

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS  
Programa de Pós-graduação em Odontologia

Guilherme Augusto Alves de Oliveira

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA IDENTIFICAÇÃO DE CALCIFICAÇÕES  
CERVICAIS EM RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS**

Belo Horizonte

2021

Guilherme Augusto Alves de Oliveira

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA IDENTIFICAÇÃO DE CALCIFICAÇÕES  
CERVICAIS EM RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Odontologia, Área de Concentração: Clínicas Odontológicas.

Linha de pesquisa: Métodos de diagnóstico por imagem, radiobiologia e radioproteção.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Ricardo Manzi

Belo Horizonte

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

O48i Oliveira, Guilherme Augusto Alves de  
Inteligência artificial na identificação de calcificações cervicais em radiografias panorâmicas / Guilherme Augusto Alves de Oliveira. Belo Horizonte, 2021.  
106 f. : il.

Orientador: Flávio Ricardo Manzi

Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.  
Programa de Pós-Graduação em Odontologia

1. Radiografia panorâmica. 2. Calcificação. 3. Inteligência Artificial. 4. Análise de imagem. 5. Redes neurais (Computação). 6. Interpretação de Imagem Assistida por Computador. 7. Aprendizado Profundo. 8. Confiabilidade dos Dados. I. Manzi, Flávio Ricardo. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

CDU: 616.314-073

Guilherme Augusto Alves de Oliveira

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA IDENTIFICAÇÃO DE CALCIFICAÇÕES  
CERVICAIS EM RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Odontologia, Área de Concentração: Clínicas Odontológicas.

**COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA:**

- 1- Profa. Dra. Tessa de Lucena Botelho – UNIP GO
- 2- Profa. Dra. Cláudia Assunção e Alves Cardoso – Faculdade Promove de BH
- 3- Profa. Dra. Vânia Eloísa de Araújo Silva – PUC Minas
- 4- Prof. Dr. Amaro Ilídio Vespasiano Silva – PUC Minas
- 5- Prof. Dr. Flávio Ricardo Manzi – PUC Minas

**DATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA: 19 de fevereiro de 2021**

**A tese, nesta identificada, foi aprovada pela Banca Examinadora**

Prof. Dr. Flávio Ricardo Manzi  
**Orientador**

Prof. Dr. Rodrigo Villamarim Soares  
**Coordenador do Programa de Pós-graduação  
em Odontologia**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me abençoar e iluminar em todos os momentos da minha vida, tudo que sou e faço é por Ti.

À minha esposa Flávia pelo carinho, compreensão e companheirismo nestes 11 anos juntos.

Aos meus pais Ita e Maria Aparecida pelo amor incondicional e por sempre me conduzirem no caminho certo. Aos meus irmãos Marcus Paulo e Ita Christie e suas respectivas esposas, Thami e Sanny, pelo apoio e amizade. Às minhas sobrinhas Anna Liz, Malu e Alice por tornarem meus dias mais felizes e leves.

Ao meu orientador e professor Dr. Flávio Manzi pela generosidade na transmissão de conhecimentos e pela amizade, sua dedicação me motiva na busca pela excelência.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação da PUC-Minas, Dr. Rodrigo Villamarim, pela competência, seriedade e disponibilidade. Gostaria também de expressar minha gratidão aos professores desta instituição, em especial Dr. Amaro Ilídio Vespasiano Silva.

Ao amigo, paciente e programador Higor Eduardo Vieira Oliveira Prado por me apresentar a inteligência artificial, me tirar da zona de conforto, acreditar no estudo e possibilitar que ele fosse conduzido. Muito obrigado!

Aos meus amigos do mestrado, em especial o Me. Rafael Pereira da Mata Santos e o Me. Leonardo de Oliveira Buzatti Carneiro pela amizade e contribuição direta na execução dos trabalhos.

Aos amigos e futuros doutores, Ma. Aline de Freitas Fernandes, Me. Hércules Onibene Castro, Me. Idalísio Soares Aranha Neto, Ma. Nathália Hermeto Mendes Braga e Ma. Stephanie Quadros Tonelli pelo companheirismo nesta jornada.

Aos meus alunos da graduação que sempre me incentivaram na busca pelo conhecimento.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação da PUC-Minas, em especial Maria Angélica Paradizi e Sylvania Martins, pela eficiência e cordialidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pelo subsídio à pesquisa.

Enfim, deixo meu agradecimento especial e admiração a todos pesquisadores do Brasil e do Mundo. Em um contexto atual de pandemia pela COVID-19 nunca se esperou tanto da Ciência, e mais uma vez ela não decepcionou.

## RESUMO

A região inferior da radiografia panorâmica pode apresentar calcificações cervicais como consequência da deposição atípica de sais de cálcio em estruturas anatômicas ou processos patológicos. O diagnóstico destas condições pode possibilitar a prevenção de condições clínicas relevantes. Foi analisado no presente estudo a acurácia no diagnóstico de calcificações cervicais em radiografia panorâmica pela inteligência artificial, através da *deep learning*. De um banco de dados de clínicas odontológicas privadas foi obtido 14526 radiografias panorâmicas, sendo selecionados 1416 exames que apresentavam calcificações cervicais e 1288 exames que não apresentavam calcificações cervicais. As imagens foram recortadas em dimensões padronizadas de 378 x 214 pixels, sendo os cortes realizados nas extremidades inferiores direita e esquerda do exame. Foram selecionados 1896 lados que apresentavam alguma calcificação cervical e 1640 lados que não apresentavam calcificação. Foi executado o treinamento e teste da rede neural convolucional, apresentando acurácia de 74%. Foi verificada também a influência da formação profissional na capacidade diagnóstica de calcificações cervicais em radiografia panorâmica, estabelecendo um comparativo com *software* desenvolvido através da inteligência artificial. Com radiografias panorâmicas foram selecionadas na base de dados de 14526 radiografias e enviadas para 03 grupos de profissionais: Graduandos em odontologia (G1), dentistas não especialistas em radiologia odontológica (G2) e especialistas em radiologia odontológica (G3). Cada grupo foi composto por 05 indivíduos, executando a análise de 200 lados (direito e esquerdo) de 100 radiografias panorâmicas, totalizando 1000 análises por grupo. Todos os grupos foram treinados através de vídeo instrutivo sobre a região de análise radiográfica, estruturas anatômicas que compõe esta região e possíveis calcificações cervicais que poderiam ser diagnosticadas. Foi determinada a acurácia de cada grupo e do *software* desenvolvido através da inteligência artificial (IA), e comparação entre os grupos. A acurácia dos grupos G1, G2, G3 e IA foram, 70, 71, 81 e 74%, respectivamente. Houve diferença estatística significativa entre especialistas e graduandos; especialistas e dentistas; especialistas e inteligência artificial; inteligência artificial e graduandos; inteligência artificial e dentistas. Não houve diferença estatística significativa entre graduandos e dentistas. As experiências práticas e teóricas associadas a um curso de especialização permitem uma melhor capacidade diagnóstica de calcificações cervicais. O *software* desenvolvido através da inteligência artificial representa uma ferramenta adicional para o diagnóstico automatizado de calcificações cervicais.

Palavras-chave: Inteligência artificial. *Deep learning*. Radiografia panorâmica.

## ABSTRACT

The inferior region of the panoramic radiograph may show cervical calcifications as a result of the atypical deposits of calcium salts in anatomic structures, or pathological processes. The diagnosis of these conditions may make it possible to prevent relevant clinical conditions. In the present study, accuracy in the diagnosis of cervical calcifications in panoramic radiographs was analyzed by artificial intelligence by means of deep learning. In total 14526 panoramic radiographs were obtained from the databases of private dental offices. A selection was made of exams that showed cervical calcifications, and an equal number of similar exams that did not show cervical calcifications. The images were sectioned in order to obtain standardized dimensions of 378 x 214 pixels, and the cuts were made in the right and left bottom (inferior) extremities of the exams. In total 1896 sides that showed some type of cervical calcification, and 1640 sides that did not show calcification were selected. Training and the convolutional neural network test were performed, showing an accuracy of 75%. In addition, the influence was verified of the professionals educational formation on the diagnosis of cervical calcifications in panoramic radiographs, to establish a comparison with software developed by means of artificial intelligence. One hundred panoramic radiographs were selected in the database with 14526 radiographs, and these were sent to 03 Groups of professionals: Dentistry undergraduates (G1), dentists not specialized in dental radiology (G2) and specialists in dental radiology (G3). Each Group was composed of 05 individuals, who analyzed 200 sides (right and left) of 100 panoramic radiographs, totaling the analysis of 1000 sides per Group. All the Groups were trained by means of the instructive video about the region of radiographic analysis, anatomic structures of which the region is composed, and possible cervical calcifications that may be diagnosed. The accuracy of each group and of the software developed by means of artificial intelligence (AI) was checked, and comparison was made between the groups. The accuracy values of Groups G1, G2, G3 and AI were, 70, 71, 81 and 74%, respectively. There was statistically significant difference between specialists and undergraduates; specialists and dentists; specialists and artificial intelligence; artificial intelligence and undergraduates; artificial intelligence and dentists. There was not statistically significant difference between undergraduates and dentists. The practical and theoretical experience associated with a course of specialization allowed an enhanced diagnostic capacity of cervical calcifications. The software developed by artificial intelligence represented an additional tool for the automated diagnosis of cervical calcifications.

Keywords: Artificial intelligence. Deep learning. Panoramic radiography.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI	Artificial Intelligence
AVE	Acidente Vascular Encefálico
Az	Acurácia
C2	Vértebra Cervical número 2
C3	Vértebra Cervical número 3
C4	Vértebra Cervical número 4
DL	<i>“Deep Learning”</i>
EUA	Estados Unidos da América
FDI	<i>“Federation Dentaire Internationale”</i>
G1	Grupo 1
G2	Grupo 2
G3	Grupo 3
IA	Inteligência Artificial
Inc.	<i>“Incorporation”</i>
KDIS	<i>“Kodak Dental Image Software”</i>
kVp	Kilovoltagem
LDL	<i>“Low density lipoproteins”</i> (lipoproteínas de baixa densidade)
mA	Miliamperagem
mm	milímetros
ROC	<i>“Receiver Operating Characteristic”</i>
USA	<i>“United States of America”</i>



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Imagens radiográficas em tecidos moles promovidas por estruturas anatômicas .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.1 Osso Hioide .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.2 Cartilagem Epiglote .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.3 Cartilagem Tireóide .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.4 Cartilagem Tríticea .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2 Calcificações cervicais em tecido mole.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1 Calcificação do ligamento estilo-hióideo .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.2 Ateroma Calcificado na Artéria Carótida.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.3 Flebólitos .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.4 Sialólito .....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.5 Nódulos Linfáticos Calcificados .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.6 Tonsilólitos .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3 Inteligência Artificial na análise de exames por imagem.....</b>	<b>31</b>
<b>3 HIPÓTESES.....</b>	<b>35</b>
<b>4 OBJETIVOS .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1 Objetivo geral.....</b>	<b>37</b>
<b>4.2 Objetivo específico .....</b>	<b>37</b>
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
<b>5.1 Obtenção da amostra.....</b>	<b>39</b>
<b>5.2 Avaliação das imagens.....</b>	<b>41</b>
<b>5.3 Arquitetura da Rede Neural Convolutacional .....</b>	<b>43</b>
<b>5.4 Testes estatísticos .....</b>	<b>433</b>
<b>6 ARTIGO CIENTÍFICO 1 - Desempenho da <i>deep learning</i> na identificação de calcificações cervicais em radiografias panorâmicas .....</b>	<b>455</b>
<b>7 ARTIGO CIENTÍFICO 2 - Acurácia na identificação de calcificações cervicais em radiografias panorâmica .....</b>	<b>50</b>
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa PUC Minas....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO B – Dados Curriculares .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO C – Produção intelectual do aluno durante o curso do Doutorado .....</b>	<b>95</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A radiografia panorâmica representa o exame extraoral mais solicitado em odontologia. Fato este motivado pela versatilidade, grande área de abrangência, baixa dose de radiação e custo relativamente baixo. Na análise da radiografia panorâmica é possível identificar diversas estruturas anatômicas além dos dentes (MARQUEZ *et al.*, 2018). Na análise da região inferior de uma radiografia panorâmica pode-se identificar estruturas anatômicas como as vértebras, osso hioideo, cartilagem tireóidea, cartilagem tritícea, cartilagem epiglote além de calcificações em tecidos moles como calcificação do ligamento estilohioideo, sialólito, flebólito, nódulos linfáticos calcificados e ateromas calcificados nas artérias carótidas. A maioria destas calcificações em tecido mole não representam riscos ao paciente, entretanto calcificações como o sialólitos podem propiciar processos como a sialolitíase e o ateroma calcificado pode constituir um dos fatores de risco para desenvolvimento de um acidente vascular encefálico (AVE). Deste modo, diagnosticar calcificações cervicais em Radiografia Panorâmica representa ganho social e econômico na prevenção de doenças de maior complexidade (KAMIKAWA *et al.*, 2006; PERSCHBACHER, 2012).

A inteligência artificial (IA) é uma área das ciências computacionais com a possibilidade de produzir sistemas capazes de responder questões que exigem uma abordagem humana para serem solucionados (CHARTRAND *et al.*, 2017). Baseia-se em redes neurais artificiais, que são modelos matemáticos flexíveis que utilizam múltiplos algoritmos para identificar relações não lineares dentro de grandes bases de dados (KING JÚNIOR, 2018; MILLER; BROWN, 2018). Devido a possibilidade de identificações de padrões que fogem à normalidade, a IA tem sido amplamente utilizado na área médica e odontológica. Estudos recentes demonstram boa acurácia através de softwares desenvolvidos utilizando de técnicas como *machine learning* e *deep learning* na análise de exames por imagem (LEE *et al.*, 2018b).

O objetivo no presente estudo foi desenvolver e analisar a acurácia da inteligência artificial, pelo sistema *deep learning*, na identificação de calcificações cervicais em radiografias panorâmicas digitais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Na análise da radiografia panorâmica é possível a identificação de cistos, tumores e calcificações em tecido mole de grande importância clínica, possibilitando o diagnóstico de condições patológicas assintomáticas através de achados ocasionais (FRIEDLANDER, 1995; YANG *et al.*, 2020). A região cervical da Radiografia Panorâmica, localizada adjacente a representação radiográfica bilateral das vértebras e inferior à base mandibular, abriga estruturas anatômicas como o osso hioideo, a cartilagem tireoide e cartilagem epiglote. Nesta região há também estruturas que podem sofrer um processo de deposição de sais de cálcio possibilitando a visualização na radiografia panorâmica, como os sialólitos, ateromas calcificados, cartilagem tritícea, hemangiomas e nódulos linfáticos, além da possibilidade da presença de corpos estranhos radiopacos estarem presentes nesta região (KAMIKAWA *et al.*, 2006).

### 2.1 Imagens radiográficas em tecidos moles promovidas por estruturas anatômicas

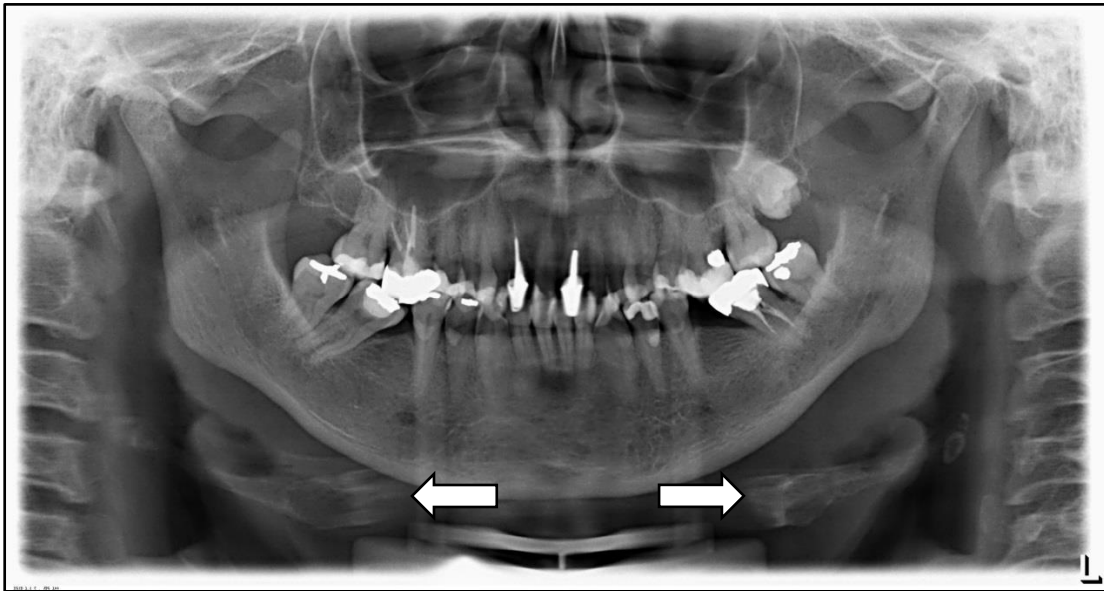
#### 2.1.1 Osso Hioide

Localizado ao nível da 3<sup>a</sup> vértebra cervical (C3), inferior ao ângulo da mandíbula e entre a cartilagem tireóidea, o osso hioide caracteriza-se por uma estrutura óssea única, móvel, em forma de U, que não mantém contato direto com outras estruturas ósseas. Sua estabilização se deve à ação de músculos (principalmente os infrahioideos e suprahioideos), fâscias e ligamentos que o conectam a mandíbula, ao externo, escápulas, língua, faringe, processos estiloides bilaterais. Anatomicamente é subdividido em 3 regiões: corpo, cornos maiores e cornos menores. Possui importantes funções relacionadas à fala, mastigação, deglutição e respiração. Em indivíduos do sexo masculino prevalentemente localiza-se mais a inferior quando comparado ao sexo feminino, entretanto ressalta-se que através de estudos utilizando a eletromiografia foi comprovado que sua posição pode variar de acordo com o perfil esquelético craniano e consequente função do sistema estomatognático (CHAVES *et al.*, 2010; MIRALLES *et al.*, 2006).

Na análise imaginológica através da radiografia panorâmica, o osso hioide caracteriza-se por uma estrutura dividida em duas porções radiopacas bilaterais, localizadas abaixo do ângulo da mandíbula, estendendo da região cervical ao nível da vértebra C3, para o sentido mesial. Esta estrutura também é visualizada na telerradiografia lateral como uma secção axial

radiopaca distinta de outras calcificações, localizada anterior à vértebra C3, ao nível do corpo da mandíbula (Fig. 1) (PAE *et al.*, 2008; SAGLAM; UYDAS, 2006).

**Figura 1- Radiografia panorâmica evidenciando as projeções bilaterais do osso hioide**



Fonte: Elaborado pelo autor

### 2.1.2 Cartilagem Epiglote

Estrutura com função primordial no processo de deglutição, a cartilagem epiglote localiza-se posterior a raiz da língua e a cartilagem tireoide e superior à laringe, sendo caracterizada por uma cartilagem única, com formato oval, composta por cartilagem fibroelástica. Possui inserções ao osso hioide através do ligamento hipoepiglótico, à cartilagem tireoide através do ligamento tireoepiglótico e ligações fibromusculares ao complexo aritenóide através da prega ariepiglótica (BABA *et al.*, 2019; PEARSON JÚNIOR; LANGMORE; ZUMWALT, 2011).

Durante a deglutição a epiglote cobre parcialmente a laringe evitando que alimentos entrem na traquéia, ao passo que durante o repouso fica em posição ereta permitindo a passagem de ar. Possui a extremidade superior mais larga que sua base, conferindo à epiglote uma característica de lâmina achatada no sentido superior para inferior. Apresenta a superfície laríngea e a superfície lingual que é conectada à valécula através do ligamento glossoepiglótico. Pode ser acometida por processos inflamatórios resultando em uma epiglotite aguda (CHOI *et al.*, 2018; VALENZUELA *et al.*, 2005).

Na radiografia panorâmica pode ser visualizada como uma estrutura ligeiramente radiopaca, bilateral, abaixo ou ao nível do ângulo da mandíbula, no plano das vértebras C2-C3-C4, projetando para superior em formato de hemiparabola. Sua radiopacidade não se relaciona com constituição calcificada, já que se trata de tecido cartilaginoso, mas sim em função da densidade tecidual e também da possibilidade de sobreposição mandibular (Fig. 2) (HAITER NETO; KURITA; CAMPOS, 2018; KANO *et al.*, 2005; KIM *et al.*, 2016).

**Figura 2- Radiografia panorâmica demonstrando a cartilagem epiglote bilateral**



Fonte: Elaborado pelo autor

### ***2.1.3 Cartilagem Tireoide***

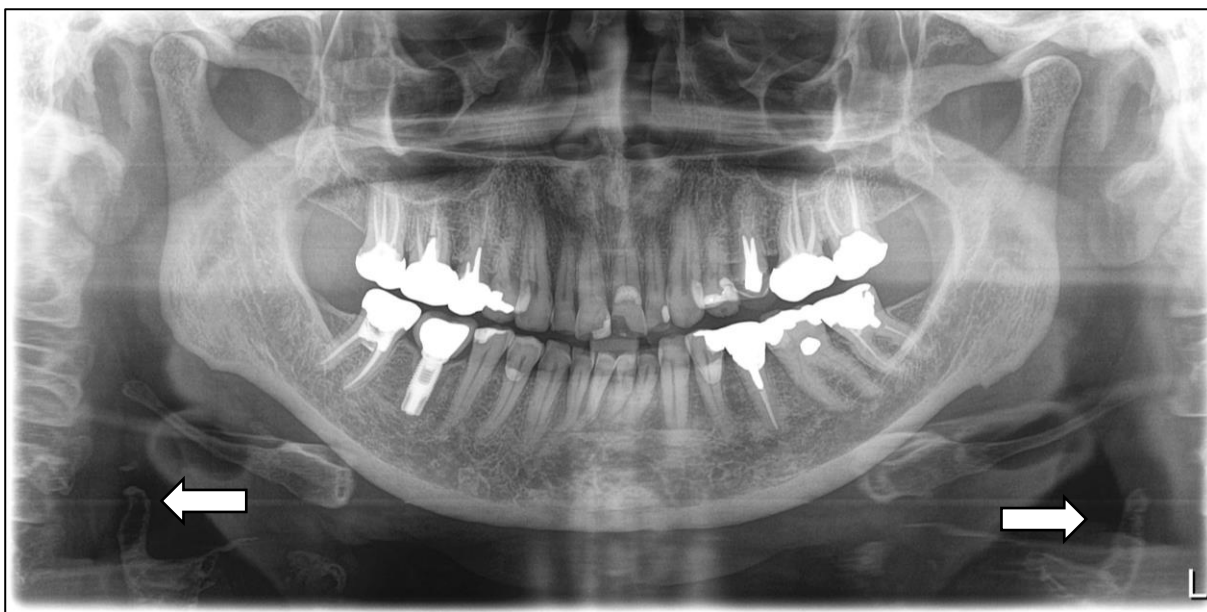
O esqueleto cartilaginoso da laringe é composto pelas cartilagens aritenóide, cricóide, epiglote, tireoide, cuneiforme e corniculada. A cartilagem tireoide representa a maior cartilagem da laringe e é composta por cartilagem hialina. Anatomicamente possui duas lâminas laterais quadriláteras divergentes unidas na região anterior, sendo para homens em angulação de 90° e para mulheres em angulação de 120°, formando na região anterior a incisura tireoide. Cada lâmina possui em sua borda posterior os cornos superiores e inferiores, nas laterais as cristas onde inserem-se os músculos tireohioide, esternotireohioide e constritor inferior da faringe. Localiza-se na região central do pescoço, sendo palpável, mais

proeminente em homens e recebendo a denominação popular de “Pomo de Adão” (LAIOS *et al.*, 2019; YAN *et al.*, 2018).

Estruturas compostas por cartilagem hialina possuem a tendência não só de calcificação, mas também de formarem estruturas semelhante a um tecido ossificado através de um mecanismo de ossificação endocondral. Esse mecanismo de calcificação inicia-se durante a terceira década de vida e evolui gradativamente podendo culminar, em décadas posteriores, na ossificação completa em indivíduos do sexo masculino. Em mulheres a porção central da cartilagem tireoide não se calcifica completamente (SALMAN; KINNEY, 1990).

Esta estrutura é passível de análise através da telerradiografia em norma lateral, sendo caracterizada por uma estrutura radiopaca, abaixo do osso hioide, anterior a vértebra C4. Na Radiografia Panorâmica apresenta-se na região posterior inferior do exame, ao nível da vértebra C4, abaixo do osso hioide, ligeiramente radiopaco, podendo apresentar dimensões aproximadas entre 2 mm de largura e 15 mm de espessura (Fig. 3) (GLIKSON *et al.*, 2017).

**Figura 3- Radiografia panorâmica demonstrando a projeção bilateral dos cornos superiores da cartilagem tireoide**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

Os exames radiográficos bidimensionais não representam o melhor método de análise da cartilagem tireoide, sendo recomendado em situações de suspeita de condições patológicas, como condroma e condrossarcoma, a realização de ressonância magnética, tomografia computadorizada e/ou ultrassonografia (MOREIRA-SOUZA *et al.*, 2019).

### 2.1.4 Cartilagem Tritícea

A cartilagem tritícea é caracterizada por uma estrutura que pode ser unilateral, bilateral ou ausente. A prevalência relatada na literatura varia entre 13.5 e 65% em estudos envolvendo cadáveres dissecados. Apresenta formato oval, localizada entre o corno maior do osso hioide e o corno superior da cartilagem tireoide, dentro da borda lateral da membrana tiro-hioidea, apresentando em média 3 mm de largura e 8 mm de comprimento. É composta por cartilagem hialina, portanto podendo calcificar-se completamente em indivíduos de idade mais avançada, não havendo predileção por sexo (CARTER, 2000).

Na radiografia panorâmica apresenta-se como massa radiopaca, uni ou bilateral, circunscrita, bem definida, adjacente às vértebras C3 e/ou C4, acometendo indivíduos geralmente após a quinta década de vida. É relatado por autores a possibilidade de identificação da calcificação da cartilagem tritícea em radiografias panorâmicas tendo como referência uma linha imaginária que passa do corno maior do osso hioide ao corno superior da cartilagem tireoide (Fig. 4) (KAMIKAWA *et al.*, 2006).

**Figura 4- Radiografia panorâmica demonstrando área radiopaca bem delimitada compatível com cartilagem tritícea calcificada**



Fonte: Elaborado pelo autor

A calcificação tritícea também é passível de visualização através da telerradiografia em norma lateral, sendo caracterizada por uma massa radiopaca bem definida, localizada

dentro do espaço aéreo faríngeo, adjacente a C4, próximo ao corno maior do osso hioide (KEBERLE; ROBINSON, 2007).

O diagnóstico adequado da calcificação da cartilagem tritícea é fundamental visto que suas características imagiológicas e localização, principalmente na radiografia panorâmica, o credenciam como o principal diagnóstico diferencial para ateroma calcificado na artéria carótida, fator de risco ao desenvolvimento de um Acidente Vascular Encefálico (AVE). Entretanto é possível a distinção entre calcificação tritícea e ateroma calcificado através da realização de uma técnica anteroposterior, visto que a calcificação tritícea estaria sobreposta pela coluna vertebral nesta incidência e o ateroma calcificado estaria externo às vértebras, estando destacado das demais estruturas calcificadas da região (HAITER NETO; KURITA; CAMPOS, 2018; KAMIKAWA *et al.*, 2006).

## **2.2 Calcificações cervicais em tecido mole**

### **2.2.1 Calcificação do ligamento estilohioideo**

O ligamento estilohioideo insere-se na sua porção craniana no processo estiloide e na região inferior ao corno menor do osso hioide. Anatomicamente o processo estiloide origina-se na porção inferior do osso temporal petroso, sendo anterior ao forame estilomastoideo e fornecendo fixação ao ligamento estilohioideo, musculo estilohioideo, estilofaríngeo e estiloglossos. O processo estiloide possui formato de agulha, trajeto descendente no sentido pósterio-anterior, com comprimento variável, sendo relatado na literatura média de 15 a 25 mm. Na porção inferior do processo estiloide e no ligamento estilohioideo pode ocorrer a deposição de sais de cálcio promovendo o alongamento do processo estiloide e a calcificação parcial ou total do ligamento estilohioideo. Comprimento superior a 30 mm do processo estiloide pode representar seu alongamento, ao passo que o prolongamento desta calcificação no trajeto até o osso hioide pode representar a calcificação do ligamento estilohioideo, podendo apresentar interrupções da calcificação ao longo do trajeto deste ligamento (FERRARIO *et al.*, 1990).

O ligamento estilohioideo calcificado apresenta-se, na maioria das vezes, como uma seqüência ao processo estiloide alongado, entretanto também pode ser visualizada a calcificação deste ligamento com ausência do alongamento do estiloide. Na radiografia panorâmica é representado por uma imagem radiopaca, homogênea ou heterogênea, definida, em trajeto descendente no sentido do processo estiloide ao osso hioide, podendo apresentar



pontos de interrupção, sobrepondo a região de ângulo da mandíbula, podendo estender para inferior no sentido cervical (Fig. 5) (OMNELL; GANDHI; OMNELL, 1998).

**Figura 5- Radiografia panorâmica demonstrando o ligamento estilohioideo calcificado bilateral e abaixo do ângulo mandibular**



Fonte: Elaborado pelo autor

São identificados com grande frequência, principalmente na análise de indivíduos com idade avançada, e geralmente são assintomáticas e detectadas através de exames de rotina odontológica. No entanto, há situações em que pode haver sintomas associados devido a compressão de estruturas adjacentes ao trajeto do ligamento estilohioideo e processo estiloide alongado, sendo estas condições denominadas de Síndrome de Eagle e Síndrome da Artéria Carótida. A compressão do nervo glossofaríngeo pode promover dor durante o movimento de giro da cabeça; a artéria carótida interna também pode ser obstruída parcialmente pela calcificação do ligamento estilohioideo ao inclinar a cabeça para baixo, promovendo tontura e desmaios devido a estenose parcial e transitória arterial. O paciente pode relatar a sensação de corpo estranho durante a deglutição resultando em consequente diminuição da mobilidade dos movimentos da cabeça (MANGANARO; NYLANDER, 1998; VALERIO *et al.*, 2012).

O tratamento baseia-se na intensidade dos sintomas, sendo em situações mais leves recomendados a preservação e orientação quanto a condição e em situações de maior sintomatologia sendo recomendada a remoção cirúrgica destas calcificações (WESTHUIJZEN; MERWE, 1999).

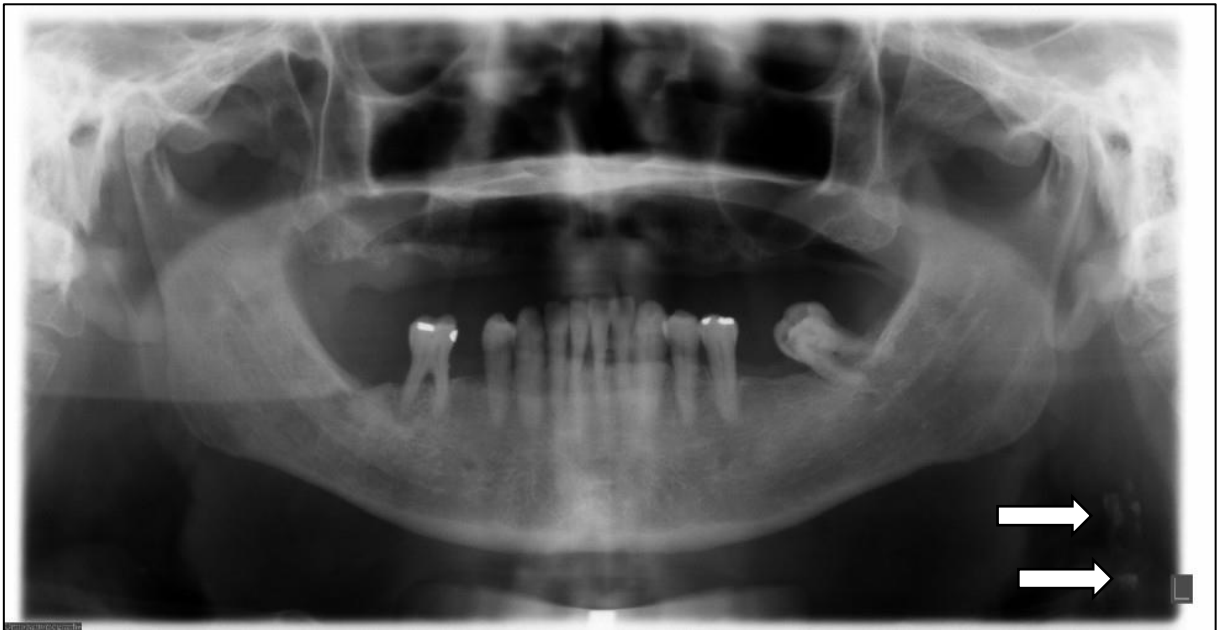
### 2.2.2 Ateroma Calcificado na Artéria Carótida

Os ateromas calcificados são manifestações em estágios mais avançados da aterosclerose, resultando em perda da elasticidade e estenose arterial (diminuição do fluxo sanguíneo). A aterosclerose representa o principal fator de risco para o desenvolvimento de doenças cérebro e cardiovasculares, estando associada a condições sistêmicas como obesidade, hipertensão arterial sistêmica, diabetes mellitus, tabagismo, dislipidemia, sedentarismo, idade avançada (>50 anos), alcoolismo, entre outras. Essas placas ateromatosas iniciam sua formação através de lesões endoteliais na parede interna das artérias de grande e médio calibre. Nestas lesões inicia-se a entrada de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), presentes na corrente sanguínea, que se alojam entre a túnica íntima e a túnica média arterial. Estas lipoproteínas irão oxidar dando origem a um processo inflamatório local onde posteriormente serão fagocitadas por macrófagos. Saturadas destas lipoproteínas, os macrófagos agora irão ser denominados de células espumosas, e essas perpetuarão o processo inflamatório. No interior destas células espumosas haverá a formação de tecido necrótico podendo ocorrer a deposição de sais de cálcio através de um mecanismo de calcificação distrófica, permitindo então que essas placas calcificadas sejam identificadas através de exames imaginológicos (FRIEDLANDER, 1995; LINTON *et al.*, 2015).

No trajeto da artéria carótida o local mais propício para formação dos ateromas calcificados é a bifurcação (bulbo carotídeo), onde a artéria carótida comum se divide em artéria carótida interna e externa. Esta bifurcação ocorre em maior prevalência ao nível das vértebras C3-C4, sendo esta região passível de análise através de exames radiológicos odontológicos (YOON *et al.*, 2008).

Os ateromas calcificados na artéria carótida geralmente são assintomáticos e identificados através de achados incidentais através de exames extraorais, principalmente a radiografia panorâmica. São caracterizados por massas radiopacas, uni ou bilaterais, distinta de outras estruturas calcificadas, localizadas na região inferior do exame, paralela às vértebras C3 e/ou C4, com formatos diversos variando de grânulos a nódulos, podendo em determinadas situações apresentar o contorno do trajeto arterial (Fig. 6) (BAYRAM *et al.*, 2006; ERTAS; SISMAN, 2011).

**Figura 6- Radiografia panorâmica demonstrando imagem radiopaca heterogênea, unilateral, compatível com ateroma calcificado na artéria carótida**



Fonte: Elaborado pelo autor

Devido a essa variabilidade de formatos e a localização, o diagnóstico diferencial pode incluir outras estruturas como a calcificação tritícea, nódulo linfático calcificado, entre outras. Destaca-se a semelhança com estágios iniciais da calcificação da cartilagem tritícea, já que ainda não apresentará o formato bem definido e a localização é semelhante. Diante da impossibilidade de um diagnóstico definitivo, recomenda-se a realização de projeção anteroposterior para estabelecimento de um diagnóstico diferencial, visto que se tratando de um ateroma calcificado na artéria carótida este será visualizado sem sobreposição de outras estruturas calcificadas, externo às vértebras cervicais (MANZI *et al.*, 2003).

Com a probabilidade da presença de ateroma calcificado em artéria carótida, o cirurgião dentista deve encaminhar o paciente ao médico responsável onde a conduta pode basear na confirmação do diagnóstico através de exames complementares (Ultrassonografia Doppler, Angiografia Intra-arterial). O tratamento pode envolver orientações relacionadas ao estilo de vida (dieta, exercícios físicos regulares, controle tabagismo e alcoolismo), alteração ou incorporação de medicamentos (antidislipidêmicos, antihipertensivos, anticoagulantes, entre outros), e em situações de estenose arterial >70% pode optar por procedimentos cirúrgicos (endoarterectomia, bypass, stent) (BARNETT *et al.*, 1998; GRANT *et al.*, 2003).

### 2.2.3 Flebólitos

Associado a má formação vasculares, principalmente a hemangioma do tipo cavernoso, os flebólitos são calcificações de trombos nas paredes de veias, vênulas e/ou vasos sinusoidais. No interior das má-formações, alterações na dinâmica dos vasos sanguíneos pode gerar trombos e estes podem ser o núcleo onde irá ocorrer a deposição inicial de sais de cálcio e cristais de apatita. Posteriormente componentes fibrinosos e plaquetas irão aderir a estes núcleos e irão gradativamente calcificar, promovendo o aumento destes flebólitos. É possível também a identificação de flebólitos isolados em adultos, indicando local onde durante a infância havia uma má formação vascular. A palpação de uma má formação vascular pode sugerir a presença de flebólitos através da sensação tátil de massas nodulares de tecido duro. A presença destas calcificações não implica em sintomatologia alterada ao paciente, entretanto salienta-se a importância de identificação destas condições devido a associação com má formações vasculares, podendo contraindicar ou alterar o planejamento cirúrgico (KANAYA *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2015).

As características radiográficas dos flebólitos são de nódulos ovais radiopacos com anéis de radiolucência concêntrica, semelhante a um alvo, podendo ser únicos ou múltiplos, apresentando em média de 1 a 5 mm de diâmetro, no entanto podendo ser encontrados flebólitos com dimensões superiores a 1 cm de diâmetro. Flebólitos podem ocorrer em qualquer local onde haja a presença de vasos sanguíneos, sendo então incluídos no diagnóstico diferencial calcificações de tecidos moles que estejam relacionados a região de incidência, como sialólitos, tonsilólitos, entre outras. Podem ser diagnosticados através de exames de rotina odontológica, como radiografia panorâmica, telerradiografia lateral e frontal, além de tomografia computadorizada, ressonância magnética e ultrassonografia Doppler (Fig. 7) (CHUANG; LIN; HUANG, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2009; SCOLOZZI *et al.*, 2003; ZENGIN; CELENK; SUMER, 2013).

**Figura 7- Radiografia panorâmica demonstrando a presença de flebólitos generalizados, sendo evidenciado pela seta flebólito localizado abaixo do ângulo mandibular**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

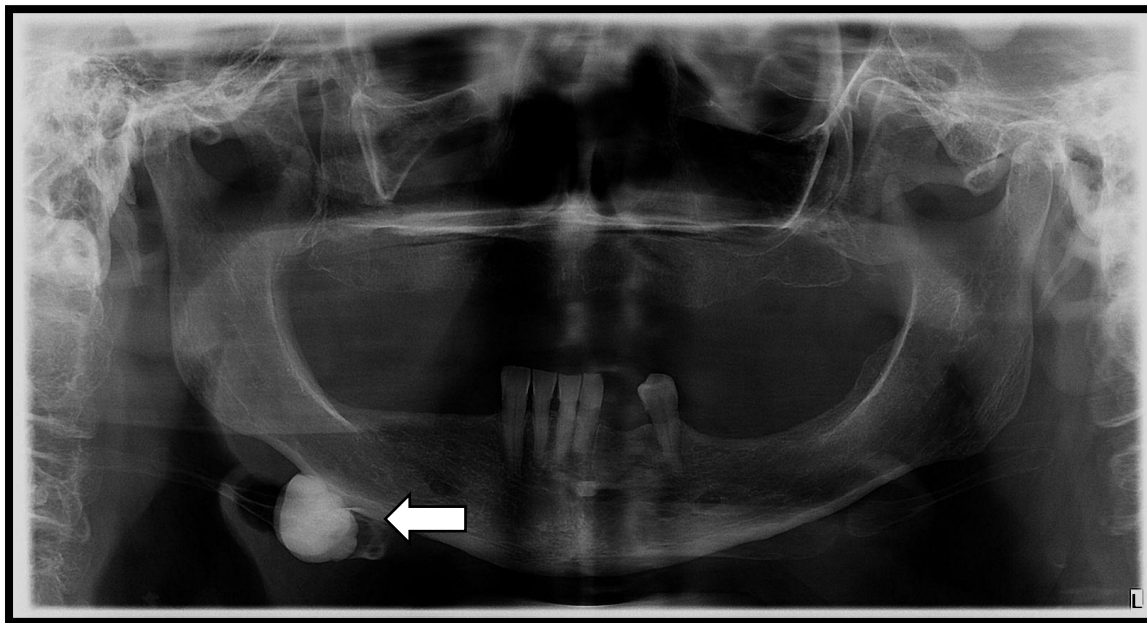
#### **2.2.4 Sialólito**

Sialólitos são calcificações idiopáticas, geralmente associadas às glândulas salivares maiores, com maior ocorrência nos ductos. As glândulas salivares mais acometidas pela presença de sialólitos são a glândula submandibular (80 a 92%), glândula parótida (6 a 20%), sublingual e glândulas salivares menores (1 a 2%). A formação dos sialólitos pode estar relacionada com distúrbios nos ductos das glândulas salivares; deposição de minerais associada a corpos estranhos, bactérias e células descamadas. A prevalência é de 12:1000, havendo maior predileção pelo sexo masculino (2:1). Geralmente os sialólitos apresentam diâmetros inferiores a 15 mm, entretanto é relatado na literatura casos de sialólitos com tamanhos variados, atingindo grandes proporções. Quando os sialólitos estão associados a sintomatologia como dor, edema local, infecção da área afetada, dilatação do ducto salivar, pode ser caracterizado como um quadro de sialolitíase, sendo esta a condição patológica mais comumente relacionada a glândulas salivares (BAURMASH, 2004).

O diagnóstico dos sialólitos pode ser obtido através de exames de rotina como a radiografia panorâmica ou por exames específicos para este fim como a sialografia e a radiografia oclusal total de mandíbula. Radiograficamente apresenta-se como massa radiopaca, homogênea ou heterogênea, bem definida (quando localizada no ducto da glândula salivar) ou difusa (quando localizada no parênquima), visualizada na localização anatômica

das glândulas salivares. Os possíveis diagnósticos diferenciais são nódulos linfáticos calcificados, tonsilólitos, esclerose óssea idiopática e corpos estranhos (Fig. 8) (CHOI; KIM; OH, 2002).

**Figura 8- Radiografia panorâmica demonstrando extenso sialólito localizado na glândula submandibular do lado direito do paciente**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

O tratamento baseia-se inicialmente em procedimentos conservadores como a estimulação à salivação através de alimentos cítricos, manipulação da glândula salivar e ordenha do ducto excretor. No insucesso destes procedimentos, deve-se optar pela remoção cirúrgica, sendo esta mais frequente em sialólitos de maiores proporções. Em determinadas situações, devido a um processo crônico irreversível associado a esta glândula salivar maior, pode ser necessário a exérese da glândula (KASABOGLU *et al.*, 2004; WICKRAMASINGHE; HOWARTH; DRAGE, 2005).

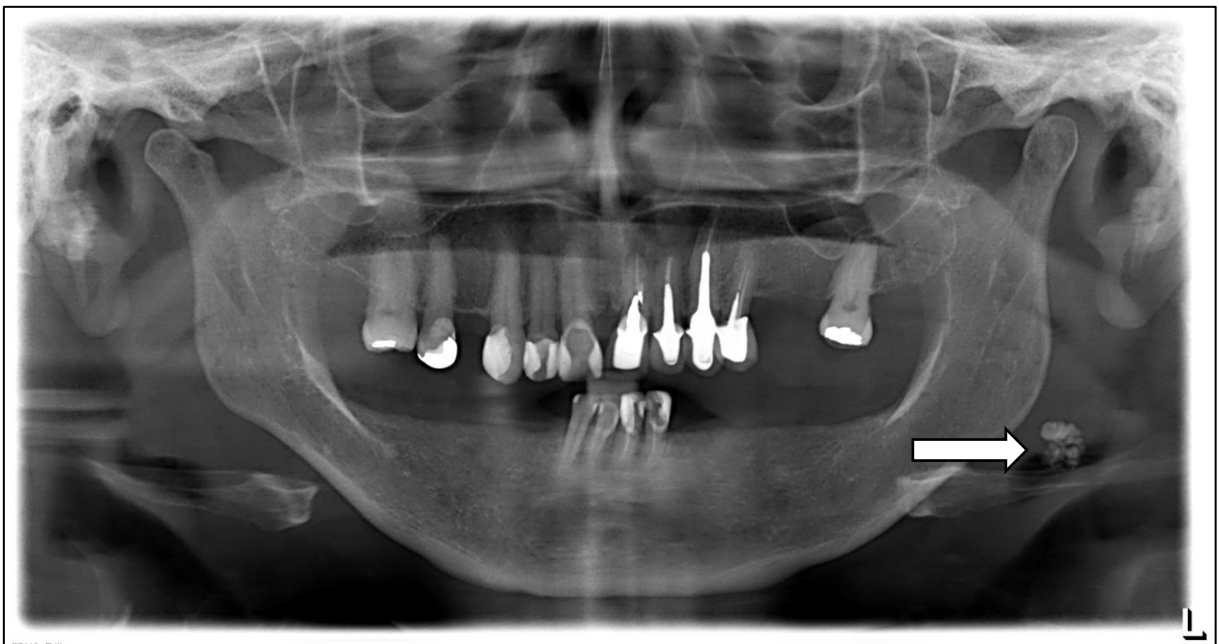
### **2.2.5 Nódulos Linfáticos Calcificados**

Nos tecidos linfoides podem ocorrer processos inflamatórios crônicos associados a patologias como tuberculose, actinomicose, sarcoidose, linfoma tratado previamente, metástases de neoplasias calcificantes a distância, infecções fúngicas, febre por arranhadura de gato, entre outras. Há um aumento de volume destes nódulos diante da inflamação,

tornando-o fibroso e ocorrendo a precipitação de sais de cálcio por um processo de calcificação distrófica. Devido a maior ocorrência nos linfonodos submandibulares, digástricos e cervicais, nos exames radiológicos odontológicos podem ser identificadas estas calcificações seguindo o trajeto das cadeias ganglionares (ANGELOPOULOU *et al.*, 2018).

Radiograficamente apresentam-se como massas radiopacas únicas ou múltiplas, homogêneas ou heterogêneas, com aspecto lobulado e calcificação periférica conferindo aspecto patognomônico de “couve-flor”. O diagnóstico diferencial pode envolver sialólitos no parênquima glandular e flebólitos. É geralmente assintomático, sendo seu diagnóstico obtido através de exames de rotina odontológica, entretanto podem ser palpados conferindo aspecto mais rígido aos nódulos diante de estágios mais avançados de calcificação (Figura 9) (SUTTER *et al.*, 2018).

**Figura 9- Radiografia panorâmica evidenciando nódulo linfático calcificado abaixo do ângulo mandibular esquerdo**



Fonte: Elaborado pelo autor

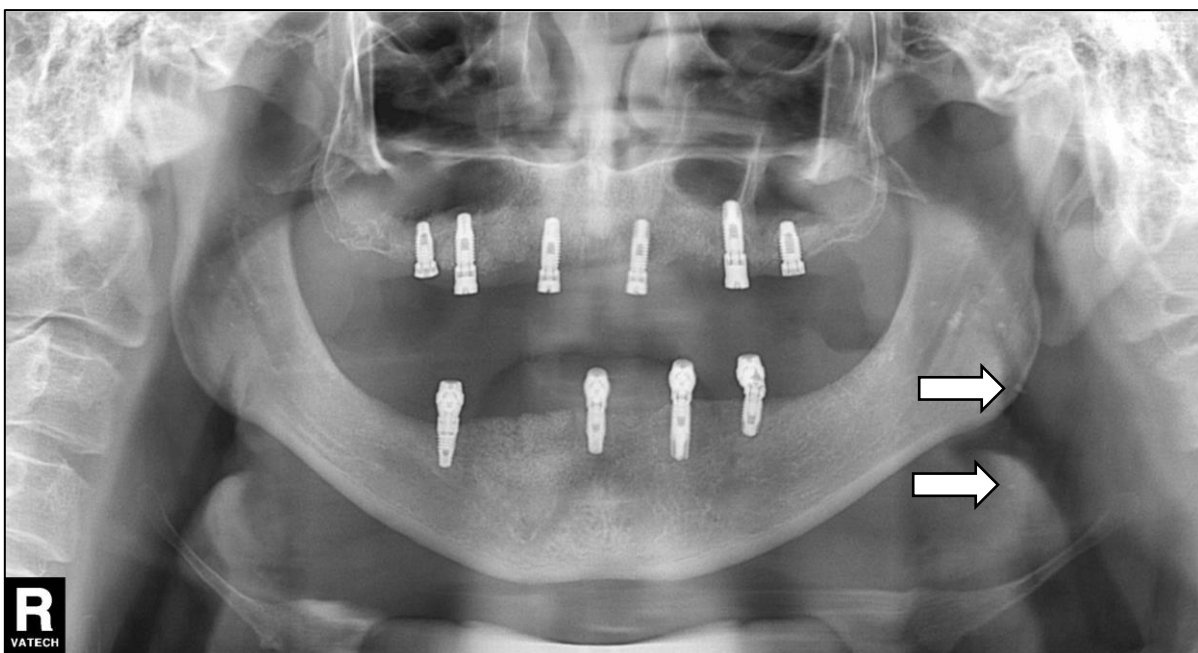
O tratamento dos nódulos linfáticos calcificados geralmente não é necessário, entretanto pode haver casos onde esta condição pode estar associada ao linfoma ou metástases dos linfonodos regionais do pescoço, sendo necessária a realização da linfadenectomia cervical (PAQUETTE; TEREZHALMY; MOORE; 2003).

### 2.2.6 Tonsilólitos

Tonsilólitos são calcificações distróficas que podem ocorrer diante de quadros recorrentes de inflamação nas tonsilas, promovendo aumento do volume das criptas tonsilares. Neste local pode ocorrer maior acúmulo de debris e restos bacterianos, culminando com a formação de pequenos cistos de retenção, onde posteriormente haverá deposição de sais de cálcio como hidroxiapatita, carbonato de cálcio, sais de magnésio, radicais de amônia e oxalatos (CALDAS *et al.*, 2007; COOPER *et al.*, 1983).

Clinicamente pode estar associado com halitose, dor, disfagia, gosto desagradável, sensação de corpo estranho e dor na orelha. Apesar dos sinais e sintomas clínicos, geralmente é descoberto através de achados incidentais na radiografia panorâmica. Os aspectos radiográficos são de massas radiopacas únicas ou múltiplas, com formato oval ou irregular, na região de ângulo e ramo ascendente da mandíbula, com radiopacidade semelhante a cortical óssea, por isso apresenta-se distinto do osso medular da região. O diagnóstico diferencial pode envolver nódulos linfáticos calcificados, flebólitos, sialólitos e calcificação do ligamento estilohioideo (Fig. 10) (GIUDICE *et al.*, 2005; NESHAT; PENNA; SHAH, 2001).

**Figura 10- Radiografia panorâmica demonstrando a presença de tonsilólitos sobrepondo a mandíbula e em evidência abaixo do ângulo mandibular**

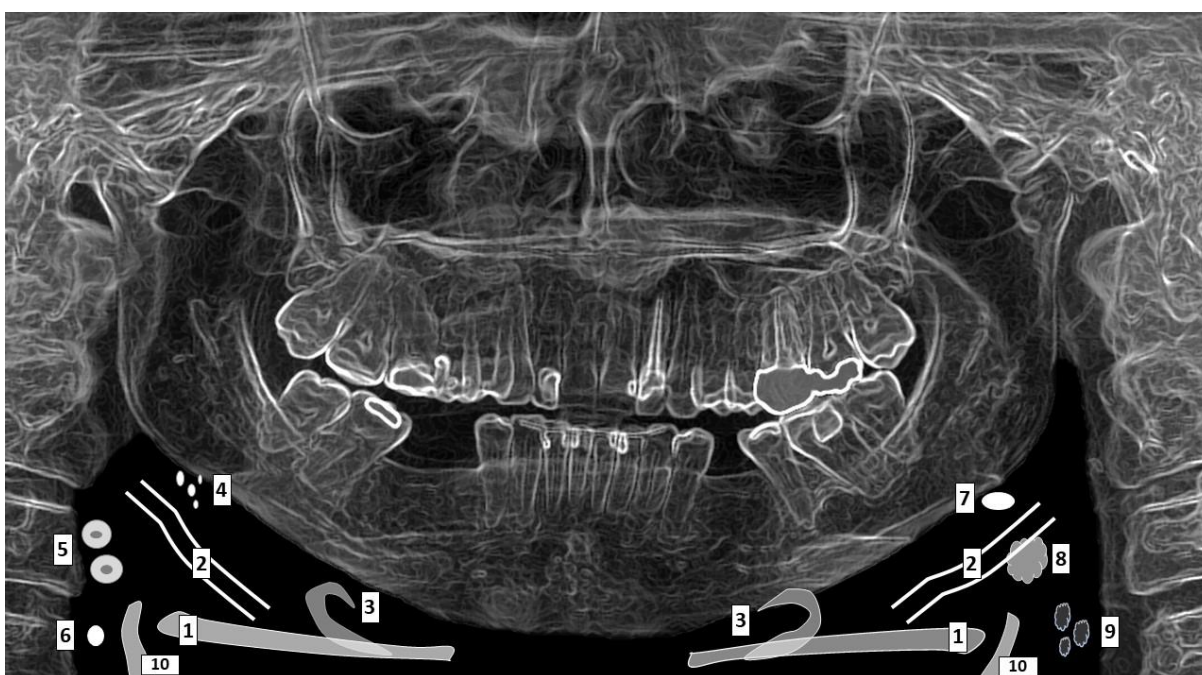


Fonte: Elaborado pelo autor



O tratamento geralmente não é necessário, mas diante de quadros de tonsilólitos de grandes proporções ou associação com abscesso peritonsilar ou trismo, pode ser realizada a exérese (RAM *et al.*, 2004; SEZER; TUGSEL; BILGEN, 2003).

**Figura 11- Esquema representativo de radiografia panorâmica apresentando estruturas e calcificações em tecido mole localizadas na porção inferior. 1- Osso hioideo; 2- calcificação do ligamento estilohioideo; 3- cartilagem epiglote; 4- tonsilólito; 5- flebólito; 6- calcificação da cartilagem tritícea; 7- sialólito; 8- nódulo linfático calcificado; 9- ateroma calcificado em artéria carótida; 10- corno superior da cartilagem tireoide**



Fonte: Elaborado pelo autor

### 2.3 Inteligência Artificial na análise de exames por imagem

A inteligência artificial (IA) representa uma área das ciências computacionais que possibilita a criação de softwares com capacidade de solucionar questões que normalmente exigem raciocínio humano para serem respondidas (CHARTRAND *et al.*, 2017). A IA é baseada em redes neurais artificiais, que são modelos matemáticos com capacidade de aprendizado, que utilizam múltiplos algoritmos para identificar relações não-lineares complexas dentro de grandes bases de dados (KING JÚNIOR, 2018; MILLER; BROWN, 2018). Dentre esses métodos existe o aprendizado profundo, conhecido como *deep learning* que é um grupo de métodos computacionais que possibilitam que um algoritmo se programe,

através do treinamento prévio a partir de uma amostra que demonstre padrões estruturais definidos. Neste caso é possível que o modelo computacional identifique esta variação no padrão da amostra em um grupo de treino e replique no grupo de teste (GULSHAN *et al.*, 2016).

Na medicina a IA tem sido amplamente aplicada, principalmente na identificação de variações em exames, possibilitando ganhos clínicos, sociais e econômicos no diagnóstico precoce de doenças, padronização de análises em pesquisas, estabelecimento de protocolos e definição de pontos de corte mais criteriosos para condições patológicas. Radiografias convencionais bidimensionais, tomografias computadorizadas multislice e de feixes cônicos, ressonância magnética, ultrassonografias, lâminas histológicas são exemplos de exames contemplados pela análise através dos princípios da IA. Esse novo ramo de pesquisa tem demonstrado resultados promissores e grande aplicabilidade nas áreas da radiologia e patologia, principalmente no auxílio de diagnóstico por imagens. Estudos abordando as análises através de métodos como o *deep learning* apresentam acurácia relatada na literatura que varia de 68% a 99% para diagnóstico e categorização de estágios de patologias (ESTEVA *et al.*, 2017; GULSHAN *et al.*, 2016; HOSNY *et al.*, 2018; KIM; WIT; THURSTON, 2018; LAKHANI; SUNDARAM, 2017; LEE *et al.*, 2018a; LEE *et al.*, 2018b; McBEE *et al.*, 2018).

A seleção de prótese aórtica transcater foi avaliada através da *deep learning*. Foi desenvolvido um software condicionando a escolha dos diferentes fabricantes de próteses aórticas às diferentes situações clínicas com qual o cirurgião se deparava, e comparado as escolhas do sistema a um time de especialistas. A IA demonstrou ser mais efetiva que o time de especialistas na escolha adequada das próteses de acordo com os critérios estabelecidos pelos fabricantes, por utilizar de dados objetivos (RÖSLER *et al.*, 2018).

O diagnóstico da Doença de Parkinson também foi alvo de estudo por métodos baseando no princípio da inteligência artificial. Foi realizada pesquisa avaliando a capacidade de detecção de ioflupane-123 na avaliação do transporte da dopamina pelo aprendizado de transferência, sendo verificada acurácia de 87%. Os resultados obtidos demonstram que a inteligência artificial é um método promissor nesta análise, exemplificado pela excelente acurácia (KIM; WIT; THURSTON, 2018).

No diagnóstico de tuberculose, foi comparado um software desenvolvido através da *deep learning* com a avaliação de radiografias de tórax por um especialista treinado e calibrado. Foram analisadas 1007 radiografias de tórax sendo verificada acurácia de 99% do software em relação a análise do especialista. Credenciando a análise através da IA como um método capaz de identificar pacientes acometidos pela tuberculose através de exames de

imagem bidimensionais (LAKHANI; SUNDARAM, 2017).

Na Odontologia, foi executado estudo utilizando da IA para a detecção adequada da categorização dos elementos dentários através dos critérios da “Federation Dentaire Internationale” (FDI). Foram analisadas 1250 radiografias periapicais e o sistema desenvolvido através da IA obteve uma acurácia de 90% nesta identificação, quando comparado com a análise de um cirurgião dentista treinado (CHEN *et al.*, 2019).

Avaliando dentes com comprometimento periodontal, foi verificado a capacidade de um *software* desenvolvido através da inteligência artificial de analisar e determinar corretamente a indicação de exodontia nestes elementos. Esta avaliação foi executada em pré-molares e molares, obtendo índices de exodontia adequados de 82,8% e 73,4%, respectivamente. Como comparativo foi utilizado a concordância entre três periodontistas treinados e calibrados quanto aos critérios de determinação da exodontia (LEE *et al.*, 2018b).

Para a detecção de lesões cariosas, foi executado estudo utilizando-se de uma amostra de 3000 radiografias periapicais compreendendo pré-molares e molares. Nesta amostra executou-se análise através de um software desenvolvido através da *deep learning* e comparou-se com resultado obtido pela avaliação de especialistas calibrados. A IA obteve acurácia de 88% e 89%, respectivamente, na detecção de lesões cariosas em pré-molares e molares, demonstrando ser um método com excelente acurácia nesta detecção (LEE *et al.*, 2018a).

A avaliação e categorização de cistos e tumores também foi avaliada através da IA. Em estudo analisando a capacidade de detecção de cistos dentígeros, ceratocisto odontogênicos, ameloblastomas e ausência de lesão, um *software* baseado em *deep learning* e comparando com resultados obtidos entre especialista e clínicos, a IA apresentou resultados compatíveis com as análises humanas (Acurácia de 71%). Estes resultados corroboram que trata-se de um método efetivo e que pode ser utilizado para detecção precoce destas patologias (YANG *et al.*, 2020).

### 3 HIPÓTESES

- a) Hipótese Nula: O *software* desenvolvido através da *deep learning* não apresenta boa acurácia na identificação de calcificações cervicais em radiografia panorâmica, não trazendo benefícios adicionais no diagnóstico destas condições patológicas e variações anatômicas;
- b) Hipótese Alternativa: O *software* desenvolvido através da *deep learning* apresenta boa acurácia na identificação de calcificações cervicais em radiografia panorâmica, sendo uma ferramenta adicional no diagnóstico de condições patológicas e variações anatômicas.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo geral**

Desenvolver e definir a acurácia da *deep learning* na identificação automatizada de calcificações cervicais em radiografias panorâmicas.

### **4.2 Objetivos específicos**

- a) definir a acurácia de graduandos, dentistas não especialistas em radiologia odontológica e especialistas em radiologia odontológica, na identificação de calcificações cervicais em radiografia panorâmica;
- b) comparar o desempenho dos graduandos, dentistas não especialistas em radiologia odontológica e especialistas em radiologia odontológica em relação à utilização da Inteligência Artificial.

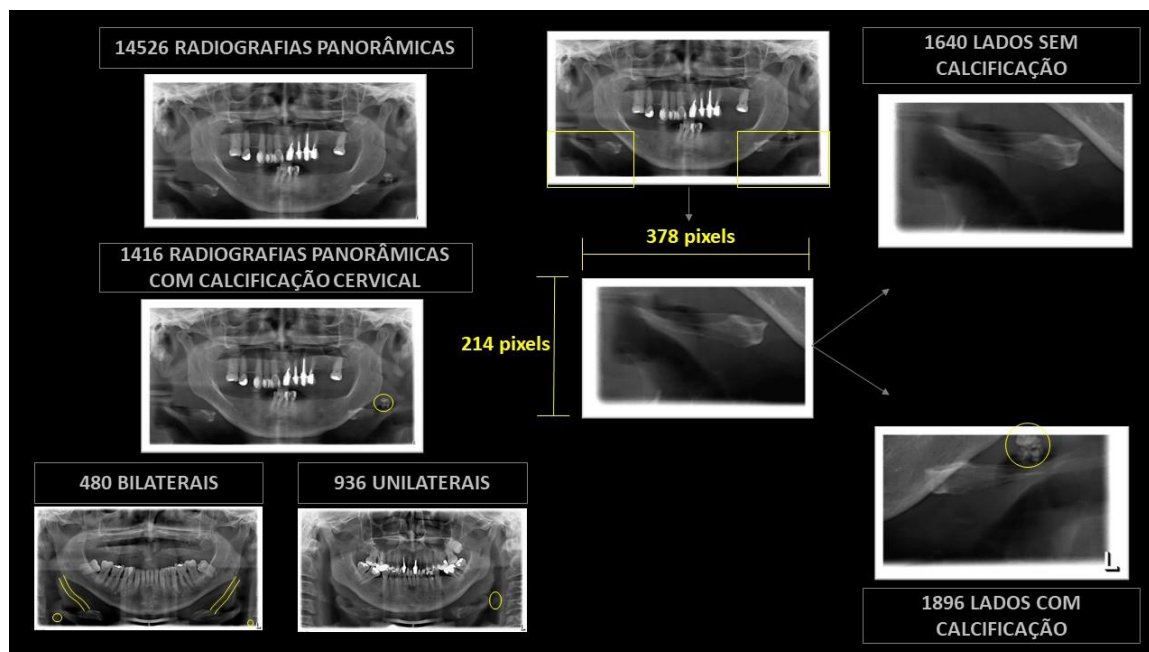
## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. O projeto do estudo foi enviado para análise prévia através do site governamental “Plataforma Brasil”, sendo avaliado pelo comitê de ética em pesquisas com seres humanos e após a emissão do parecer favorável à sua execução, foram realizados os procedimentos posteriormente descritos (CAAE: 38262920.6.0000.5137) (ANEXO A).

### 5.1 Obtenção da amostra

De um total de 14526 radiografias panorâmicas obtidas no banco de dados de clínicas odontológicas privadas, foram selecionadas as radiografias que apresentavam presença de imagens radiopacas abaixo da região de ângulo mandibular, bilateral, que poderiam ser incluídas num diagnóstico diferencial de patologias. Foram selecionadas 1416 radiografias panorâmicas apresentando calcificações cervicais, destas 480 apresentavam calcificações bilaterais, totalizando 1896 lados calcificados incluídos na análise. Para controle negativo, foi selecionado 1640 lados comprovadamente não calcificados. A região inferior direita e esquerda das radiografias panorâmicas incluídas na análise foram recortadas de forma padronizada nas dimensões 378 x 214 pixels, no programa *Adobe Photoshop Lightroom* (Fig. 12) (Adobe Inc. San Jose, Califórnia, EUA).

**Figura 12- Fluxograma de obtenção dos exames e lados com calcificação e sem calcificação**



Fonte: Elaborado pelo autor

O critério de inclusão para os exames do estudo foram: radiografias panorâmicas digitais que apresentem visualização ampla da região cervical, com a identificação do aparelho utilizado para execução do exame.

Foram selecionados números semelhantes entre radiografias calcificadas (1896 lados) e não calcificadas (1640 lados) tendo como critério o aparelho radiográfico panorâmico de origem, para não comprometimento da análise em função do desbalanceamento da amostra de treino e teste. A quantidade também foi semelhante de lados calcificados e não calcificados de exames em função da marca/modelo do aparelho panorâmico. A inteligência artificial baseia seus resultados em probabilidades, diante disso a presença de maior número de calcificações associada à demarcação específica do lado do exame de determinada marca/modelo, pode fazer com que a *deep learning* em situação de dúvida tenda a demarcar um lado como calcificado, mesmo na ausência de calcificação. Portanto o equilíbrio de exames calcificados e não calcificados em relação a marca/modelo na análise reduz este viés.

Os aparelhos utilizados na análise foram:

- a) Ortophos XG 3 em 1 3D/ Ceph (Dentsply Sirona Inc., Bensheim, Germany) 60-90kVp e 3-16 mA;

- b) Ortophos SL 3 em 1 3D/ Ceph (Dentisply Sirona Inc., Bensheim, Germany) 60-90Kv e 3-16 mA;
- c) Vatech Pax-400C (Vatech Dental Manufacturing Limited, Korea) 50-90kVp e 4-10 mA;
- d) Carestream CS8100 (Carestream Inc., Rochester, USA) 60-90kVp e 2-15mA;
- e) Carestream CS9000 (Carestream Inc., Rochester, USA) 60-90kVp e 2-15mA.

## 5.2 Avaliação das imagens

A identificação dos pacientes foi mantida em sigilo. As imagens digitais foram avaliadas quanto aos critérios de inclusão. Para categorização dos exames, foi realizada análise por 03 especialistas em Radiologia Odontológica que avaliaram os exames separadamente, em 02 momentos distintos, limitando-se a quantidade de 20 exames diários para não comprometimento da análise em função da fadiga visual. Os exames classificados como calcificados e não calcificados foram definidos através da concordância entre os especialistas. Foi realizado Kappa demonstrando excelente concordância intra e interobservadores (95% e 92%, respectivamente).

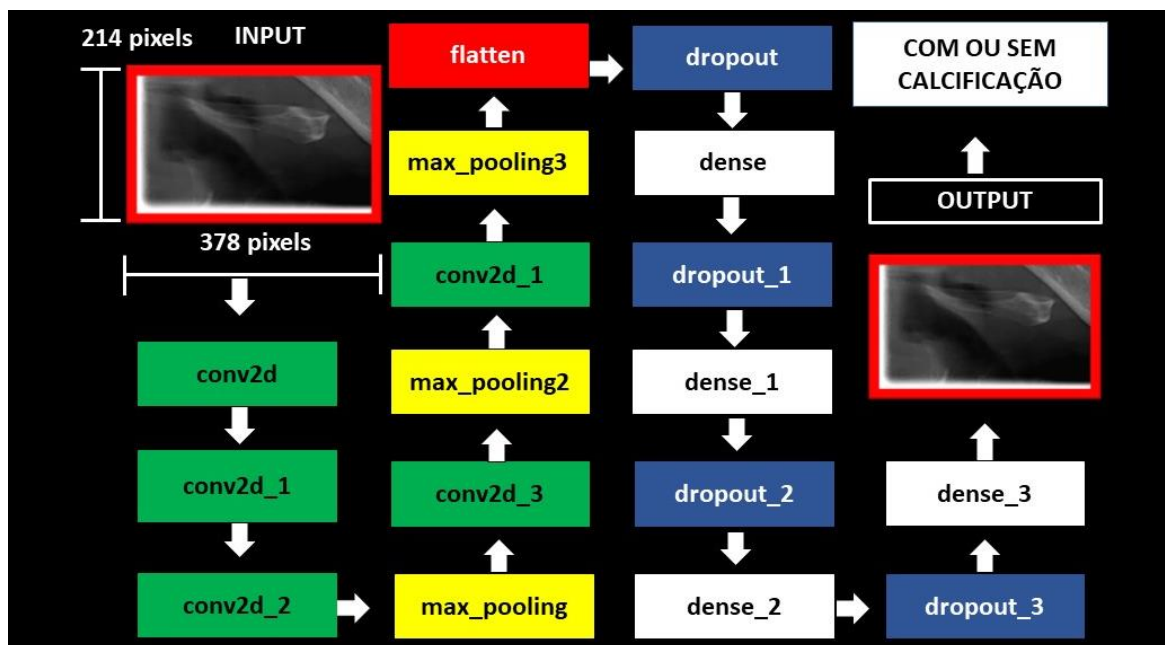
As radiografias foram interpretadas diretamente no software KDIS. Foi utilizado computador com placa gráfica GeForce 9500 GT (Nvidia Corporation, Califórnia, EUA) e monitor LED LG Flatron E2241 (LG Electronics Inc., Seul, Coréia do Sul), com resolução de 1920x1080 pixels e os níveis de brilho e contraste do monitor fixados em sua configuração pré-estabelecida. As imagens foram processadas por um software desenvolvido através da inteligência artificial com intuito de identificar de forma automatizada calcificações cervicais.

## 5.3 Arquitetura da Rede Neural Convolutacional

Foi utilizada análise de aprendizado profundo, *deep learning* ou *convolutional neural network* implementando o *framework Tensorflow* (Fig. 13).



**Figura 13- Esquema representando a arquitetura da rede neural *deep learning* aplicada no estudo**



Fonte: Elaborado pelo autor

A rede neural convolucional possui arquitetura composta por 05 camadas convolucionais, seguida de 03 camadas de *pooling*, 01 camada *flatten*, 03 camadas de *dropout* e 04 camadas densas.

As camadas convolucionais apresentam a função de extração de dados das imagens, enquanto as camadas de *pooling* apresentam a função de simplificação do mapa de ativação, transmitindo para as próximas camadas somente as características mais relevantes. A camada *flatten* converte uma imagem bidimensional em um vetor unidimensional, já que para as camadas densas não é relevante a organização espacial dos pixels. As camadas de *dropout* identifica possíveis vieses e elimina neurônios ocultos, o que permite a redução do *overfitting* (quando a rede neural decora os dados, não apresentando novo aprendizado). As camadas densas irão determinar valores probabilísticos de 0 a 1 das saídas esperadas (com ou sem calcificação).

Os exames selecionados foram cortados para as dimensões de 214 pixels de altura por 378 pixels de largura, de modo que se manteve somente a região cervical da radiografia panorâmica compreendendo o ângulo inferior unilateral, associado à presença de calcificação (teste) e ausência de calcificação (controle). As imagens foram convertidas para escala de tons de cinza.

A rede neural foi treinada através de informações transmitidas para o computador

quanto às entradas (imagens) e saídas esperadas (presença/ausência de calcificações). Estas informações possibilitaram que, através das modificações de parâmetros, obtenha-se as características que fogem ao padrão de normalidade entre o grupo teste e controle.

A proporção de divisão entre o *dataset* foi, respectivamente, de 80% (n=1517 lados calcificados e n=1312 lados não calcificados) das imagens para treino e 20% (n=379 lados calcificados e n=328 lados não calcificados) para teste.

As redes neurais artificiais foram sintetizadas de modo a similarizar o funcionamento dos neurônios, propiciando raciocínio semelhante ao cérebro humano na interpretação das amostras. Foi fornecido ao neurônio dados de entrada, em seguida o neurônio executou operações matemáticas com os dados fornecidos, produzindo a saída (presença ou ausência de calcificação cervical). Também foi utilizada a função de perda "*Binary Crossentropy*", função esta que vem implementada no *framework Tensorflow*.

O algoritmo de otimização conhecido como *Adam* foi utilizado configurado com os seguintes hiperparâmetros:

- a) Taxa de aprendizagem: 0.00015;
- b) *Epsilon*: 0.000015.

Para treinamento da rede neural foram utilizados 21 *epochs* para imagens de treino e imagens de avaliação. As imagens de avaliação foram utilizadas ainda durante o processo de treinamento para avaliar a performance parcial da rede neural. Posteriormente a performance do modelo foi avaliada.

#### **5.4 Testes estatísticos**

A acurácia obtida através do *software* posteriormente ao treinamento e teste, foi informada em porcentagem pela própria rede neural. Foi executada a curva ROC para ilustração da acurácia, bem como a demonstração por gráficos do desempenho ao longo das *epochs*. Foi utilizado o Teste McNemar para a comparação das acurácias entre graduandos, dentistas com e sem o título de especialistas em Radiologia Odontológica e Imaginologia, e a Inteligência artificial, com nível de significância de 5%.

## 6 ARTIGO CIENTÍFICO 1

### **Desempenho da *deep learning* na identificação de calcificações cervicais em radiografias panorâmicas**

Os resultados desta seção estão detalhados no artigo que será submetido ao periódico **Dentomaxillofacial Radiology (Qualis A1)** e está sendo elaborado de acordo com as suas normas.

Endereço eletrônico para acesso às normas do periódico: Dentomaxillofacial Radiology ([birpublications.org](http://birpublications.org)).

## RESEARCH ARTICLE

### Deep Learning Performance in Identification of Cervical Calcifications in Panoramic Radiographs

Guilherme Augusto Alves de Oliveira<sup>1</sup>, Higor Eduardo Vieira Oliveira Prado<sup>2</sup>, Leonardo de Oliveira Buzatti Carneiro<sup>1</sup>, Rafael Pereira da Mata Santos<sup>1</sup>, Idalísio Soares Aranha Neto<sup>1</sup>, Amaro Ilídio Vespasiano Silva<sup>1</sup>, Flávio Ricardo Manzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Dentistry, Catholic Pontifical University of Minas Gerais., Avenida Dom José Gaspar 500, Belo Horizonte, MG 30535-901, Brazil

<sup>2</sup> Department of Control and Automation Engineering, Federal Institute of Minas Gerais, Betim, MG, 32677-562, Brazil

guilherme\_augusto.o@hotmail.com, contato@higoreduardo.com, leobuzati@hotmail.com,  
rafaelpms@hotmail.com, aranha9@hotmail.com, amarovespasiano@hotmail.com,  
manzi@pucminas.br

**Running Title** *Deep Learning* in identification of cervical calcifications

#### **Corresponding Author:**

Guilherme Augusto Alves de Oliveira

Departamento de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 46, Coração Eucarístico

30535-610 - Belo Horizonte, MG - Brasil

Tel: +55 (31) 33194414 / Fax: +55 (31) 33194415

E-mail: guilherme\_augusto.o@hotmail.com

## Deep Learning Performance in Identification of Cervical Calcifications in Panoramic Radiographs

### Abstract

**Objectives:** Develop and analyze the accuracy of artificial intelligence (AI) in identifying cervical calcifications in panoramic radiographs. **Methods:** From a total of 14526 panoramic radiographs obtained from the database of private dental clinics, radiographs that showed the presence of radiopaque images below the mandibular angle region were evaluated. A total of 1,416 panoramic radiographs showing cervical calcifications were selected, of these 480 had bilateral calcifications, totaling 1,896 sides calcified included in the analysis. For negative control, 1,640 sides proven to be non-calcified were selected. The panoramic radiographs included in the analysis were cut to standardize their size to 214 x 378 pixels, on each side analyzed. Deep learning analysis was performed by implementing the Tensorflow framework, by dividing the dataset into training in 80% (n=2829) of the images and testing in 20% (n=707) of the images. **Results:** The accuracy obtained by AI in identifying cervical calcifications on panoramic radiographs was 74%. **Conclusion:** Artificial intelligence represented an additional tool in the diagnosis of cervical calcifications in panoramic radiography.

**Keywords:** *Deep Learning*. Artificial intelligence. Panoramic radiography.

## Introduction

Artificial intelligence (AI) is an area of computer science making it possible to produce systems capable of answering questions that demand a human approach to be solved.<sup>4</sup> It is based on artificial neural networks, which are flexible mathematical models that use multiple algorithms to identify non-linear relationships within large databases.<sup>5,6</sup>

Due to the possibility of identifying patterns that are beyond the normal range, AI has been widely used in the medical and dental fields. Recent studies have demonstrated good accuracy by means of software programs developed with the use of techniques such as *Machine Learning* and *Deep Learning* in the analysis of imaging exams.<sup>7</sup>

In the analysis of the lower region of a panoramic radiograph, we identified anatomical structures such as vertebrae, hyoid bone, thyroid cartilage, triticeal cartilage, epiglottis cartilage, in addition to soft tissue calcifications such as calcification of the stylohyoid ligament, sialolith, phlebolite, calcified lymph nodes and calcified atheromas in the carotid artery (Figure 1). The majority of these soft tissue calcifications do not represent risks to the patient, however calcifications such as sialoliths can lead to processes such as sialolithiasis and calcified atheroma can be a risk factor for the development of a Cerebrovascular accident (CVA). Thus, diagnosing cervical calcifications in Panoramic Radiography represents a social and economic gain in the prevention of more complex diseases.<sup>2,3</sup>

The aim of this study was to develop and analyze the accuracy of artificial intelligence, by means of the deep learning system, in identifying cervical calcifications in digital panoramic radiographs.

## **Methods and materials**

This study was conducted with the support of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel – Brazil (CAPES) – Financing Code 001. The study began after approval by the local research ethics committees (LREs: 38262920.6.0000.5137).

### **Sampling Plan**

Out of a total of 14,526 panoramic radiographs obtained from the database of private dental clinics, the radiographs that showed the bilateral presence of radiopaque images below the mandibular angle region were selected, which could be included in a differential diagnosis of pathologies. A total of 1,416 panoramic radiographs showing cervical calcifications were selected, of which 480 had bilateral calcifications, totaling, 1896 sides calcified included in the analysis. For negative control, a similar number of sides proven to be non-calcified were selected. The panoramic radiographs included in the analysis were cut to standardize their size to 214 x 378 pixels, on each side analyzed, by using the Adobe Photoshop Lightroom program (Adobe Inc. San Jose, California, USA) (Figure 2).

The inclusion criteria for the study exams were digital panoramic radiographs that showed a wide view of the cervical region, with the identification of the device that was used to perform the exam.

Similar numbers of radiographs were selected between calcified (1,896 sides) and non-calcified (1,640 sides) sides, using the panoramic radiographic device of origin as a criterion, with the purpose of not compromising the analysis due to imbalance between the training and test samples. The devices used in the analysis were Ortophos XG 3 in 1 3D/Ceph (Dentisply Sirona Inc., Bensheim, Germany) 60-90 Kv and 3-16 mA; Ortophos SL 3 in 1 3D/Ceph (Dentisply Sirona Inc., Bensheim, Germany) 60-90Kv and 3-16 mA; Vatech Pax-400C (Vatech Dental Manufacturing Limited, Korea) 50-90kVp and 4-10 mA; Carestream CS8100

(Carestream Inc., Rochester, USA) 60-90kVp and 2-15mA; Carestream CS9000 (Carestream Inc., Rochester, USA) 60-90kVp and 2-15mA.

### **Image evaluation**

The identification of patients was kept confidential. Digital images were evaluated according to the inclusion criteria. To categorize the exams, an analysis was performed by 03 specialists in Dental Radiology, who evaluated the exams separately, at 02 different time intervals, limiting the number to 20 daily exams in order not to compromise the analysis due to visual fatigue. Exams classified as calcified and non-calcified were defined by agreement between the experts.

The radiographs were interpreted directly in the KDIS software. A computer with a GeForce 9500 GT graphics card (Nvidia Corporation, California, USA) and an LG Flatron E2241 LED monitor (LG Electronics Inc., Seoul, South Korea) with a resolution of 1920x1080 pixels were used, and the monitor levels of brightness and contrast levels were fixed in their preset configuration. The images were processed by using a software that was developed by means of artificial intelligence for the purpose of automatically identifying cervical calcifications.

Deep learning analysis, Deep Learning or Convolutional Neural Network was used, implementing the Tensorflow framework (Figure 3).

The convolutional neural network had an architecture composed of 05 convolutional layers, followed by 03 pooling layers, 01 flatten layer, 04 dropout layers and 04 dense layers.

The exams selected were cut to the size of 214 pixels high by 378 pixels wide, so that only the cervical region of the panoramic radiograph was retained, consisting of the unilateral inferior angle, associated with the presence of calcification (test) and absence of calcification (control). Images were converted to gray scale.



The neural network was trained by means of information transmitted to the computer regarding the expected inputs (images) and expected outputs (calcifications). By means of parameter modifications, these items of information made it possible to obtain characteristics between the test and control groups, which were beyond the pattern of normality.

The proportion of division between the dataset was 80% (n=1,517 calcified sides and n=1,312 non-calcified sides) of the images, respectively, for training and 20% (n=379 calcified sides and n=328 non-calcified sides), respectively, for testing. Artificial neural networks were synthesized in order to make their functioning similar to that of neurons, favoring reasoning similar to that of the human brain in interpretation of the samples. The neuron was provided with input data, then the neuron performed mathematical operations with the data provided and produced the output data (presence or absence of cervical calcification). The loss function binary crossentropy was also used, which is implemented in the Tensorflow framework. The optimization algorithm known as Adam, configured with the hyperparameters, learning rate: 0.00015 and epsilon: 0.000015 was used for development of the neural network.

For training the neural network, 21 epochs were used for training images and evaluation images. The evaluation images were already used during the training process to evaluate the partial performance of the neural network. Afterwards the performance of the model was evaluated.

### **Statistical tests**

The accuracy obtained by means of the software after training and testing was informed as a percentage by the neural network itself. The ROC curve was performed to illustrate the accuracy, as well as the demonstration by graphs of the performance throughout the epochs. The McNemar Test was used to compare the accuracy between undergraduate

students, professionals with and without a specialization degree in dental radiology and imaging, and artificial intelligence, with a significance level of 5%.

## Results

The study sample consisted of 14526 panoramic radiographs, of which 1416 had some cervical calcification, representing a prevalence of 9.75%. The number of 480 panoramic radiographs had bilateral calcifications, representing an index of 3.31%. As regards the sides analyzed, out of a total of 29052 sides, 1896 had some calcification, representing 6.53% (Table 1).

Kappa statistics were used to define the raters' agreement as regards the presence or absence of calcifications, demonstrating excellent intra- and inter-observer agreement, 0.95 and 0.92, respectively.

The images were analyzed and processed using a software that was developed by the convolutional neural network. The accuracy of automated identification of cervical calcifications on panoramic radiographs was 74%. A comparison between the accuracy curves of the training and testing data is shown in the graph (Figure 4). The red line shows the evolution of the accuracy in the training data while the blue line shows the accuracy in the test data. The accuracy of the training data reached the value of 72% in *epoch* number 21 while the accuracy of the test data was 74%. Both training and test data sets were used only at the time of artificial neural network training. Subsequently, the network performance was tested with data that was not yet known to it, called validation data. In this time interval, the network had a performance of 74% accuracy. The total number of hyperparameters analyzed was 7,161,985.

The reduction of the loss function in learning (close to 0) allows for greater accuracy in the analysis of the convolutional neural network. The graph below shows the loss function

in training (red) and test (blue) data (Figure 5)

## **Discussion**

Cervical calcifications may develop when associated with pathological conditions or only as a result of atypical deposition of calcium salts in anatomical structures.<sup>8</sup> Some of these may be associated with processes such as Eagle's Syndrome, Carotid Artery Syndrome, sialolithiasis, calcified atheromas and others conditions of clinical relevance.<sup>9</sup> Due to the variability of calcifications and difficulty in the differential diagnosis made only by means of panoramic radiography, the aim of the present study was to perform automated identification of any and all calcifications present in the lower region of the panoramic radiography. Peripheral regions of panoramic radiography are not the main target of analysis by dentists, so automated identification can reduce negligence in diagnosing pathologies in these locations.

Failure to diagnose calcification in the stylohyoid ligament may not cause any type of problem for the patient, but failure to diagnose a calcified atheroma in the carotid artery can lead to serious complications for the patient, with risk of sequelae and death. Therefore, there is no doubt that diagnosing any radiographic alteration in the cervical region of panoramic radiography represents an important action in daily clinical practice.<sup>14-16</sup>

In analysis of the study sample, we verified that of the total of 14,526 panoramic radiographs, of which 1,416 had some type of cervical calcification, representing a prevalence of 9.75%. The rate of panoramic radiographs that showed bilateral calcifications was 3.3% (480 radiographs). Relative to the sides analyzed, out of a total of 29,052 sides, 1,896 had some type of calcification, representing 6.53%. The study sample consisted of panoramic radiographs from a database composed of the general population, with no limitations with regard to age range. These percentages emphasize that although the prevalence of cervical calcifications on panoramic radiographs is low, they may be present.

Artificial intelligence is a technology present in the context of medical diagnosis that has shown consistent results in the diagnosis of Parkinson's, Tuberculosis, Cysts and tumors. Why not test it in the diagnosis of cervical calcifications in panoramic radiography?<sup>17-19</sup> The sample used in the study showed 1,896 sides with, and 1,640 sides without cervical calcifications. The use of approximate samples minimized the bias of the analysis by the neural network, since it used all the parameters provided to define the diagnosis, and unbalanced samples may tend to choose groups with higher "n" in situations of "doubt", since mathematically the probability of success becomes greater<sup>20,21</sup>

The variability of panoramic devices included in the analysis becomes important for simulation of the real situation, as there are particularities between brands and models, such as the presence of markings to define the examination side, brand logo and technical characteristics such as definition, variability in gray scales, among others. Balancing the amount of calcified and non-calcified images between the different models of panoramic devices is also necessary, as the neural network can identify a larger quantity of calcifications in exams that have the "X" logo on the left side and, in situations of doubt and with the presence of the "X" logo, tend to demarcate an exam with the absence of calcification as being calcified.<sup>22</sup>

In view of the criteria used, the accuracy of the software developed by means of deep learning, with the hyperparameters applied, was 74% in the detection of cervical calcifications, and had the consensus of 03 specialists in dental radiology as positive and negative control. This result implies good accuracy in the diagnosis of calcifications on panoramic radiography, given the broad scope covered by the examination. In a study analyzing the accuracy in the diagnosis of cysts and tumors in panoramic radiography, an accuracy of 70% of the convolutional neural network was obtained, a lower result than the value obtained in this study.<sup>19</sup>

However, it is necessary to verify the accuracy of the analysis of cervical calcifications in groups of professionals, specialists and non-specialists, as well as undergraduate students, in order to understand whether the result obtained by the software has a relevant clinical impact. There are studies analyzing the accuracy in detecting calcified atheromas in panoramic radiography, as well as sialoliths, tonsilloliths and other calcifications separately, however, there are still no studies in the literature that have evaluated the capacity to detect any cervical calcifications.<sup>23-25</sup>

AI can reduce the time consumed by analysis in large databases, streamline the issue of reports and reviews, and diagnose changes that could be imperceptible to the human eye.

In a context where telemedicine and teledentistry are being applied more frequently, it can be a method that would be helpful to the professional, however, it does not replace the need for specialized assessment.<sup>26</sup>

Some of these calcifications are easily diagnosed due to associations with clinically detectable entities and to well-defined and unique radiographic features. Phlebolites are associated with vascular malformations and have a concentric appearance, similar to that of a target. The elongated styloid process and calcification of the stylohyoid process are also easily distinguishable due to the oblique path that starts in the styloid process and ends its course in the hyoid bone.<sup>9,10</sup> However, calcifications in early stages, and the occurrence of calcifications with similar characteristics and radiographic locations can raise doubts in the diagnosis. As an example, we can mention calcified atheromas in the carotid artery and calcification in the triticeous cartilage, which can occur in similar locations adjacent to those of the C3-C4 vertebrae. Lymph nodes in early stages of calcification can also raise doubts in the diagnosis, when analyzed only by means of panoramic radiography, due to the possibility of their occurrence in this region.<sup>10-13</sup> The software developed by means of deep learning in this study, aimed to identify any calcification present, however, without promoting the differential

diagnosis. In view of the presence of calcification, the professional responsible for the patient must analyze the radiographic characteristics and, if necessary, request additional tests to establish the appropriate diagnosis.

In conclusion, the software developed by means of deep learning has good accuracy in identifying cervical calcifications in panoramic radiography and is an additional tool in the diagnosis of soft tissue calcifications in the cervical region.

### **Acknowledgments**

The authors would like to thank CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel) for their financial support.

### **References**

1. Chartrand G, Cheng PM, Vorontsov E, Drozdal M, Turcotte S, Christopher J. *et al.* Deep learning: a primer for radiologists. *Radiographics*. 2017;37(7):2113-2131.
2. King Júnior BF. Artificial intelligence and radiology: what will the future hold? *J Am Colleg Radiol*. 2018;15(3):501-503.
3. Miller DD, Brown EW. Artificial intelligence in medical practice: the question to the answer? *Am J Med*. 2018;131(2):129-133.
4. Lee JH, Kim DH, Jeoung SN, Choi SH. Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *J Periodontal Implant Sci*. 2018;48(2):114-123.
5. Kamikawa RS, Fernandes A, Meurer MI, Pereira MF. Study of the localization similar to calcified to carotid atheroma by means of panoramic radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006;101(3):374-378.

6. Perschbacher S. Interpretation of panoramic radiographs. *Austr Dent J.* 2012;57(1):40-45. doi:10.1111/j.1834-7819.2011.01655.x
7. Takahashi A, Sugawara C, Kudoh T, Ohe G, Takamaru N, Tamatani T, *et al.* Prevalence and imaging characteristics of palatine tonsilloliths evaluated on 2244 pairs of panoramic radiographs and CT images. *Clin Oral Investig*, 2017;21:85-91. doi:10.1007/s00784-016-1752-0.
8. Thoenissen P, Bittermann G, Schmelzeisen R, Oshima T, Fretwurst T. Eagle's syndrome- A non-perceived differential diagnosis of temporomandibular disorder. *Int J Surg Case Rep.* 2015;15:123-126. doi: 10.1016/j.ijscr.2015.08.036.
9. Gonçalves JR, Yamada JL, Berrocal C, Westphalen FH, Franco A, Fernandes Â. Prevalence of pathologic findings in panoramic radiographs: calcified carotid artery atheroma. *Acta Stomatol Croat.* 2016;50:230-234.
10. Li W, Ma F, Jiang YM, Li JJ, Song L, Chen SH, *et al.* Association between carotid artery plaques and all-cause mortality and cardiovascular events. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi.* 2017;45(12):1086-1090.
11. Zhang Y, Fang X, Hua Y, Tang Z, Guan S, Wu X, *et al.* Carotid artery plaques, carotid intima-media thickness, and risk of cardiovascular events and all-cause death in older adults: a 5-year prospective, community-based study. *Angiology.* 2018;69(2):120-129.
12. Lakhani P, Sundaram B. Deep Learning at chest radiography: automated classification of pulmonary tuberculosis by using convolutional neural networks. ***Radiology.*** 2017;284(2):574-582.
13. Kim DH, Wit H, Thurston M. Artificial intelligence in the diagnosis of Parkinson's disease from ioflupane-123 single-photon emission computed tomography dopamine e transporter scans using transfer learning. *Nucl Med Commun.* 2018;39(10):887-893.

14. Yang H, Jo E, Kim H, Cha I, Jung Y, Nam W, *et al.* Deep Learning for automated detection of cyst and tumors of the jaw in panoramic radiographs. *J Clin Med.* 2020;9(6):1839.
15. Suzuki K. Overview of deep learning in medical imaging. *Radiol Phys Technol.* 2017;10(3):257-273.
16. Yamashita R, Nishio M, Do RKG, Togashi K. Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. *Insights Imaging.* 2018;9(4):611-629.
17. Liang M, Zhou T, Zhang F, Yang J, Xia Y. Research on convolutional neural network and its application on medical image. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi.* 2018;25;35(6):977-85.
18. Kim JH, Aoki EM, Cortes AR, Abdala-Júnior R, Asaumi J, Arita ES. Comparison of the diagnostic performance of panoramic and occlusal radiographs in detecting submandibular sialoliths. *Imaging Sci Dent.* 2016;46(2):87-92.
19. Ozdede M, Akay G, Karadag O, Peker I. Comparison of panoramic radiography and cone-beam computed tomography for the detection of tonsilloliths. *Med Princ Pract.* 2020;29(3):279-284.
20. Schroder AGD, de Araujo CM, Guariza-Filho O, Flores-Mir C, de Luca Canto G, Porporatti AL. Diagnostic accuracy of panoramic radiography in the detection of calcified carotid artery atheroma: a meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2019;23(5):2021-2040.
21. Tandon D, Rajawat J. Present and future of artificial intelligence in dentistry. *J Oral Biol Craniof Res.* 2020;10:391-396
22. Garay I, Duque Netto H, Olate S. Soft tissue calcified in mandibular angle area observed by means of panoramic radiography. *Int J Clin Exp Med.* 2015;7:51-56.
23. Carter LC. Discrimination between calcified triticeous cartilage and calcified carotid



atheroma on panoramic radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;90:108-110.

24. Ribeiro A, Keat R, Khalid S, Ariyaratnam S, Makwana M, do Pranto M, *et al.* Prevalence of calcifications in soft tissues visible on a dental pantomogram: A retrospective analysis. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2018;18:30103-30104.
25. Sutter W, Berger S, Meier M, Kropp A, Kielbassa AM, Turhani D. Cross - sectional study on the prevalence of carotid artery calcifications, tonsilloliths, calcified submandibular lymph nodes, sialoliths of the submandibular gland, and idiopathic osteosclerosis using digital panoramic radiography in a Lower Austrian subpopulation. *Quintessence Int.* 2018;48:227-238.

## Legends

Figure 1: Representative diagram of a panoramic radiograph showing structures and calcifications located in the lower portion. 1- Hyoid bone; 2- calcification of the stylohyoid ligament; 3- epiglottis cartilage; 4- tonsillolites; 5- phlebolites; 6- calcification of the triticeal cartilage; 7- sialolites; 8- calcified lymph node; 9- calcified atheroma in the carotid artery; 10- superior horn of the thyroid cartilage.



Figure 2: Flowchart for obtaining exams and sides with calcification and without calcification.

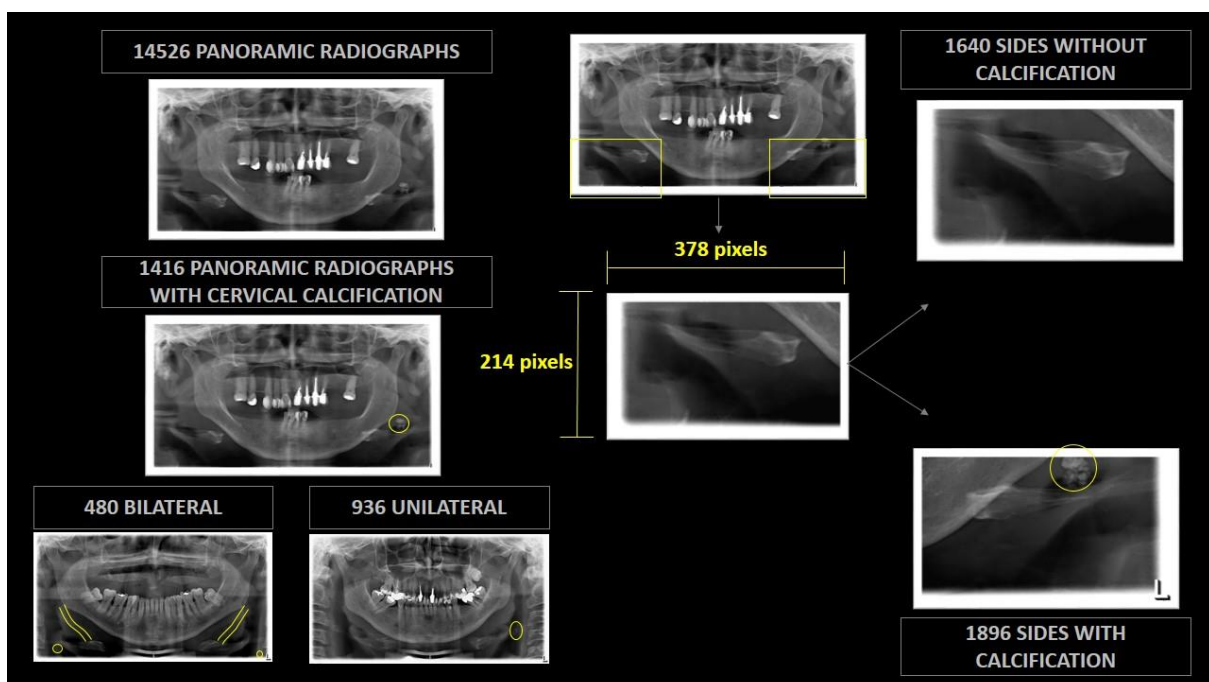


Figure 3: Diagram representing the deep learning neural network architecture applied in the study

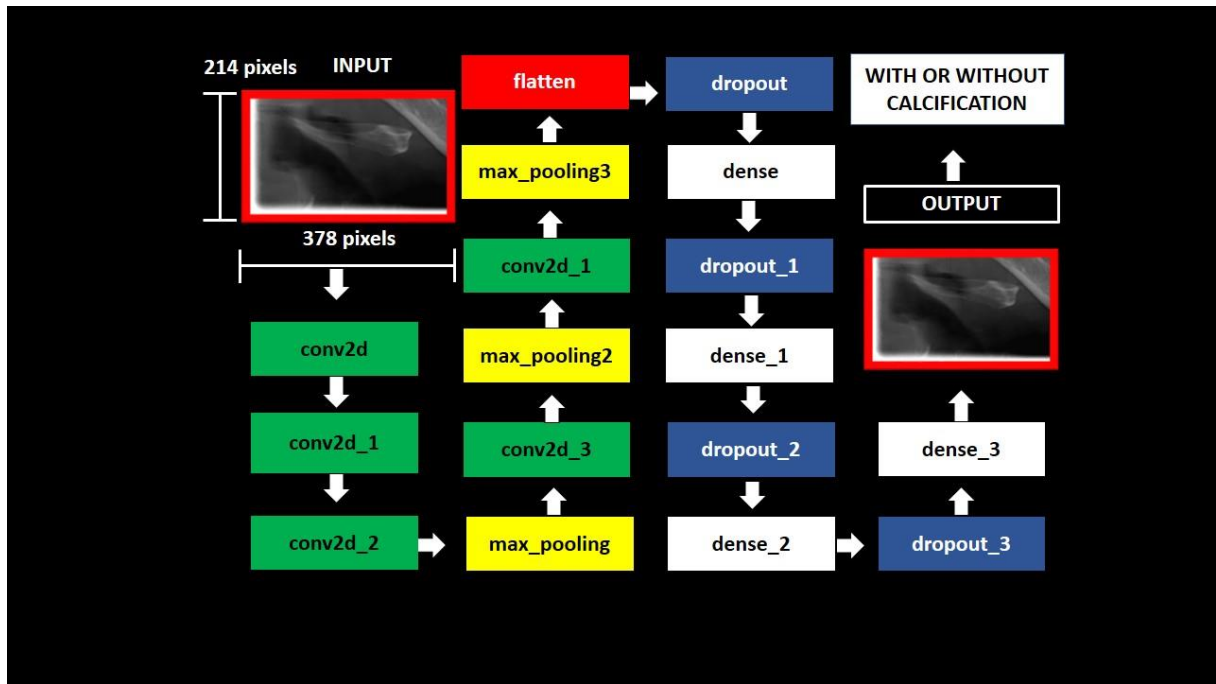
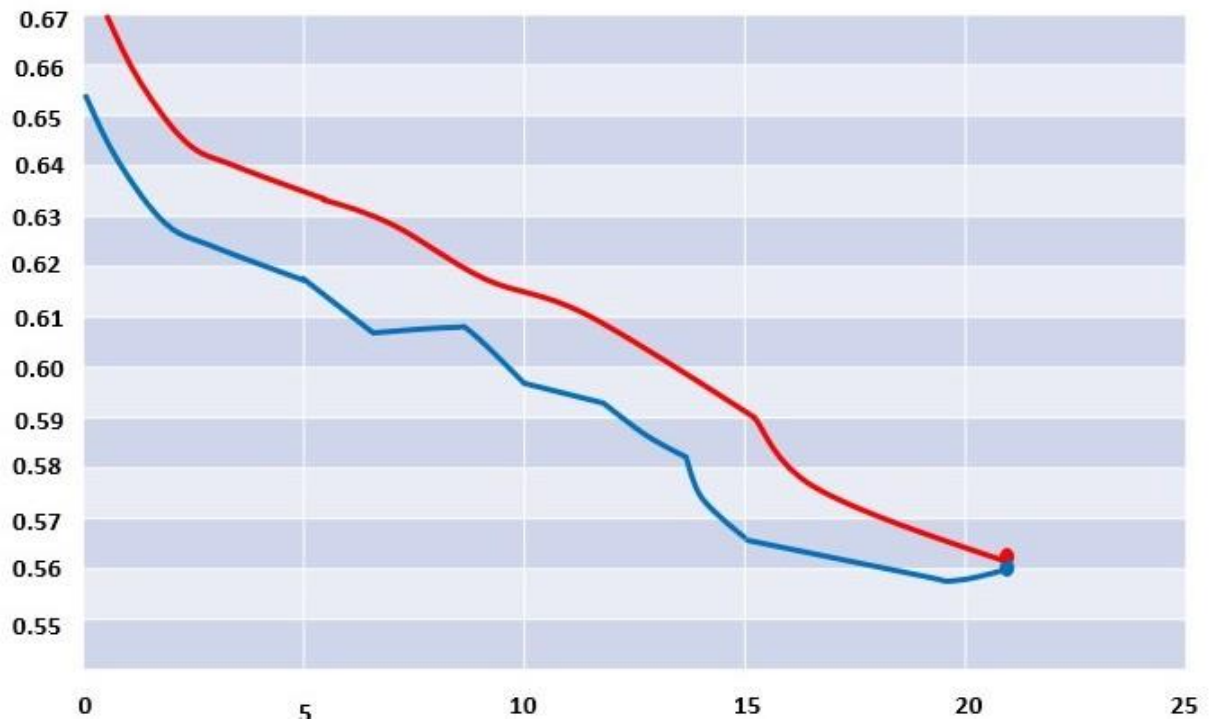


Figure 4: Software accuracy in training (red) and test (blue) data throughout 21 epochs



Figure 5: Demonstration of the loss function in learning.



**Table****Table 1:** Characterization of Sample

<b>Variable</b>	<b>Panoramic Radiographs (n)</b>	<b>Percentage (%)</b>	<b>Sides Analyzed</b>	<b>Percentage (%)</b>
Without Calcification	13110	90.25	27156	93.47
Unilateral Calcification	936	6.45	936	3.22
Bilateral Calcification	480	3.3	960	3.31
<b>Total</b>	14526	100	29052	100

## 7 ARTIGO CIENTÍFICO 2

### **Acurácia na identificação de calcificações cervicais em radiografias panorâmica**

Nesta seção, é apresentando um artigo científico elaborado a partir de análises realizadas na amostra de imagens utilizadas no artigo principal.

O artigo será submetido ao periódico **The Journal of the American Dental Association (Qualis A2)**.

Foi elaborado de acordo com as suas normas que se encontram no endereço eletrônico:  
Information for Authors: The Journal of the American Dental Association ([ada.org](http://ada.org))

**RESEARCH ARTICLE**

**Accuracy In Identifying Cervical Calcifications on Panoramic Radiographs**

Guilherme Augusto Alves de Oliveira<sup>1</sup>, Higor Eduardo Vieira Oliveira Prado<sup>2</sup>, Leonardo de Oliveira Buzatti Carneiro<sup>1</sup>, Rafael Pereira da Mata Santos<sup>1</sup>, Idalísio Soares Aranha Neto<sup>1</sup>, Amaro Ilídio Vespasiano Silva<sup>1</sup>, Flávio Ricardo Manzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Dentistry, Catholic Pontifical University of Minas Gerais., Avenida Dom José Gaspar 500, Belo Horizonte, MG 30535-901, Brazil

<sup>2</sup> Department of Control and Automation Engineering, Federal Institute of Minas Gerais, Betim, MG, 32677-562, Brazil

guilherme\_augusto.o@hotmail.com, contato@higoreduardo.com, leobuzati@hotmail.com,  
rafaelpms@hotmail.com, aranha9@hotmail.com, amarovespasiano@hotmail.com,  
manzi@pucminas.br

**Corresponding Author:**

Guilherme Augusto Alves de Oliveira

Departamento de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 46, Coração Eucarístico

30535-610 - Belo Horizonte, MG - Brasil

Tel: +55 (31) 33194414 / Fax: +55 (31) 33194415

E-mail: guilherme\_augusto.o@hotmail.com

## ABSTRACT

*Introduction:* The identification of cervical calcifications on panoramic radiography represents a clinical challenge, due to the variability of diagnostic possibilities and negligence in radiographic evaluation of regions distant from the teeth. *Materials and Methods:* In this study, the accuracy of undergraduate student (G1), dentists who were not specialists in dental radiology (G2), specialists in dental radiology (G3) and of a *software* developed by means of artificial intelligence (AI) in the identification of cervical calcifications in panoramic radiography views was analyzed. From a database composed of 14526 panoramic radiographs, 100 exams that showed unilateral or bilateral cervical calcifications, and exams that did not show calcifications, were selected by 03 specialists in dental radiology. The capacity of the Groups for detection of cervical calcifications was compared with that of Artificial intelligence for automated detection of cervical calcifications. *Results:* The accuracy values of groups G1, G2, G3 and IA were 70, 71, 81 and 74%, respectively, with specialists showing superior diagnostic capacity when compared with the undergraduates, dentists and artificial intelligence. The artificial intelligence group had a higher level of accuracy than the Groups of Undergraduate and Dentists. There was no statistically significant difference between [the scores of] undergraduates and dentists. *Conclusion:* Specialists in dental radiology have superior ability to detect cervical calcifications in panoramic radiographs, when compared with undergraduates, dentists and artificial intelligence. Artificial intelligence represents an additional tool with good ability to detect cervical calcifications in panoramic radiography. *Clinical Implication:* Professional training influences the ability to diagnose cervical calcifications on panoramic radiographs, and artificial intelligence represents an automated method to aid in this diagnosis.

**Key-words:** Physiological Calcification. Pathological calcification. Artificial intelligence. Panoramic radiography.



## INTRODUCTION

Panoramic radiographs are exams that are frequently requested in dental practice. Their wide range allows analysis of the structures and tissues surrounding the teeth, thereby enabling the diagnosis of pathologies and atypical calcium depositions.<sup>1,2</sup>

The process of radiographic diagnosis involves anatomical knowledge, understanding of the principles for obtaining images and their influence on the projection of structures in the examination. A systematic and careful analysis, according to a pre-established pattern, minimizes negligence, incompetence and recklessness in radiographic diagnosis. Therefore, factors related to professional training can have a direct influence on the diagnostic process.<sup>1</sup> Individuals at different professional stages tend to have different levels of performance in the radiographic assessment of an exam, due to a greater theoretical load of training and clinical experiences gained in clinical practice of the profession.<sup>3</sup>

Due to the extensive coverage of panoramic radiography, peripheral regions that are usually not the main target of analysis may be neglected. In a study evaluating the ability of dental students to interpret digital panoramic radiographs of edentulous patients, it was verified that the main error found was related to extragnathic findings, causing the highest number of false positive results.<sup>4</sup>

The aim of this study was to analyze the accuracy of undergraduate dentistry students, dentists who were not specialists in dental radiology and specialists in dental radiology, in identifying cervical calcifications in digital panoramic radiographs, when compared with the results obtained with automated detection by artificial intelligence.

## **MATERIAL AND METHODS**

This study was conducted with the support of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel – Brazil (CAPES) – Financing Code 001. The study began after being approved by the local research ethics committees (LREs: 38262920.6.0000.5137).

### **Obtaining the exams**

Out of a total of 14526 panoramic radiographs obtained from the database of private dental clinics, the radiographs that were selected, were those showed the presence of uni- or bilateral radiopaque images below the region of the mandibular angle. which could be included in a differential diagnosis of pathologies, as a positive control, and also panoramic radiographs that proved to have no cervical calcifications, as a negative control. A total of 100 radiographs exams were included, 50 showing cervical calcification and 50 with proof of not showing cervical calcification. The criterion for inclusion of the examinations in the study was that the digital panoramic radiographs had to show a wide view of the cervical region.

### **Image categorization**

The identification of patients was kept confidential, as the exams were coded prior to sending them for analysis of the groups. Digital images were evaluated for inclusion criteria. The exams were categorized in an analysis performed by 03 specialists in dental radiology, who were trained and calibrated for the presence or absence of cervical calcifications according to the established criteria. They evaluated the exams separately, at 02 different time intervals, with the number of daily exams limited to 20, for the purpose of not compromising the analysis due to visual fatigue. Exams classified as calcified and non-calcified were defined by agreement between the experts. Kappa statistics were calculated to determine the intra- and interobserver agreement in the general analysis of the tests. The 100 exams included in the

study were obtained by absolute agreement after analysis by the 03 experts and were established as being the gold standard of the study.

Thus, after analysis and consensus among experts, the gold standard defined for the study consisted of 100 panoramic radiographs, with 50 radiographs showing cervical calcifications and 50 radiographs not showing cervical calcifications. As each radiograph showed the right and left sides, the total number of sides analyzed was 200. Of the 200 sides analyzed, 119 had no cervical calcification and 81 had cervical calcification. Of the 81 calcified sides, 62 were from exams that presented bilateral calcifications and 19 were from exams that presented unilateral calcifications (Figure 1).

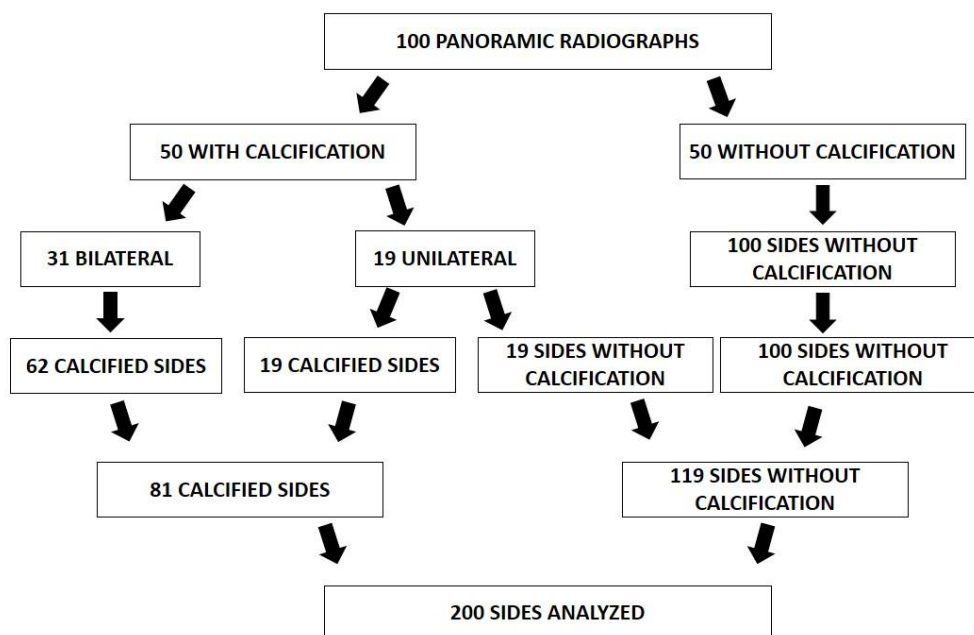


Figure 1. Flowchart of calcified and non-calcified sides included in the analysis

The radiographs were interpreted directly in the KDIS software. A computer with a GeForce 9500 GT graphics card (Nvidia Corporation) and an LG Flatron E2241 LED monitor (LG Electronics), with a resolution of 1920x1080 pixels was used and the monitor brightness and contrast levels were fixed at their preset configuration.

### **Groups included in the Analysis**

The groups included in the analysis were: undergraduate students (G1), dentists who were not specialists in dental radiology (G2), dentists specialists in dental radiology (G3) and analysis by artificial intelligence (AI). Undergraduates in Dentistry, who had previously attended all the disciplines of Dental Radiology and Imaging, were included in Group G1. In Group G2, all dentists had graduated at least 5 years previously. Group G3 was composed of dentists who had obtained the title of specialist in Dental Radiology and Imaging more than 5 years previously. Thus, each group was composed of 05 professionals according to the degree of training. Individuals were selected by convenience sampling.

Each member previously received individual training, by means of explanatory videos about the region of analysis in the exam, the anatomical structures of which this region is composed and possible existence of calcifications. A description of the radiographic characteristics of cervical calcifications was provided, and exemplification by means of exams in which there was proof of presence of these calcifications. All individuals received the same training prior to image analysis.

Subsequently, the 100 panoramic radiographs selected were sent to each individual to identify calcifications in the soft tissue region in the lower region of the panoramic radiograph, covering the underlying portion of the lower cortical bone of the mandible and the cervical/neck region. Thus, the study evaluators analyzed the radiographs without time limit, with the analysis limited to 20 daily exams and classifying them as: unilateral calcification, demarcating the side where calcification was present, bilateral calcification and absence of calcification. The members of each group were not aware of the other study participants, making it impossible for any type of contact or exchange of information to occur during the time of performing the analyses. After tabulating the evaluations of the images by the

professionals included in the study, statistical tests were performed to establish accuracy and comparison between groups.

### **Artificial intelligence analysis**

To determine the accuracy of the software developed using artificial intelligence for the purpose of automated identification of cervical calcifications, out of the 14526 panoramic radiographs that were components of the database obtained for the study, all exams that showed some types of cervical calcification were selected, totaling 1416 exams with calcification. Of these, 480 had bilateral calcification, totaling 1896 calcified sides. 1640 non-calcified sides were selected for *software* training. Each side selected was cut in the lower regions to a size of 378 x 214 pixels for image processing by *deep learning*.

The software was trained using *Tensorflow*, and the sample was divided into training and test datasets. The split ratio was 80% (n=1517 calcified sides and n=1312 non-calcified sides) of the images for training and 20% (n=379 calcified sides and n=328 non-calcified sides) for testing.

The neural network used to determine the accuracy of the *software* was composed of 05 convolutional layers, 03 *pooling* beds, 01 *flatten*, 04 *dropout* and 04 dense layers. The *Binary Crossentropy* loss function and the *Adam* optimization algorithm were implemented.

The accuracy of the neural network trained by *deep learning* was 74%, in an *epoch* number 12.

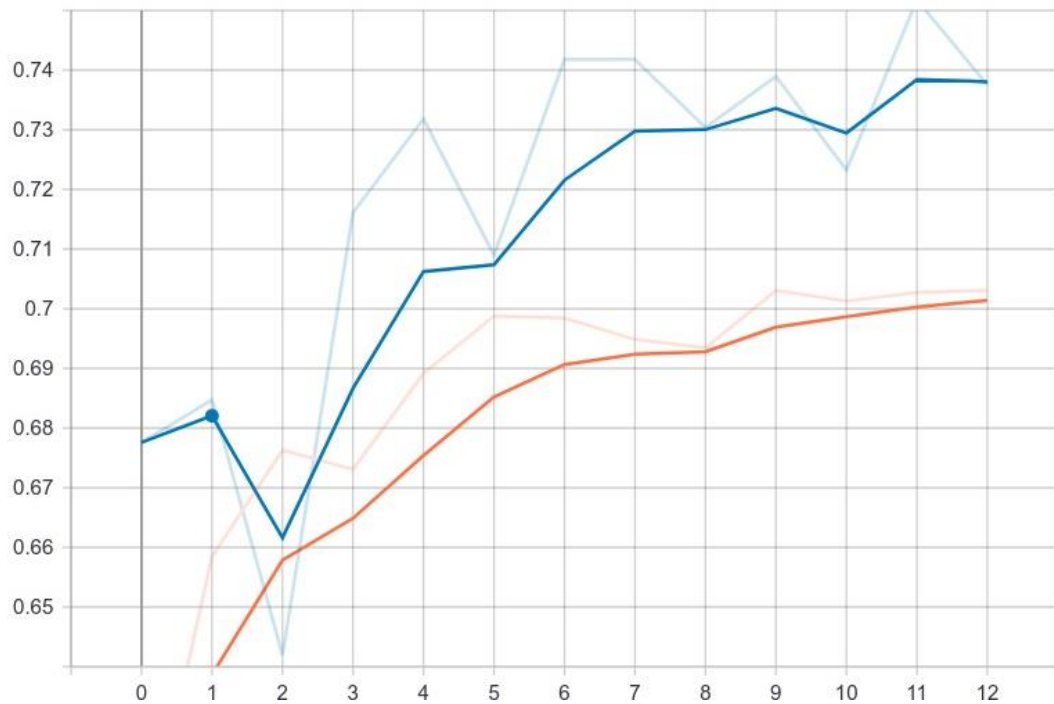


Figure 2. Software accuracy in training (red) and test (blue) data over 12 epochs

### Statistical tests

Kappa statistics were calculated to determine the intra- and interobserver agreement in the general analysis of the tests. McNemar's test was performed for comparison between groups. A ROC curve was plotted to illustrate the accuracy of each group.

## RESULTS

The Kappa statistical test performed showed excellent intra and interobserver agreement, 0.96 and 0.94, respectively. In evaluation of the 100 panoramic radiographs (200 sides) per individual, totaling 1000 sides analyzed in each group (Graduates (G1), Non-Special Dentists (G2) and Specialist Dentists in Dental Radiology (G3)), it was possible to define the individual accuracy per group and establish a comparison between the different groups.

The accuracy of the Groups of Undergraduates (G1), Dentists (G2) and Specialists (G3) were 70, 71 and 81%, respectively, represented in Table 1, together with the sensitivity

and specificity values. A comparison was established between the groups and the automated identification obtained by artificial intelligence (*deep learning*), which was referred to as group AI and with an accuracy of 74%. For comparison between groups, the McNemar test was performed, showing a statistically significant difference between Specialists (G3) and Undergraduates (G1); Specialists and Dentists (G2); and Experts and Artificial Intelligence (DL). There was statistical difference in the comparison of accuracy between Artificial Intelligence and Undergraduates; and Artificial Intelligence and Dentists. There was no statistically significant difference between Undergraduates and Dentists (Table 1).

**Table 1** - Mean Values (Confidence Interval) of area Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve Accuracy (Az), sensitivity and specificity distributed according to the different Groups of Individuals studied

<b>Groups</b>	<b>Accuracy (Az)</b>	<b>Sensitivity</b>	<b>Specificity</b>
<b>Undergraduates (G1)</b>	0.70 (0.56- 0.83) C	0.55 (0.49-0.69)	0.83 (0.70-0.96)
<b>Dentists (G2)</b>	0.71 (0.57- 0.83) C	0.63 (0.48-0.72)	0.76 (0.67-0.81)
<b>Radiologists (G3)</b>	0.81 (0.72- 0.87) a	0.84 (0.72-0.98)	0.79 (0.70-0.84)
<b>Artificial Intelligence</b>	0.74 (0.61- 0.86) b	0.71 (0.55-0.82)	0.87 (0.76-0.99)

Equal letters do not differ statistically, and different letters differ statistically, by the McNemar Test ( $p < 0.05$ ).  
 ROC: Receiver Operating Characteristic  
 $p < 0.05$  in C of 95%

To illustrate the accuracy of undergraduate groups (G1), non-specialist dentists (G2), dentists specializing in dental radiology (G3) and artificial intelligence (DL), the ROC curve was plotted, and showed superior performance of Group G3, illustrated by the letter C, in relation to the other groups (Figure 3).

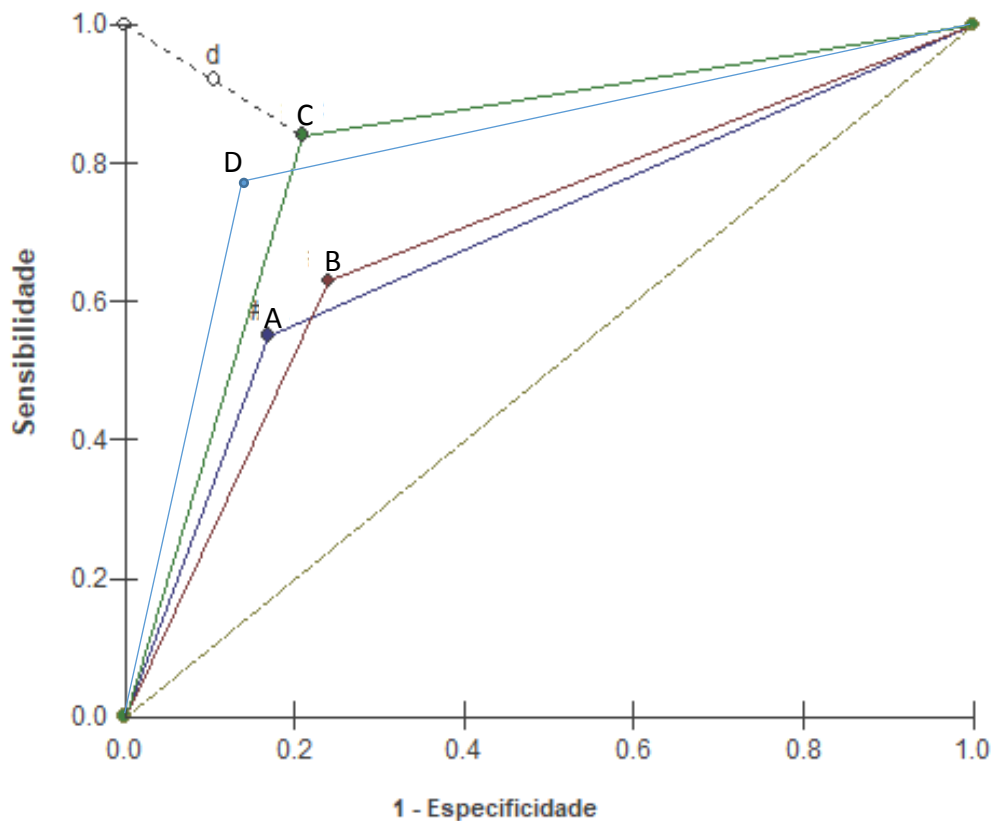


Figure 3 - ROC curve for results obtained from Undergraduates (A), Dentists (B), Radiologists (C) and Artificial Intelligence (D). (d) shows the point representing the shortest distance to the maximum value: the smaller this distance is, the greater the area under the ROC curve.

## DISCUSSION

Historically, dental exams, aim to evaluate teeth and adjacent structures. However, with the possibility of analyzing peripheral anatomical structures in the maxillofacial complex by means of exams that are broad in scope, such as panoramic radiography, the diagnostic possibilities of conditions of local and/or systemic relevance have been extended. For example, we cite the study by Friedlander and Lande, in 1981, who demonstrated the possibility of identifying calcified atheromas in the carotid artery on conventional Panoramic Radiography.<sup>5</sup> With the development of digital dental radiology, which provided imaging exams with greater clarity and definition, in addition to enabling the expansion of images, there were advances in the identification of pathologies and anatomical variations in



panoramic radiographs.<sup>6</sup> This possibility of diagnosing pathological conditions of clinical relevance in peripheral regions of the panoramic radiograph motivated analysis of how the professional's degree of training could have an influence on this diagnosis.

In the lower cervical portion, there are bone structures, muscles and vascular bundles that support the skull and enable blood flow to the brain region. There is also the presence of the lymphatic system, muscles that are important for the articulation of the tongue, trachea and esophagus, thyroid cartilage, epiglottis and triticeal [cartilage?].<sup>7</sup> By means of radiography, it is possible to identify the vertebrae, usually up to the C4 or C5 vertebra (out of a total of 7 cervical vertebrae) in the periphery of the examination and the hyoid bone in a more central region of the lower third. Although the hyoid bone is a single bone and the vertebrae are centralized, on Panoramic Radiographs it is represented by two structures, formed by the tomographic principle of panoramic image formation.<sup>1,10,11</sup> A smaller variety of calcified structures can be seen in the lower portion when compared with other portions of the panoramic radiograph, which facilitates the diagnosis of pathological conditions and anatomical variations associated with processes of atypical deposition of calcium salts

In the present study, the lower portion of the panoramic radiograph was analyzed, limiting the analysis to the region below the mandibular angle. The soft tissue calcification that can have the greatest clinical impact is the carotid artery atheroma, due to its relationship with cerebrovascular events. This calcification is localized in the lower portion of the panoramic radiograph, which motivates the investigation of it and of any calcification that may be included in a differential diagnosis. Once the presence of cervical calcification that may be suggestive of calcified atheroma in the carotid artery is identified, complementary methods should be requested to obtain a differential diagnosis. Doppler ultrasonography and Manzi projection are complementary, non-invasive, medical and dental exams, respectively, capable of providing a differential diagnosis.<sup>8,9</sup>

Prevalence studies have been carried out for specific calcifications such as sialoliths, calcified atheromas, tonsilloliths, elongated styloid process and calcified stylohyoid ligament.<sup>12-16</sup> The prevalence of calcifications in panoramic radiography was evaluated by Ribeiro *et al.*, in 2018, totaling 468 calcifications found in 2375 panoramic radiographs analyzed. The presence of calcification was reported in the stylohyoid and stylomandibular ligament, in addition to atheroma, sialolith, tonsillolith, rhinolith and anthrolith calcifications.<sup>17</sup> However, the capability of individuals with different degrees of professional formation for identifying calcifications localized in the lower third of a Panoramic radiography has not previously been studied, and the analysis performed in this study is unprecedented. The comparative analysis between professional training and the ability to detect calcifications, pathological conditions and forensic investigation demonstrated that professionals with a higher level of training and greater clinical experience produced superior results in imaging diagnosis.<sup>3,18</sup>

The diagnostic capability of *software* developed by means of artificial intelligence has recently been the target of studies in dentistry. In a study analyzing the capacity for predicting nodal metastasis in [cases of] oral squamous cell carcinoma, the *software* developed through *machine learning* showed an accuracy of 84% in the analysis of histological slides, a result that was superior to that of the model used to assess tumor depth of invasion, which showed accuracy of 66%.<sup>19</sup> The capacity for detecting plaque in photographs of primary dentition was compared between an experienced specialist in pediatric dentistry and a *software* developed through *deep learning*. The results of this study demonstrated an accuracy of 74% for artificial intelligence, and of 70% for specialist in pediatric dentistry.<sup>20</sup> Artificial intelligence has achieved considerable performance in categorization and diagnosis in variable clinical situations in dentistry, which expands the possibilities of its application even further.

When artificial intelligence was used for the diagnosis made on panoramic

radiographs, its performance in predicting eruption of third molars was evaluated according to the angulation of the tooth in the process of formation. An accuracy of 90% was verified in the different degrees of angulation of the mandibular third molars, in addition to a reduction of 53% in the time taken to perform the analyses.<sup>21</sup> In a study evaluating the capacity for diagnosing cysts and tumors in panoramic radiographs by means of deep learning, the software showed an accuracy of 71% in the adequate categorization of the areas.<sup>22</sup> In the present study, the sample of 1898 calcified sides and 1640 non-calcified sides used for training and testing the software developed through deep learning was considerable given the low prevalence of cervical calcifications. The heterogeneity of cervical calcifications makes it difficult to diagnose them because multiple patterns of radiopacity can represent different calcifications. In view of the difficulties with diagnosing cervical calcifications, the accuracy of 74% obtained by artificial intelligence represents a good rate and corroborates the results of automated diagnosis in panoramic radiographs described in the literature. Diagnosis in panoramic radiographs using models based on artificial intelligence has shown good levels of accuracy and reduced the time spent on analysis. Worth mentioning is the fact that the groups had training prior to performing the analyses, therefore, without training their performance would probably have been lower.

Participants in the different groups of professionals in this study received the same prior training by means of instructional videos and each member performed the analyses by himself/herself. There was a statistically significant difference between specialist dentists (G3) and groups of undergraduates (G1) and non-specialist dentists (G2). This result reinforces the importance that a higher prior theoretical load and experiences associated with specialization courses made it possible to produce a more accurate diagnosis, in addition to the importance of preparing radiographic reports on all imaging tests, including the routine types. The distinction between anatomical and atypical structures is the key factor for

diagnosis, specialists tend to have a superior ability to define structural anatomical limits, especially in conditions of overlapping structures and calcifications.

In some ways it was surprising that there was no statistically significant difference between the group of undergraduates (G1) and non-specialist dentists (G2), since the clinical experiences themselves in radiographic analysis performed in dental practice allow greater familiarity with the structures associated with the exam. This result was perhaps associated with the greater importance given to the analysis of the central portion of the [radiographic] exam, in which the dental structures are found, rather than [to analysis of] the upper and lower regions of the maxilla and mandible. Future studies could confirm this assertion by comparing the capacity between undergraduates and non-specialist dentists for detecting pathological conditions in the central region, such as cysts and tumors, periodontopathies, among other conditions, and in the upper region, such as the capacity for diagnosing sinusopathies.

The findings obtained in the present study demonstrated that artificial intelligence showed superior results to those of undergraduates and dentists, and inferior to those of specialists. This result demonstrated that Artificial Intelligence was a promising method for this analysis, making it possible to expand the diagnostic capacity of certain groups of professionals. Nevertheless, AI is not a substitute for assessment by an expert.

**REFERENCES**

1. Perschbacher S. Interpretation of panoramic radiographs. *Austr Dent J* 2012;57(1):40-45. doi:10.1111/j.1834-7819.2011.01655.x
2. Van der Stelt PF. Panoramic Radiographs in dental diagnostics. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2016;123(4):181-187. doi: 10.5177/ntvt.2016.04.15208
3. Pinchi V, Norelli GA, Caputi F, et al. Dental identification by comparison of antemortem and postmortem dental radiographs: influence of operator qualifications and cognitive bias. *Forensic Sci Int* 2012;10(222):252-255. doi: 10.1016/j.forsciint.2012.06.015.
4. Kratz RJ, Nguyen CT, Walton JN, et al. Dental students' interpretations of digital panoramic radiographs on completely edentate patients. *J Dent Educ* 2018;82(3):313-321. doi: 10.21815/JDE.018.033.
5. Friedlander AH, Lande A. Panoramic radiographic identification of carotid arterial plaques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1981;52(1):102-104. doi: 10.1016/0030-4220(81)90181-x.
6. Sabarudin A, Tiau YJ. Image quality assessment in panoramic dental radiography: a comparative study between conventional and digital systems. *Quant Imaging Med Surg* 2013;3(1):43-48. doi: 10.3978/j.issn.2223-4292.2013.02.07.
7. Paulsen F, Waschke J. Head, neck and neuroanatomy. *In: Sobotta Atlas of human anatomy*. 16<sup>th</sup> Edition. English/Latin. London: Urban & Fischer; 2019. 480 p.
8. Holck P. Cervikalcolumnas anatomi [Anatomy of the cervical spine]. *Tidsskr Nor Laegeforen* 2010;130(1):29-32. doi: 10.4045/tidsskr.09.0296.
9. Soerdjbalie-Maikoe V, Van Rijn RR. Embryology, normal anatomy, and imaging techniques of the hyoid and larynx with respect to forensic purposes: a review article. *Forensic Sci Med Pathol* 2008;4(2):132-139. doi: 10.1007/s12024-008-9032-1.

10. Grant EG, Benson CB, Moneta GL, et al. Carotid artery stenosis: gray scale and Doppler US diagnosis–Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference. *Radiol* 2003; 229: 340-346.
11. Oliveira GAA, Sá CR, Santos Junior OR, et al. Case reports of a new method for differential diagnosis of calcified carotid artery atheroma. *Case Rep Dent* 2021; 2021(8874087):1-5. <https://doi.org/10.1155/2021/8874087>
12. Roopashri G, Vaishali MR, David MP, et al. Evaluation of elongated styloid process on digital panoramic radiographs. *J Contemp Dent Pract* 2012;13(5):618-622. doi: 10.5005/jp-journals-10024-1197.
13. Ghabanchi J, Haghnegahdar A, Khojastehpour L, et al. Frequency of tonsilloliths in panoramic views of a selected population in southern iran. *J Dent (Shiraz)* 2015;16(2):75-80.
14. Schroder AGD, de Araujo CM, Guariza-Filho O, et al. Diagnostic accuracy of panoramic radiography in the detection of calcified carotid artery atheroma: a meta-analysis. *Clin Oral Investig* 2019;23(5):2021-2040. doi: 10.1007/s00784-019-02880-6.
15. Takahashi A, Sugawara C, Kudoh K, et al. Lingual tonsillolith: prevalence and imaging characteristics evaluated on 2244 pairs of panoramic radiographs and CT images. *Dentomaxillofac Radiol* 2018;47(1):20170251. doi: 10.1259/dmfr.20170251.
16. Oda M, Kito S, Tanaka T, et al. Prevalence and imaging characteristics of detectable tonsilloliths on 482 pairs of consecutive CT and panoramic radiographs. *BMC Oral Health* 2013;13:54. doi: 10.1186/1472-6831-13-54.
17. Ribeiro A, Keat R, Khalid S, et al. Prevalence of calcifications in soft tissues visible on a dental pantomogram: A retrospective analysis. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg* 2018;119(5):369-374. doi: 10.1016/j.jormas.2018.04.014.

18. Soomer H, Lincoln MJ, Ranta H, et al. Dentists' qualifications affect the accuracy of radiographic identification. *J Forensic Sci* 2003;48(5):1121-1126.
19. Burr AM, Holcomb A, Goodwin J, et al. Machine learning to predict occult nodal metastasis in Early oral squamous cell carcinoma. *Oral Oncol* 2019;92:20-25.  
<https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2019.03.011>
20. You W, Hao A, Li S, et al. Deep learning-based dental plaque detection on primary teeth: a comparison with clinical assessments. *BMC Oral Health* 2020;20(141):1-7.  
<https://doi.org/10.1186/s12903-020-01114-6>
21. Vrancx M, Van Gerven A, Willems H, et al. Artificial intelligence (AI)-driven molar angulation measurements to predict third molar eruption on panoramic radiographs. *Int J Environ* 2020;17(3716):1-13. doi:10.3390/ijerph17103716
22. Yang H, Jo E, Kim HJ, et al. Deep learning for automated detection of cyst and tumors of the jaw in panoramic radiographs. *J Clin Med* 2020;9(1839):1-14.  
doi: 10.3390/jcm9061839.

## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A inteligência artificial representa uma ferramenta adicional na identificação de calcificações cervicais em radiografia panorâmica, não substituindo a análise de um especialista, mas ampliando as possibilidades diagnósticas e preventivas de processos patológicos.

A formação profissional apresenta relação direta com a capacidade diagnóstica, sendo as experiências teóricas e clínicas associadas a um curso de especialização em radiologia odontológica capazes de possibilitar um desempenho superior na identificação de calcificações cervicais em radiografia panorâmica.



## REFERÊNCIAS

- AHLQWIST, M.; HALLING, A.; HOLLENDER, L. Rotational panoramic radiography in epidemiological studies of dental health. Comparison between panoramic radiographs and intraoral full mouth surveys. **Sweden Dental Journal**, v.10, n.1-2, p. 73-84, 1986.
- ANGELOPOULOU, F. *et al.* Calcified lymph nodes and systemic sclerosis. **Mediterranean Journal of Rheumatology**, v.29, n.2, p. 97-98, 2018.
- BABA, A. *et al.* Evaluation of normal epiglottis on computed tomography with special attention to thickness. **Bulletim of Tokyo Dental College**, v.60, n.1, p. 11-16, 2019.
- BARNETT, H.J. *et al.* Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. **New England Journal of Medicine**, v.339, n.20, p. 1415-1425, Nov. 1998.
- BAURMASH, H.D. Submandibular salivary stones: current management modalities. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v.62, n.3, p. 369-378, Mar. 2004.
- BAYRAM, B. *et al.* Digital panoramic radiography: a reliable method to diagnose carotid artery atheroma. **Dentomaxillofacial Radiology**, v.35, n.4, p. 266-270, July 2006.
- CALDAS, M. *et al.* Tonsillolith - report of an unusual case. **British Dental Journal**, v. 202, p. 267, 2007.
- CARTER, L.C. Discrimination between calcified triticeous cartilage and calcified carotid atheroma on panoramic radiography. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics**, v.90, n.1, p. 108-110, July 2000.
- CHARTRAND, G. *et al.* Deep learning: a primer for radiologists. **Radiographics**, v.37, n.7, p. 2113-2131, Nov./Dec. 2017.
- CHAVES, T.C. *et al.* Craniocervical posture and hyoid bone position in children with mild 44 and moderate asthma and mouth breathing. **International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology**, v.74, n.9, p. 1021-1027, Sept. 2010.
- CHEN, H. *et al.* A deep learning approach to automatic teeth detection and numbering based on object detection in dental periapical films. **Scientific Reports**, v.9, n.1, p. 3840, Mar. 2019.
- CHOI, J. *et al.* Chondrosarcoma of the epiglottis: a case report and literature review. **Journal of Voice**, v.32, n.4, p. 484-487, 2018.
- CHOI, J.; KIM, I.K.; OH, N.S. Multiple sialoliths in sublingual gland: Report of a case. **International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v.31, n.5, p. 562-563, Oct. 2002.
- CHUANG, C.C.; LIN, H.C.; HUANG, C.W. Submandibular cavernous hemangiomas with multiple phleboliths masquerading as sialolithiasis. **Journal of the Chinese Medical Association**, v.68, n.9, p. 441-443, Sept. 2005.

COOPER, M.M. *et al.* Tonsillar calculi. Report of a case and review of the literature. **Oral Surgery**, v. 55, n. 3, p. 239-243, 1983.

ERTAS, E.T.; SISMAN, Y. Detection of incidental carotid artery calcifications during dental examinations: panoramic radiography as an important aid in dentistry. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics**, v.112, n.4, p. e11-e17, Oct. 2011.

ESTEVA, A. *et al.* Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. **Nature International Journal of Science**, v.542, n.7639, p. 115-118, Feb. 2017.

FERRARIO, V.F. *et al.* Calcification of the stylohyoid ligament: Incidence and morphoquantitative evaluations. **Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology**, v.69, n.4, p. 524-529, Apr. 1990.

FRIEDLANDER, A.H. Panoramic radiography: the differential diagnosis of carotid artery atheromas. **Special Care in Dentistry**, v.15, n.6, p. 223-227, Nov./Dec. 1995.

GIUDICE, M. *et al.* An unusual tonsillolithiasis in a patient with chronic obstructive sialoadenitis. **Dentomaxillofacial Radiology**, v.34, p. 247-250, 2005.

GLIKSON, E. *et al.* The anatomical evolution of the thyroid cartilage from childhood to adulthood: A computed tomography evaluation. **Laryngoscope**, v.127, n.10, p. E354-E358, Oct. 2017.

GRANT, E.G. *et al.* Carotid artery stenosis: gray scale and Doppler US diagnosis—Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference. **Radiology**, v.229, n.2, p. 340-346, Nov. 2003.

GULSHAN, V. *et al.* Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. **The Journal of the American Dental Association**, v.316, n.22, p. 2402-2410, Dec. 2016.

HAITER NETO, F.; KURITA, L.; CAMPOS, P.S. **Diagnóstico por imagem em Odontologia**. São Paulo: Editora Napoleão, 2018. 600 p.

HOSNY, A. *et al.* Deep learning for lung cancer prognostication: A retrospective multi-cohort radiomics study. **PLoS Medicine**, v.15, n.11, p. e1002711, 2018.

KAMIKAWA, R.S. *et al.* Study of the localization similar to calcified to carotid atheroma by means of panoramic radiography. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics**, v.101, n.3, p. 374-378, Mar. 2006.

KANAYA, H. *et al.* Intramuscular hemangioma of masseter muscle with prominent formation of phleboliths: a case report. **Auris Nasus Larynx**, v.35, n.4, p. 587-591, Dec. 2008.

KANO, M. *et al.* A morphometric study of age-related changes in adult human epiglottis using quantitative digital analysis of cartilage calcification. **Cells, Tissues, Organs**, v.180, n.2, p. 126-137, 2005.

KASABOGLU, O. *et al.* Micromorphology of sialoliths in submandibular salivary gland: a Scanning Electron Microscope and X-Ray diffraction analysis. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v.62, n.10, p. 1253-1258, Oct. 2004.

KEBERLE, M.; ROBINSON, S. Physiologic and pathologic calcifications and ossifications in the face and neck. **European Radiology**, v.17, n.8, p. 2103-2111, 2007. doi:10.1007/s00330-006-0525-6.

KIM, J.H. *et al.* Comparison of the diagnostic performance of panoramic and occlusal radiographs in detecting submandibular sialoliths. **Imaging Science in Dentistry**, v.46, n.2, p. 87-92, June 2016.

KIM, D.H.; WIT, H.; THURSTON, M. Artificial intelligence in the diagnosis of Parkinson's disease from ioflupane-123 single-photon emission computed tomography dopamine transporter scans using transfer learning. **Nuclear Medicine Communications**, v.39, n.10, p. 887-893, Oct. 2018.

KING JÚNIOR, B.F. Artificial intelligence and radiology: what will the future hold? **Journal of the American College of Radiology**, v.15, n.3, Part.B, p. 501-503, Mar. 2018.

LAIOS, K. *et al.* From thyroid cartilage to thyroid gland. **Folia Morphology (Warsz)**, v.78, n.1, p. 171-173, 2019. doi:10.5603/FM.a2018.0059.

LAKHANI, P.; SUNDARAM, B. Deep Learning at chest radiography: automated classification of pulmonary tuberculosis by using convolutional neural networks. **Radiology**, v.284, n.2, p. 574-582, Aug. 2017.

LEE, J.H. *et al.* Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. **Journal of Dentistry**, v.77, p. 106-111, Oct. 2018a.

LEE, J.H. *et al.* Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. **Journal of Periodontal & Implant Science**, v.48, n.2, p. 114-123, Apr. 2018b.

LIMA, G.A.G. *et al.* An isolated phlebolith on the lip: an unusual case and review of the literature. **Case Report in Pathology**, v.2015, ID. 507840, p. 1-5, 2015. doi:10.1155/2015/507840

LINTON, M.F. *et al.* The role of lipids and lipoproteins in atherosclerosis. *In: DE GROOT, L.J. et al. Endotext*. South Dartmouth (MA): NCBI Bookshelf, 2015, p. 1-174.

MANGANARO, A.M.; NYLANDER, J. Eagle's syndrome: a clinical report and review of the literature. **General Dentistry**, v.46, n.3, p. 282-284, May/June 1998.

MANZI, F.R. *et al.* Panoramic radiography as an auxiliary in detecting patients at risk for cerebrovascular accident (CVA): case report. **Journal of Oral Science**, v.45, n.3, p. 177-180, Sept. 2003.

MARQUEZ, J.G.G. *et al.* OSL dosimeters for dental panoramic radiography. **Applied Radiation and Isotopes**, v.142, p. 32-37, Dec. 2018.

McBEE, M.P. *et al.* Deep learning in radiology. **Academic Radiology**, v.25, n.11, p. 1472-1480, Nov. 2018.

MILLER, D.D.; BROWN, E.W. Artificial intelligence in medical practice: the question to the answer? **The American Journal of the Medicine**, v.131, n.2, p. 129-133, Feb. 2018.

MIRALLES, R. *et al.* Body position and jaw posture effects on supra- and infrahyoid electromyography activity in humans. **Cranio**, v.24, n.2, p. 98-103, Apr. 2006.

MOREIRA-SOUZA, L. *et al.* Brightness and contrast adjustments influence the radiographic detection of soft tissue calcification. **Oral Diseases**, v.25, n.7, p. 1809-1814, Oct. 2019.

NESHAT, K.; PENNA, K.J.; SHAH, D.H. Tonsillolith: A Case Report. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 59 p. 692-693, 2001.

OLIVEIRA, A.C. *et al.* Central hemangioma of the mandible in a 7 year old child. **International Journal of Paediatric Dentistry**, v.19, n.3, p. 216-218, May 2009.

OMNELL, K.H.; GANDHI, C.; OMNELL, L. Ossification of the human stylohyoid ligament. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics**, v.85, n.2, p. 226-232, Feb. 1998.

PAE, E.K. *et al.* Can facial type be used to predict changes in hyoid bone position with age? A perspective based on longitudinal data. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.134, n.6, p. 792-797, Dec. 2008.

PAQUETTE, M.; TEREZHALMY, G.; MOORE, W.S. Calcified lymph nodes. **Quintessence International**, v.37, n.7, p. 562-563, 2003.

PEARSON JÚNIOR, W.G.; LANGMORE, S.E.; ZUMWALT, A.C. Evaluating the structural properties of suprahyoid muscles and their potential for moving the hyoid. **Dysphagia**, v.26, n.4, p. 345-351, 2011.

PERSCHBACHER, S. Interpretation of panoramic radiographs. **Australian Dental Journal**, v.57, n.1, p. 40-45, 2012. doi:10.1111/j.1834-7819.2011.01655.x

RAM, S. *et al.* Pseudo bilateral tonsilloliths: A case report and review of the literature. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics**, v. 98, p. 110-114, 2004.

RÖSLER, A.M. *et al.* Artificial intelligence and transcatheter aortic prosthesis selection. **Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v.33, n.4, p. 391-397, 2018.

SAĞLAM, A.M.S.; UYDAS, N.E. Relationship between head posture and hyoid position in adult females and males. **Journal of Craniomaxillofacial Surgery**, v.34, n.2, p. 85-92, Mar. 2006.

SALMAN, R.A.; KINNEY, L.A. Calcified thyroid cartilage. **Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology**, v.70, n.6, p. 806-807, 1990.

SCOLOZZI, P. *et al.* Intraoral venous malformation presenting with multiple phleboliths. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics**, v.96, n.2, p. 197-200, Aug. 2003.

SEZER, B.; TUGSEL, Z.; BILGEN, C. An unusual tonsillolith. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics**, v.95, p. 471-473, 2003.

SUTTER, W. *et al.* Cross-sectional study on the prevalence of carotid artery calcifications, tonsilloliths, calcified submandibular lymph nodes, sialoliths of the submandibular gland, and idiopathic osteosclerosis using digital panoramic radiography in a Lower Austrian subpopulation. **Quintessence International**, p. 231-242, Jan. 2018. doi:10.3290/j.qi.a39746.

VALENZUELA, S. *et al.* Does head posture have a significant effect on the hyoid bone position and sternocleidomastoid electromyographic activity in young adults?. **Cranio**, v.23, n.3, p. 204-211, July 2005.

VALERIO, C.S. *et al.* Stylohyoid syndrome. **Journal of Craniofacial Surgery**, v.23, p. 138-140, 2012.

ZENGIN, A.Z.; CELENK, P.; SUMER, A.P. Intramuscular hemangioma presenting with multiple phleboliths: a case report. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology**, v.115, p. 32-36, 2013.

WESTHUIJZEN, A.J.D.; MERWE, J.V.D. Eagle`s Syndrome: Lesser cornu amputation: an alternative surgical solution? **International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v.28, p. 335-337, 1999.

WICKRAMASINGHE, A.; HOWARTH, A.; DRAGE, N.A. Multiple bilateral parotid sialoliths in a patient with mucosa-associated lymphoid tissue lymphoma (MALT lymphoma) of the salivary glands. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics**, v.99, p. 496-498, 2005.

YAN, Y.Z. *et al.* Normal radiological anatomy of thyroid cartilage in 600 Chinese individuals: implications for anterior cervical spine surgery. **Journal of Orthopedic Surgery Research**, v.13, n.1, p. 31, 2018. doi:10.1186/s13018-018-0728-y.

YANG, H. *et al.* Deep learning for automated detection of cyst and tumors of the jaw in panoramic radiographs. **Journal of Clinical Medicine**, v.9, n.6, p. 1839, 2020. doi: 10.3390/jcm9061839.

YOON, S.J. *et al.* Diagnostic accuracy of panoramic radiography in the detection of calcified carotid artery. **Dentomaxillofacial Radiology**, v.37, p. 104-108, 2008.

## ANEXO A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa PUC Minas

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE  
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -  
PUCMG



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA IDENTIFICAÇÃO DE CALCIFICAÇÕES CERVICAIS EM RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS

**Pesquisador:** Guilherme Augusto Alves de Oliveira

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 38262920.6.0000.5137

**Instituição Proponente:** Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUCMG

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.400.329

#### Apresentação do Projeto:

O projeto propõe desenvolvimento de um software pela Inteligência Artificial através da ferramenta Deep Learning para identificar calcificações cervicais automaticamente em radiografias panorâmicas. Um total de 14.526 radiografias panorâmicas digitais, obtidas na base de dados da Clínica Radiológica do Departamento de Odontologia da PUC-MINAS serão utilizadas. Dentre essas, serão selecionadas aquelas que apresentam calcificações (teste) e aquelas que não apresentam (controle). O critério de inclusão para os exames do estudo são: radiografias panorâmicas digitais que apresentem visualização ampla da região cervical, compreendendo as vértebras bilaterais, com a identificação do aparelho utilizado para execução do exame.

#### Objetivo da Pesquisa:

##### Objetivo Primário:

- Identificação automatizada de calcificações cervicais em Radiografias Panorâmicas.

##### Objetivos Secundários:

- Prevenção de processos patológicos pela identificação precoce de calcificações cervicais com relevância clínica.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Não há riscos previsíveis.

**Endereço:** Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 228  
**Bairro:** Conceição Escarvalhada **CEP:** 30.535-901  
**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE  
**Telefones:** (31)3319-4517 **Fax:** (31)3319-4517 **E-mail:** cep.proppg@pucminas.br

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE  
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -  
PUCMG



Continuação do Parecer: 4.493.329

**Benefícios:** Identificação precoce e automatizada de patologias assintomáticas com relevância clínica.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Trabalho exequível e relevante.

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

Os termos de apresentação obrigatória foram anexados e estão de acordo com as normas vigentes.

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

Sem pendências.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1624109.pdf	21/09/2020 09:19:32		Acerto
Outros	lcud.pdf	21/09/2020 09:19:08	Guilherme Augusto Alves de Oliveira	Acerto
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_guilherme.docx	21/09/2020 09:18:18	Guilherme Augusto Alves de Oliveira	Acerto
Folha de Rosto	folhaderostoGuilherme.pdf	17/09/2020 19:15:14	Guilherme Augusto Alves de Oliveira	Acerto

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BELO HORIZONTE, 16 de Novembro de 2020

Assinado por:  
**CRISTIANA LEITE CARVALHO**  
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 228  
Bairro: Coração Eucarístico CEP: 30.535-001  
UF: MG Município: BELO HORIZONTE  
Telefone: (31)3319-4517 Fax: (31)3319-4517 E-mail: cep.propq@pucminas.br

## ANEXO B – Dados Curriculares

### Guilherme Augusto Alves de Oliveira

<b>Nascimento</b>	30.04.1991 – Itaúna, MG
<b>Filiação</b>	Ita Lopes de Oliveira Maria Aparecida Alves de Oliveira
<b>2009-2014</b>	Graduação em Odontologia Universidade de Itaúna/UIT
<b>2014-2016</b>	Curso <i>Stricto Sensu</i> a nível de Mestrado em Clínicas Odontológicas, com ênfase em Periodontia PUC-Minas
<b>2014-2019</b>	Cirurgião-dentista Núcleo Cardiológico Integrado – Mateus Leme, MG
<b>2018</b>	Professor da Disciplina de Histologia e Desenvolvimento Bucodentário Centro Universitário UNA Bom Despacho, MG
<b>2019</b>	Professor da Disciplina de Imaginologia Centro Universitário UNA Bom Despacho, MG
<b>2019-Atual</b>	Professor da Disciplina de Periodontia Centro Universitário UNA Bom Despacho, MG
<b>2018-Atual</b>	Curso <i>Stricto Sensu</i> a nível de Doutorado em Clínicas Odontológica PUC-Minas
<b>2019-Atual</b>	Cirurgião-dentista e Proprietário da Clínica Odontológica OX Odontologia - Mateus Leme, MG



## ANEXO C – Produção intelectual do aluno durante o curso do Doutorado

### A. PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

#### ➤ Artigos Completos Publicados

1. OLIVEIRA GAA, MOREIRA JÚNIOR G, SILVEIRA AP, SANTOS RPM, MANZI FR. In vitro evaluation of apical microleakage in retrofillings with different resection angles. *Acta Odontologica Latinoamericana*, v.32, n. 3, p. 121-125, 2019. (Qualis A4)

121

### In vitro evaluation of apical microleakage in retrofillings with different resection angles

Guilherme A. A. Oliveira<sup>1</sup>, Gil Moreira Júnior<sup>2</sup>, André P. Silveira<sup>1</sup>, Rafael Pereira da Mata Santos<sup>1</sup>, Flávio R. Manzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Departamento de Pós-graduação em Clínicas Odontológica. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade de Itaúna, Itaúna. Departamento de Odontologia. Minas Gerais, Brasil.

#### ABSTRACT

*Paraendodontic surgery is a procedure that aims to solve problems that could not be solved by, or when it is not possible to perform conventional endodontic treatment. The aim of this experimental study was to compare the apical microleakage of teeth sectioned at 45° or 90° to the long axis of the tooth and root-end filled with mineral trioxide aggregate (MTA) using stereomicroscopy. In this study, 26 maxillary central incisors were used. Cleaning and shaping were performed with use of the Oregon technique and the samples were randomly divided into two groups. In Group A (n= 10) apical section was performed at an angle of 90°, making a retrocavity with an ultrasonic tip and retrofilling with MTA. In group B (n= 10) the same procedures were performed, but the apical section was at a 45° angle. Then the samples were immersed in a dye (India ink), placed in an oven*

*at 37° for 48 h before applying the clearing technique. Afterwards the teeth were assessed by stereomicroscope at 20x magnification to analyze dye leakage. Data were submitted to the Student's-t test with significance level  $p < 0.05$ . There was statistically significant difference between groups. Group B showed higher apical microleakage values compared with group A ( $P = 0.004$ ), but both groups showed dye leakage. The results showed that the 90° apical section promoted lower dye microleakage values at the dentin-retrofilling material interface than the 45°-section and could be considered the most effective technique for apical preparation in paraendodontic surgery.*

*Received: March 2019; Accepted: October 2019.*

**Keywords:** *Periapical diseases, retrograde obturation, mineral trioxide aggregate.*

2. OLIVEIRA TA, ROSA KF, NUNES OAV, OLIVEIRA GAA, MANZI FR. Does the stress of exams period influence medical student's blood pressure? A longitudinal study. *General Medicine*, v. 6, n.1, p. 03-07, 2018. doi:10.4172/2327-5146.1000307 (Qualis B4)



## Does the Stress of Exams Period Influence Medical Student's Blood Pressure? A Longitudinal Study

Thauler Alves De Oliveira<sup>1\*</sup>, Kenia Ferreira Rosa<sup>1</sup>, Otávio Antoniel Vilela Nunes<sup>1</sup>, Guilherme Augusto Alves de Oliveira<sup>2</sup> and Flávio Ricardo Manzi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>School of Medicine, University of Itaúna, Itaúna, MG, Brazil

<sup>2</sup>Department of Clinical Dentistry and Periodontics, "Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais", Belo Horizonte, Brazil

<sup>3</sup>Department of Dental Radiology, "Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais", Belo Horizonte, Brazil

\*Corresponding author: Thauler Alves De Oliveira, School of Medicine, University of Itaúna, 47 João Domas, Centro, Itaúna, Minas Gerais, Brazil, Tel: +5537998643311; E-mail: guilherme\_augusto.o@hotmail.com

Rec date: December 11, 2017; Acc date: January 18, 2018; Pub date: January 22, 2018

Copyright: © 2017 Alves De Oliveira T, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

### Abstract

**Background:** Based on relation of pathological effects of stress on the body and its reflex on blood pressure, the high level of stress undergone by medical students becomes a concern about quality of medical training and its health. The aim is to verify the possible influence of stress during exam periods on the blood pressure of medical students.

**Method:** The systemic arterial pressure (SAP) of 109 medical students of an institution was measured and analyzed in the period from March to September 2016, using the standardization recommended by the American Heart Association, in 3 time intervals: school holidays, classes without exams, and classes with exams.

**Results:** The authors verified that the systolic arterial pressure and cardiac frequency values checked on exam days were statistically higher (mean of 121.60 mmHg and 85 bpm, respectively) than when measured on class days or during vacations. Whereas the systolic arterial pressure and cardiac frequency values measured on class days were significantly lower than those on the other days (mean of 112.75 mmHg and 74.86 bpm, respectively).

3. OLIVEIRA GAA, LANZA GL, COSTA BE, VESPASIANO AI, MANZI FR. Terceiro molar impactado invertido: série de casos retrospectivos e relato de dois casos. Revista da APCD, v. 39, n. 3, p. 47-49, 2018. (Qualis B4)

## TERCEIRO MOLAR IMPACTADO INVERTIDO: SÉRIE DE CASOS RETROSPECTIVOS E RELATO DE DOIS CASOS

### INVERTED IMPACTED THIRD MOLARS: RETROSPECTIVE CASE SERIES AND TWO CASE REPORTS

Guilherme Augusto Alves de OLIVEIRA<sup>1</sup>

Giovanna Lopes LANZA<sup>2</sup>

Beethoven Estevão COSTA<sup>3</sup>

Bernardo Milhazes BOTEZINE<sup>4</sup>

Amano Ildio VESPASIANO<sup>5</sup>

Flávio Ricardo MANZI<sup>5</sup>

#### RESUMO

Dente impactado é todo aquele que sofre falha no seu processo eruptivo, ficando sob tecido duro e/ou mole. Dentro da classificação de tais dentes existem os terceiros molares invertidos, poucos descritos na literatura. O objetivo deste artigo é apresentar dois casos de terceiros molares maxilares impactados invertidos, diagnosticados através de exames de rotina odontológica e analisar relatos na literatura sobre terceiros molares invertidos. Foram selecionados artigos anexados à base de dados Pubmed, através de busca pelo termo "Inverted Third Molar", não havendo restrição quanto ao ano de publicação e idioma. Terceiros molares invertidos apresentam rara prevalência, sendo este relato um complemento à literatura previamente publicada.

**UNITERMOS:** Cirurgia oral. Dente impactado. Terceiro molar.

#### INTRODUÇÃO

Dente impactado é aquele que teve falha na época de irromper, permanecendo sob tecido duro e/ou mole.<sup>1</sup> Geralmente ocorre por falta de espaço na arcada, obstrução da via eruptiva, comprometimento genético, lesões ósseas ou má posição do germe dentário.<sup>2</sup> A literatura mostra que os terceiros molares mandibulares são os que apresentam maior frequência de estarem impactados, seguidos pelos caninos maxilares e pré-molares mandibulares.<sup>2,3</sup>

De acordo com Winter 1926, dentes impactados podem ser classificados de acordo com suas angulações em: mesioangular, distoangular, vertical, horizontal e invertido.<sup>4</sup>

Os terceiros molares invertidos apresentam sua coroa clínica voltada para cima, sendo a raiz apontada para crista alveolar. Antes do desenvolvimento do germe dentário, falhas como proliferação atípica do epitélio odontogênico, podem ocasionar em um dente invertido.<sup>5</sup>

O objetivo deste artigo é apresentar dois casos

de terceiros molares maxilares impactados invertidos, diagnosticados através de exames de rotina odontológica e analisar relatos na literatura sobre terceiros molares invertidos.

#### MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foram relatadas duas situações clínicas referentes ao diagnóstico e tratamento de terceiros molares inclusos impactados invertidos. Posteriormente, foram selecionados artigos anexados à base de dados Pubmed, através de busca pelo termo "Inverted Third Molar", não havendo restrição quanto ao ano de publicação e idioma. Através desta busca inicial obteve-se 23 artigos, que foram analisados individualmente para verificação de quais preenchiam os critérios de inclusão, sendo: a) relatos de casos ou série de relatos relacionados a terceiros molares invertidos; b) referência quanto a localização do terceiro molar estava invertido; c) referência se tratava-se de caso único ou bilateral. Dos 23 artigos analisados, apenas 10 artigos que se enquadravam nestes critérios e foram posteriormente tabelados (Tabela 1).

<sup>1</sup> Mestre em Clínica Odontológica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. Rua Dr. Tomaz de Andrada, 139 – Centro, Mateus Lima, Brasil, CEP: 35570-000, e-mail: [guilherme.augusto@hotmail.com](mailto:guilherme.augusto@hotmail.com)

<sup>2</sup> Aluna de Graduação e Iniciação Científica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

<sup>3</sup> Graduado em Odontologia pela Universidade de Itáina, Itália, Brasil.

<sup>4</sup> Especialista em Cirurgia Bucomaxilofacial pela Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

<sup>5</sup> Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

4. OLIVEIRA GAA, SÁ CR, SANTOS JUNIOR OR, MANZI FR. Case reports of a new method for differential diagnosis of calcified carotid artery atheroma. *Case Reports in Dentistry*, v. 2021, n. ID 8874087, p. 1-5, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8874087> (Qualis B2)

Hindawi  
Case Reports in Dentistry  
Volume 2021, Article ID 8874087, 5 pages  
<https://doi.org/10.1155/2021/8874087>



## Case Report

# Case Reports of a New Method for Differential Diagnosis of Calcified Carotid Artery Atheroma

Guilherme Augusto Alves de Oliveira <sup>1</sup>, Cleiterson Rezende de Sá <sup>2</sup>,  
Omar Ribeiro Santos Junior <sup>2</sup>, Rafael Pereira da Mata Santos <sup>1</sup>,  
and Flávio Ricardo Manzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Dentistry of the Pontifical Catholic University of Minas Gerais (PUC-MG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

<sup>2</sup>Preventive Cardiology Department of Núcleo Cardiológico Integrado Erle, Matriz Leão, Minas Gerais, Brazil

Correspondence should be addressed to Rafael Pereira da Mata Santos; [rpsantos@pqa.pucminas.br](mailto:rpsantos@pqa.pucminas.br)

Received 30 April 2020; Revised 4 November 2020; Accepted 14 December 2020; Published 5 January 2021

Academic Editor: Jilang H. Jeng

Copyright © 2021 Guilherme Augusto Alves de Oliveira et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Introduction.** Early diagnosis of calcified atherosclerosis may decrease morbidity and mortality caused by brain and cardiovascular diseases, in which atherosclerosis is the main etiological factor of these pathologies. Dental examinations with the aim of detecting this pathology have been in progress since 1981, such as panoramic radiography, considered the most widely studied method for this diagnosis. However, some limitations of this exam have been reported with reference to inability to visualize the cervical region and difficulty of establishing a precise diagnosis because of many structures and calcifications that have similar radiographic characteristics. **Case Report.** The present study to describe a dental radiographic technique for establishing the differential diagnosis of calcified atherosclerosis regarding other calcifications and reporting 3 clinical cases that demonstrate its effectiveness in different clinical situations. **Discussion.** Manz Projection can promote a differential diagnosis of calcified atherosclerosis in dental practice and consequently subsidize the clinician for referring the patient to the physician.

## 1. Introduction

Atherosclerosis may be considered the main cause of the global death rate due to its association with the etiology of cardiovascular and cerebrovascular diseases. Clinically, it is characterized by the formation of atherosclerotic plaques between the tunica intima and tunica media of the arterial wall [1]. The bifurcation region of the carotid artery represents one of the main sites for the development of atheroma, favored by the presence of a turbulent flow that generates a low intensity yet constant stress on the arterial wall, causing endothelial lesions that will trigger the formation of these lipoprotein plates [2].

These atheromas may undergo a dystrophic calcification process, enabling these plates to be identified in radiographic

examinations, e.g., the panoramic radiograph. In this examination, widely used in dental practice, calcified atheroma may be visualized as circled, irregular or heterogeneous, unilateral or bilateral radiopaque masses in the neck soft tissue region, adjacent to the C3-C4 intervertebral space, distinct from the radiopaque structures of this region, next to the hyoid bone [3, 4].

Many other calcifications and structures represented in the cervical region of the panoramic radiograph may make it difficult to diagnose calcified atherosclerosis, as they may present similar radiographic characteristics, such as triticeous cartilage calcification, sialoliths, phleboliths, hyoid bone, calcified lymph nodes, and among others. Thus, complementary examinations are necessary for establishing a differential diagnosis [5, 6].

5. OLIVEIRA GAA, SILVA FE, ALVES TKC, RODRIGUES ES, AGUIAR MA, AMORIM JCF, MANZI FR. (2019). Cirurgia paraendodôntica: Apicetomia com curetagem periapical. Arquivo Brasileiro De Odontologia, v. 13, n.1, p.112-118, 2019. (Qualis B4)

## Cirurgia paraendodôntica: Apicetomia com curetagem periapical

*Paraendodontic surgery: Apicetomy with periapical curettage*

Guilherme Augusto Alves de Oliveira<sup>1</sup>

Fernanda Evangelista Silva<sup>1</sup>

Tatielly Karine Costa Alves<sup>1</sup>

Eduardo Silveira Rodrigues

Marco Antônio de Aguiar<sup>2</sup>

José Claudio de Faria Amorim<sup>2</sup>

Flávio Ricardo Manzi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Odontologia – PUC-Minas

<sup>2</sup> Universidade de Itauna

[guilherme\\_augusto.o@hotmail.com](mailto:guilherme_augusto.o@hotmail.com)

### RESUMO

A cirurgia paraendodôntica é constituída de procedimentos com o intuito de resolver problemas decorrentes de um tratamento endodôntico ou seu insucesso. Incluída na cirurgia paraendodôntica está a apicetomia, que é a remoção cirúrgica da porção apical do dente. Este procedimento é indicado em inúmeras situações clínicas, como lesões periapicais persistentes ao tratamento convencional, perfurações, instrumentos fraturados, entre outras. Este relato de caso mostra a realização de uma apicetomia com curetagem periapical no elemento dental 12 sem a utilização da retrobturação, e tem por objetivo demonstrar a efetividade deste tipo de cirurgia paraendodôntica nos casos onde o tratamento endodôntico apresenta resultado radiográfico satisfatório, porém sem êxito clínico pela presença de fistula e intensa resposta inflamatória circundante. O sucesso do tratamento cirúrgico realizado foi comprovado pelo acompanhamento radiográfico e clínico, demonstrando formação óssea, ausência de sintomatologia e desaparecimento da fistula.

**Descritores:** Cirurgia Paraendodôntica. Apicetomia. Endodontia. Fistula.

### ABSTRACT

Paraendodontic surgery constituted of procedures in order to resolve problems of endodontic treatment or your failure. Included in paraendodontic surgery is apicetomy, which is surgical removal of the apical portion of the tooth. This procedure indicated in many clinical situations, such as persistent periapical lesions to conventional treatment, perforation, fractured instruments, among others. This case report shows the performance of an apicetomy with periapical curettage in the tooth 12, and aims to demonstrate the effectiveness of paraendodontic surgery in cases where, the endodontic treatment presents satisfactory result, was not successful by fistula and intense surrounding inflammatory response. Treatment success proved by clinical and radiographic follow-up, demonstrating bone formation, absence of symptoms and fistulation.

**Key words:** Paraendodontic Surgery. Apicetomy. Endodontic. Fistula.

### INTRODUÇÃO

O paraendodonto compreende a região periapical, a zona periradicular e regiões limítrofes, para as quais podem se estender as complicações endodônticas. É sabido que o tratamento endodôntico deve proporcionar uma completa obliteração de todo o sistema de canais radiculares. O estabelecimento de um adequado selamento objetiva impedir que

os microrganismos e/ou as endotoxinas atinjam os tecidos apicais e periapicais<sup>1</sup>.

Nas situações em que se constata fracasso na terapia endodôntica convencional após o dente estar restaurado com núcleo intracanal, ou até mesmo como suporte de prótese fixa, está indicado o procedimento cirúrgico. Também em casos de lesões periapicais persistentes ou ainda com características

## ➤ Artigos aceitos para publicação

1. OLIVEIRA GAA, LIMONGI M, GARCIA H, FONSECA L, MANZI FR. Sucess in conservative treatment of na inflamatory follicular cyst: a 5-year follow up. International Journal of Clinical Pediatric Dentistry. (Qualis B1)

IJCPD\_20\_55 has been accepted



noreply@jaypeejournals.com

Seg, 02/03/2020 11:00

Para: Você; manzi@pucminas.br; mariana@clinicalimongi.com.br; helmarsgarcia@gmail.com; fonseca.radiologia2@gmail.com  
Cc: Rahul.Sharma@jaypeebrothers.com; ajay.sharma@jaypeebrothers.com



Dear Author(s),

On behalf of International Journal of Clinical Pediatric Dentistry, we are delighted to inform that your manuscript ID No. IJCPD\_20\_55 entitled "Success in Conservative Treatment of an Inflammatory Follicular Cyst: a 5-Year Follow-Up" is provisionally accepted for publication in the Journal. In case of a very high similarity report we would recommend a revision / removal of your article. Following this, the issue allocation and publication may require some time. Kindly write to us in case you have any queries in this regard.

We greatly appreciate you for submitting your valuable research work to the Jaypee Journal.

Warm regards,

Editor-in-chief

International Journal of Clinical Pediatric Dentistry

2. AMORIM JCF, RAMOS FILHO O, OLIVEIRA GAA. Efeito do laser de baixa intensidade como coadjuvante na reparação óssea de dente com perfuração radicular e lesão perirradicular – relato de caso clínico e 12 anos de proervação. Dental Press Endodontics. (Qualis B3)



[Autor](#) > [Meus manuscritos](#) > [Aprovado](#)

Aprovado » Total: 1

Número	Título	Tipo (categoria do artigo)	Data
168	Efeito do Laser de Baixa Intensidade como Coadjuvante na Reparação Óssea de Dente com Perfuração Radicular e Lesão Perirradicular - Relato de Caso Clínico e 12 anos de proervação	Relato de Caso/Caso Clínico	2 anos atrás

- FURTADO D, ALVES T, JUNIOR P, SANTOS RPM, OLIVEIRA GAA, ARANHA NETO I, VIDIGAL B, COUTINHO D, SILVA M, MANZI FR. Prevalence and characterization of maxillary sinus sept in a brazilian population. Journal of Clinical and Experimental Dentistry. (Qualis A3)

**Journal of Clinical and Experimental Dentistry** ISSN 1989-5488

*Main Menu - Rafael Santos*

HOME **MANUSCRIPTS** SUPPORT LOGOUT

---

### Accepted Manuscripts

Manuscript Id	Manuscript Title (click to view manuscript)	Date submitted	Status
56467	PREVALENCE AND CHARACTERIZATION OF MAXILLARY SINUS SEPTA IN A BRAZILIAN POPULATION	2019-10-21	Accepted

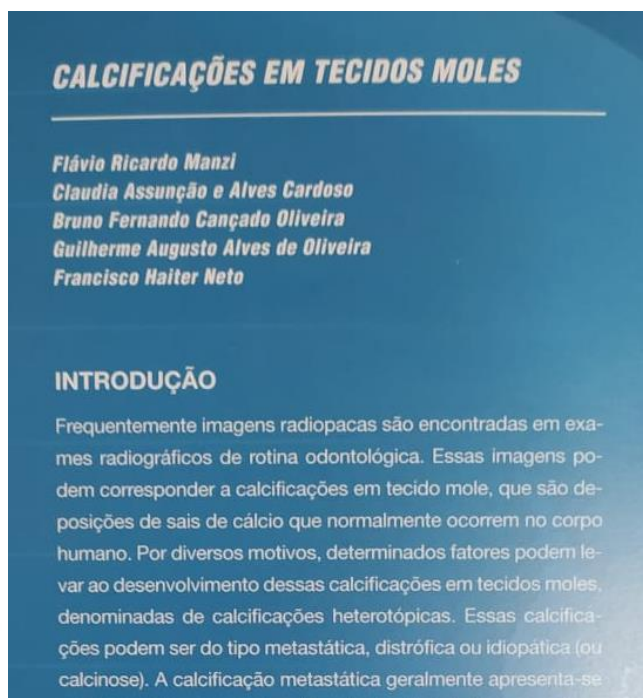
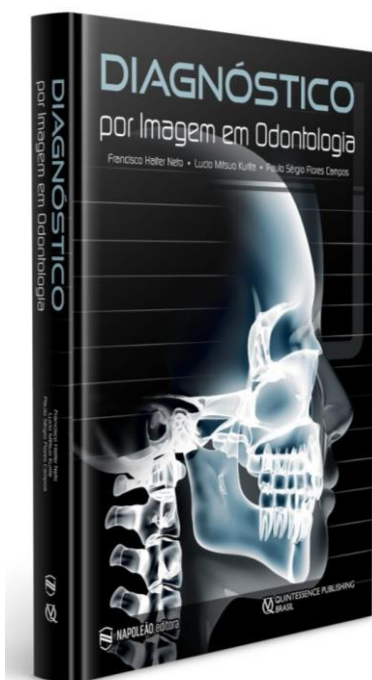
### My Manuscripts

- [Submit a Manuscript](#)
- 1 Accepted Manuscripts
- 0 Rejected Manuscripts
- 0 Submitted Manuscripts (In review process)
- 0 Submissions Needing Revision
- 0 Incomplete Submissions



## ➤ Capítulo de Livro Publicado

1. MANZI FR, CARDOSO CAA, OLIVEIRA BFC, OLIVEIRA GAA, HAITER NETO F. Calcificações em tecido mole. In: Diagnóstico por imagem em Odontologia. São Paulo, SP. Editora Napoleão – Quintessence. 1ª Ed., 2018, p. 550-567.



➤ **Resumos publicados em anais de eventos**

1. OLIVEIRA GAA, ABREU NB, MORAES LCA, ROCHA BCS, SANTOS RPM, MANZI FR. Prevalência de ateromas calcificados em artéria carótida de pacientes sedentários diagnosticados através de exames odontológicos. *Brazilian Oral Research*, v.33, n.2, p.49, 2019.
2. SANTOS RPM, OLIVEIRA GAA, ARANHA-NETO IS, SILVA AIV, ALVES T, CARMELO JC, MANZI FR. Automated identification of dental implants by using artificial intelligence. *Brazilian Oral Research*, v.34, n.2, p.97, 2020.

➤ **Apresentações de Trabalhos**

1. Santos RPM\*, Oliveira GAA, Aranha-Neto IS, Silva AIV, Alves TKC, Carmelo JC, Manzi FR. Automated identification of dental implants by using artificial intelligence. 37 Reunião Anual da SBPQO. Campinas, SP, 2020. Modalidade: Hatton
2. OLIVEIRA GAA, ABREU NB, MORAES LCA, ROCHA BCS, SANTOS RPM, MANZI FR. Prevalência de ateromas calcificados em artéria carótida de pacientes sedentários diagnosticados através de exames odontológicos. 36 Reunião anual da SBPQO. Campinas, SP, 2019. Modalidade: Apresentação Oral
3. FARIA GA, OLIVEIRA GAA, HOUARA RG. Angioleiomioma em palato duro. XXVI Jornada Mineira de Estomatologia. Belo Horizonte, MG, 2019. Modalidade: Painel eletrônico
4. SOUZA PO, BRANDÃO LO, OLIVEIRA GAA, HOUARA RG. Ameloblastoma em maxila. XXVI Jornada Mineira de Estomatologia. Belo Horizonte, MG, 2019. Modalidade: Painel eletrônico
5. ALVES CS, RODRIGUES BS, RODRIGUES AM, HOUARA RG, OLIVEIRA RA, OLIVEIRA GAA. Ameloblastoma multilocular. XXVI Jornada Mineira de Estomatologia. Belo Horizonte, MG, 2019. Modalidade: Painel eletrônico
6. VIEIRA LF, VIAL AD, HOUARA RG, CRUZ AL, OLIVEIRA RA, OLIVEIRA GAA. Mixoma odontogênico em maxila. XXVI Jornada Mineira de Estomatologia. Belo Horizonte, MG, 2019. Modalidade: Painel eletrônico
7. LEITE SR, ARANHA-NETO IS, CRUZ AF, OLIVEIRA GAA. Lipoma na cavidade oral. XXVI Jornada Mineira de Estomatologia. Belo Horizonte, MG, 2019. Modalidade: Painel eletrônico
8. VIEIRA LF, VIAL AD, HOUARA RG, CRUZ AL, OLIVEIRA RA, OLIVEIRA GAA. Múltiplos ceratocistos em irmãs portadoras da Síndrome de Gorlin-Goltz. XXVI Jornada Mineira de Estomatologia. Belo Horizonte, MG, 2019. Modalidade: Apresentação oral
9. PONTES L, HOUARA RG, CRUZ AL, OLIVEIRA RA, OLIVEIRA GAA. Extenso leiomiossarcoma primário em cavidade oral. XXVI Jornada Mineira de Estomatologia. Belo Horizonte, MG, 2019. Modalidade: Apresentação oral
10. SOUZA PO, BRANDÃO LO, HOUARA RG, CRUZ AL, OLIVEIRA RA, OLIVEIRA GAA. Ameloblastoma unilocístico em mandíbula. XXVI Jornada Mineira de Estomatologia. Belo Horizonte, MG, 2019. Modalidade: Painel eletrônico
11. OLIVEIRA CA, OLIVEIRA GAA, MANZI FR. Ameloblastoma unilocístico em mandíbula. XXVI Jornada Mineira de Estomatologia. Belo Horizonte, MG, 2019. Modalidade: Painel eletrônico

## B. OUTRAS PRODUÇÕES

➤ Participação em banca avaliadora

1. Avaliador na XXVI Jornada Mineira de Estomatologia, Belo Horizonte, MG, 2019.  
Apresentações orais de casos clínicos

