodontically treated teeth. *Int Endod J.* 2014;47(8):735-46.
- Braz AK, Kyotoku BB, Braz R, Gomes AS. Evaluation of crack propagation in dental composites by optical coherence tomography. *Dent Mater.* 2009a;25(1):74-9.
- Braz AK, Kyotoku BB, Gomes AS. In vitro tomographic image of human pulp-dentin complex: optical coherence tomography and histology. *J Endod.* 2009b;35(9):1218-21.
- Bronzino JD. The Biomedical Engineering Handbook. 4ed vol I, CRC Press, 2015.
- Cohen S, Berman LH, Blanco L, Bakland L, Kim JS. A demographic analysis of vertical root fractures. *J Endod.* 2006;32(12):1160-3.
- Coppens CRM, DeMoor RJG. Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. *Int Endod J.* 2003;36(1):926.
- Costa FF, Gaia BF, Umetsubo OS, Cavalcanti MG. Detection of horizontal root fracture with small-volume cone-beam computed tomography in the presence and absence of intracanal metallic post. *J Endod.* 2011;37(10):1456-9.
- da Silveira PF, Vizzotto MB, Liedke GS, da Silveira HL, Montagner F, da Silveira HE. Detection of vertical root fractures by conventional radiographic examination and cone beam computed tomography - an in vitro analysis. *Dent Traumatol.* 2013;29(1):41-6.

---

<sup>1</sup> De acordo com o Manual de Normalização para Dissertações e Teses da Faculdade São Leopoldo Mandic de 2014, baseado no estilo Vancouver, e abreviatura dos títulos de periódicos em conformidade com o Index Medicus.

D'Addazio PS, Campos CN, Özcan M, Teixeira HG, Passoni RM, Carvalho AC. A comparative study between cone-beam computed tomography and periapical radiographs in the diagnosis of simulated endodontic complications. *Int Endod J*. 2011;44(3):218-24.

de Oliveira BP, Câmara AC, Duarte DA, Gomes ASL, Heck RJ, Antonino ACD, et al. Detection of Apical Root Cracks Using Spectral Domain and Swept-source Optical Coherence Tomography. *J Endod*. 2017;43(7):1148-51.

de Rezende GLB, Sousa Melo SL, Alencar PNB, Nascimento MCC, Almeida SM. Performance of an artefact reduction algorithm in the diagnosis of in vitro vertical root fracture in four different root filling conditions on CBCT images. *Int Endod J*. 2016;49(5):500-8.

Doğan MS, Callea M, Kusdhany LS, Aras A, Maharani DA, Mandasari M, Adiatman M, Yavuz I. The Evaluation of Root Fracture with Cone Beam Computed Tomography (CBCT): An Epidemiological Study. *J Clin Exp Dent*. 2018;10(1):41-48.

Durack C, Patel S. Cone Beam Computed Tomography of Endodontics. *Braz Dent J*. 2012;23(3):179-91.

Edlund M, Nair MK, Nair UP. Detection of vertical root fractures by using cone-beam computed tomography: a clinical study. *J Endod*. 2011;37(6):768-72.

Erbel R, Roelandt JRTC, Ge J, George G. *Intravascular Ultrasound*. London: Martin Dunitz, 1998.

Fercher AF. Optical Coherence tomography – developments, principles, applications. *Zeitschrift für Medizinische Physik*. 2010; 20:251-76.

Fujimoto JG, Drexler W, Schuman JS, Hitzenberger CK. Optical Coherence Tomography (OCT) in ophthalmology: introduction. *Opt Express*. 2009; 17(5):3978-9.

Fujimoto JG. Optical coherence tomography for ultrahigh resolution in vivo imaging. *Nat Biotechnol*. 2003;21(11):1361-7.

Guimarães RP, Cardoso RM, Costa DPTS, Mota CCBO, Matheus TCU, Freitas AZ, et al. Emprego da tomografia por coerência óptica na caracterização da interface de pinos estéticos após ensaio de extrusão. *Braz Oral Res*. 2010;24:302.

Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wesselink PR. Comparison of five cone beam computed tomography systems for the detection of vertical root fractures. *J Endod*. 2010;36(1):126-9.

Hee, M.R., Puliafito, C.A., Wong, C. Quantitative assessment of macular edema with optical coherence microscopy. *Arch Ophthalmol*. 1995;113(8):1019-29.

Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, et al. Optical Coherence Tomography. *Science*. 1991;254(5035):1178-81.

Imai K, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. Noninvasive cross-sectional visualization of enamel cracks by optical coherence tomography in vitro. *J Endod.* 2012;38(9):1269-74.

Jones D, Mannocci F, Andiappan M, Brown J, Patel S. The effect of alteration of the exposure parameters of a cone-beam computed tomographic scan on the diagnosis of simulated horizontal root fractures. *J Endod.* 2015;41(4):520-5.

Junqueira RB, Verner FS, Campos CN, Devito KL, do Carmo AM. Detection of vertical root fractures in the presence of intracanal metallic post: a comparison between periapical radiography and cone-beam computed tomography. *J Endod.* 2013;39(12):1620-24.

Kajan Z, Taromsari M. Value of cone beam CT in detection of dental root fractures. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(1):3-10.

Kambungton J, Janhom A, Prapayasadok S, Pongsiriwet S. Assessment of vertical root fractures using three imaging modalities: cone beam CT, intraoral digital radiography and film. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(2):91-5.

Kamburoğlu K, Murat S, Yüksel SP, Cebeci AR, Horasan S. Detection of vertical root fracture using cone-beam computerized tomography: an in vitro assessment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109(2):74-81.

Khedmat S, Rouhi N, Drage N, Shokouhinejad N, Nekoofar MH. Evaluation of three imaging techniques for the detection of vertical root fractures in the absence and presence of gutta-percha root fillings. *Int Endod J.* 2012;45(11):1004-9.

Likubo M, Kobayashi K, Mishima A, Shi-Moda S, Daimaruya T, Igarashi C, et al. Accuracy of intraoral radiography, multidetector helical CT and limited cone-beam CT for the detection of horizontal tooth root fracture. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(5):70-4.

Malhotra N, Kundabala M, Acharaya S. A review of root fractures: diagnosis, treatment and prognosis. *Dent Update.* 2011;38(9):615-24.

Manicardi CA, Versiani MA, Saquy PC, Pécora JD, de Sousa-Neto MD. Influence of filling materials on the bonding interface of thin-walled roots reinforced with resin and quartz fiber posts. *J Endod.* 2011;37(4):531-7.

Melo SL, Bortoluzzi EA, Abreu M Jr, Corrêa LR, Corrêa M. Diagnostic ability of a cone-beam computed tomography scan to assess longitudinal root fractures in prosthetically treated teeth. *J Endod.* 2010;36(11):1879-82.

Melo SL, Haiter-Neto F, Correa LR, Scarfe WC, Farman AG. Comparative diagnostic yield of cone beam CT reconstruction using various software programs on the detection of vertical root fractures. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(9):20120459.

Menezes RF, Araújo NC, Santa Rosa JM, Carneiro VS, Santos Neto AP, Costa V, et al. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth in the absence

and in the presence of metal post by cone-beam computed tomography. *BMC Oral Health*. 2016;14(48):16-48.

Monteiro GQM, Montes MAJR, Rolim TV, Mota CCBO, Kyotoku BBC, Gomes ASL, et al. Marginal analysis of resin composite restorative systems using optical coherence tomography. *Dent Mater*. 2011a;27(12):213-23.

Monteiro GQM, Montes MAJR, Rolim TV, Mota CCBO, Kyotoku BBC, Gomes ASL, et al. Alternative methods to determine shrinkage in restorative resin composites. *Dental Materials*. 2011b;27(8):176-85.

Mota CCOM, Gueiros LA, Maia AMA, Santos-Silva AR, Gomes ASLG, Alves FAA, et al. Optical coherence tomography as an auxiliary tool for the screening of radiation-related caries. *Photomed Laser Surg*. 2013;31(7):301-6.

Nakagawa H, Sadr A, Shimada Y, Tagami J and Sumi Y. Validation of swept source optical coherence tomography (SS-OCT) for the diagnosis of smooth surface caries in vitro. *J Dent*. 2013;41(1):80-9.

Nazari A, Sadr A, Saghiri MA, Campillo-Funollet M, Hamba H, Shimada Y, et al. Non-destructive characterization of voids in six flowable composites using swept-source optical coherence tomography. *Dent Mater*. 2013;29(3):278-86.

Neves FS, Freitas DQ, Campos PS, Ekestubbe A, Lofthag-Hansen S. Evaluation of Cone-beam Computed Tomography in the Diagnosis of Vertical Root Fractures: The Influence of Imaging Modes and Root Canal Materials. *J Endod*. 2014;40(10):1530-6.

Özer SY. Detection of vertical root fractures of different thicknesses in endodontically enlarged teeth by cone beam computed tomography versus digital radiography. *J Endod*. 2010;36(7):1245-9.

Parrone MT, Bechara B, Deahl ST 2nd, Ruparel NB, Katkar R, Noujeim M. Cone beam computed tomography image optimization to detect root fractures in endodontically treated teeth: an in vitro (phantom) study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2017;123(5):613-20.

Parsa A, Ibrahim N, Hassan B, Syriopoulos K, van der Stelt P. Assessment of metal artefact reduction around dental titanium implants in cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol* 2014;43(7):20140019.

Patel S, Brady E, Wilson R, Brown J, Mannocci F. The detection of vertical root fractures in root filled teeth with periapical radiographs and CBCT scans. *Int Endod J*. 2013;46(12):1140-52.

Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J*. 2009;42(6):463-75.

Pauwels R, Stamatakis H, Bosmans H, Bogaerts R, Jacobs R, Horner K, Tsiklakis K. Quantification of metal artifacts on cone beam computed tomography images. *Clin Oral Implants Res*. 2013;24(Suppl A100):94-9.

Prasad P. N. Introduction to Biophotonics, 1 ed. New York: Wiley-Interscience, 2003.  
Sailer I, Feher A, Filser F, Gauckler LJ, Luthy H, Hammerle CH. Five-years clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont.* 2007;20(4):383-8.

Salineiro FCS, Kobayashi-Velasco S, Braga MM, Cavalcanti MGP. Radiographic diagnosis of root fractures: a systematic review, meta-analyses and sources of heterogeneity. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017;46(8):20170400.

Schmitt JM, Yadlowsky MJ, Bonner RF. Subsurface imaging of living skin with optical coherence microscopy. *Dermatology.* 1995;191(2):93-8.

Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, Schoemer E. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011;40(5):265-73.

Shemesh H, Van Soest G, Wu MK, Van Der Sluis LW, Wesselink PR. The ability of optical coherence tomography to characterize the root canal walls. *J Endod.* 2007;33(11):1369-73.

Shimada Y, Sadr A, Nazari A, Nakagawa H, Otsuki M, Tagami J and Sumi Y. 3D evaluation of composite resin restoration at practical training using swept-source optical coherence tomography (SS-OCT). *Dent Mater J.* 2012;31(3):409-17.

Sinescu C, Negrutiu ML, Todea C, Balabuc C, Filip L, Rominu R, et al. Quality assessment of dental treatments using en-face optical coherence tomography. *J Biomed Opt.* 2008;13(5):054065.

Spin-Neto R, Gotfredsen E, Wenzel A. Impact of voxel size variation on CBCT-based diagnostic outcome in dentistry: a systematic review. *J Digit Imaging.* 2013;26(4):813-20.

Tsesis I, Rosen E, Tamse A, Taschieri S, Kfir A. Diagnosis of vertical root fractures in endodontically treated teeth based on clinical and radiographic indices: a systematic review. *J Endod.* 2010;36(9):1455-8.

Varshosaz M, Tavakoli MA, Mostafavi M, Baghban AA. Comparison of conventional radiography with cone beam computed tomography for detection of vertical root fractures: an in vitro study. *J Oral Sci.* 2010;52(4):593-7.

White SC, Pharoah MJ. *Oral Radiology. Principles and Interpretation.* 7 ed. Missouri: Elsevier Mosby; 2013.

Williamson JP, McLaughlin RA, Noffsinger WJ, James AL, Baker VA, Curatolo A. Elastic properties of the central airways in obstructive lung diseases measured using anatomical optical coherence tomography. *Am J Respir Crit Care Med.* 2011;183(5):612-9.

Yoshioka T, Sakaue H, Ishimura H, Ebihara A, Suda H, Sumi Y. Detection of root surface fractures with swept-source optical coherence tomography (SS-OCT). *Photomed Laser Surg.* 2013;31(1):23-7.

## ANEXO – PARECER COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



FACULDADE SÃO LEOPOLDO  
MANDIC



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** ANÁLISE DA ACURÁCIA NO DIAGNÓSTICO DE FRATURAS RADICULARES ATRAVÉS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO E DE TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA

**Pesquisador:** Vanio Santos Costa

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 76720517.4.0000.5374

**Instituição Proponente:** CENTRO DE PESQUISAS ODONTOLÓGICAS SÃO LEOPOLDO MANDIC SS

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.384.346

#### Apresentação do Projeto:

Diagnosticar corretamente as fraturas radiculares representa um importante desafio para o Cirurgião- dentista, visto que sua detecção precoce influenciará diretamente no planejamento terapêutico e no prognóstico do dente acometido. O advento da tomografia computadorizada de feixe cônico, com a representação tridimensional das estruturas maxilofaciais, permitiu um amplo avanço no diagnóstico e planejamento em diversas

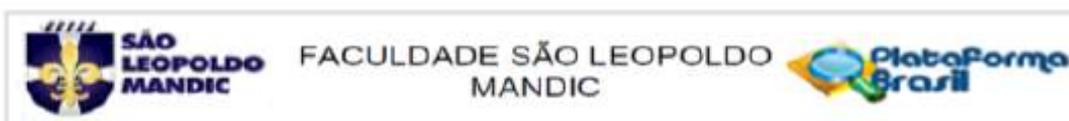
áreas da Odontologia, com destaque para a Endodontia. Diversos estudos tem demonstrado a superioridade da acurácia da tomografia computadorizada de feixe cônico na detecção de fraturas radiculares em relação às tomadas periapicais convencionais ou mesmo digitais. Ultimamente, algumas técnicas ópticas de obtenção de imagens vem sendo exploradas em Odontologia, em particular, a Tomografia por Coerência Óptica. Este é um método de diagnóstico por imagem não invasivo e de alta resolução de visualização estrutural e marginal de estruturas, que revela detalhes da anatomia, além de identificar defeitos minuciosos existentes. Nas últimas duas décadas surgiram muitos trabalhos que envolveram a Tomografia por Coerência Óptica na Odontologia, no entanto, pouco se sabe sobre o valor diagnóstico desta técnica na identificação de fraturas radiculares. Diante disso, o objetivo deste trabalho será comparar a acurácia da tomografia computadorizada de feixe cônico e tomografia por Coerência Óptica no diagnóstico de fraturas radiculares verticais in vitro em dentes unirradiculares humanos com e sem tratamento

Endereço: Rua José Rocha Junqueira Nº13  
Bairro: Shift  
UF: SP Município: CAMPINAS

CEP: 13.045-755

Telefone: (19)3518-3601

E-mail: cep@slmandic.edu.br



Continuação do Parecer: 2.384.346

endodôntico e com e sem núcleo metálico fundido. Os dentes utilizados para este estudo serão provenientes de pacientes que foram submetidos a exodontias por indicação ortodôntica e que aceitaram participar desta pesquisa mediante assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido.

Após minuciosa seleção dos dentes baseando-se nos critérios de inclusão e exclusão e a depender do grupo, os dentes serão adequadamente manipulados para receber tratamento endodôntico e núcleo metálico fundido. As fraturas radiculares serão induzidas em uma máquina de ensaio universal por um técnico previamente capacitado. Todos os 40 dentes serão escaneados em aparelho de tomografiacomputadorizada de feixe cônico e em aparelho de tomografia por coerência óptica e, posteriormente, serão avaliados, às cegas, por 3 radiologistas odontológicos. Serão realizadas avaliações intra-examidor e de referência. Após coletados, os dados serão submetidos a testes estatísticos através da utilização do programa SPSS 22.0 considerando-se o nível de significância de 5% e intervalo de confiança de 95%.

#### **Objetivo da Pesquisa:**

Avaliar a acurácia de dois métodos de diagnóstico por imagem na identificação de fraturas radiculares verticais e horizontais in vitro em dentes uniradiculares humanos com e sem tratamento endodôntico e com e sem núcleo metálico fundido.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:** Não haverá riscos para os sujeitos da pesquisa, pois este já foi removido como uma das etapas do tratamento ortodôntico previamente planejado por seu Dentista.

**Benefícios:** identificar qual ferramenta para obtenção de imagens apresenta maior sensibilidade para identificar fraturas radiculares, podendo assim, contribuir para o aprimoramento do diagnóstico desta condição e auxílio no planejamento dos casos clínicos.

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Sem comentários.

#### **Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Adequadamente apresentados.

#### **Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Sem pendências.

#### **Considerações Finais a critério do CEP:**

O pesquisador deve atentar que o projeto de pesquisa aprovado por este CEP refere-se ao protocolo submetido para avaliação, ficando este isento de co-responsabilidade mediante

**Endereço:** Rua José Rocha Junqueira Nº13  
**Bairro:** Swift **CEP:** 13.045-755  
**UF:** SP **Município:** CAMPINAS  
**Telefone:** (19)3518-3601 **E-mail:** cep@slmandic.edu.br



SÃO  
LEOPOLDO  
MANDIC

FACULDADE SÃO LEOPOLDO  
MANDIC



Continuação do Parecer: 2.384.346

pesquisas já realizadas. Portanto, conforme a Resolução CNS n. 466/12, o pesquisador é responsável por "desenvolver o projeto conforme delineado", e, se caso houver alteração nesse projeto, este CEP deverá ser comunicado em emenda via Plataforma Brasil, para nova avaliação.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento  | Arquivo  | Postagem               | Autor              | Situação |
|---|--|------------------------|--------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto                            | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_931075.pdf         | 30/10/2017<br>13:34:13 |                    | Aceito   |
| Outros  | Carta_de_pendencias.pdf                              | 30/10/2017<br>13:32:52 | Vanio Santos Costa | Aceito   |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador                 | PROJETO_corrigido.docx                               | 30/10/2017<br>13:29:36 | Vanio Santos Costa | Aceito   |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura                | Autorizacao_para_uso_tomografia_coerencia_optica.pdf | 30/10/2017<br>13:12:07 | Vanio Santos Costa | Aceito   |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura                | Autorizacao_espaco_fisico_etapa_ending.pdf           | 30/10/2017<br>13:09:58 | Vanio Santos Costa | Aceito   |
| Outros  | Declaracao_para_biorrepositorio.pdf                  | 31/08/2017<br>00:14:54 | Vanio Santos Costa | Aceito   |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura                | Autorizacao_espaco_fisico_equipamentos.pdf           | 31/08/2017<br>00:13:40 | Vanio Santos Costa | Aceito   |
| Outros  | TCLE_Biorrepositorio.docx                            | 31/08/2017<br>00:09:56 | Vanio Santos Costa | Aceito   |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | Termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido.doc       | 31/08/2017<br>00:08:23 | Vanio Santos Costa | Aceito   |



Continuação do Parecer: 2.384.346

|   |                    |                        |                    |        |
|---|--------------------|------------------------|--------------------|--------|
| Projeto Detalhado /<br>Brochura<br>Investigador | PROJETO.docx       | 31/08/2017<br>00:05:21 | Vanio Santos Costa | Aceito |
| Folha de Rosto                                  | Folha_de_rosto.pdf | 30/08/2017<br>23:11:08 | Vanio Santos Costa | Aceito |

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

CAMPINAS, 16 de Novembro de 2017

---

**Assinado por:**  
**Fabiana Mantovani**  
**Gomes França**  
**(Coordenador)**