



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

DANIELE MANHÃES CALDAS

**AVALIAÇÃO VOLUMÉTRICA DA COROA DENTÁRIA PARA A ESTIMATIVA
DO SEXO POR MEIO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE
CÔNICO**

**VOLUMETRIC ASSESSMENT OF THE DENTAL CROWN FOR SEX
ESTIMATION BY MEANS OF CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY**

Piracicaba

2019

DANIELE MANHÃES CALDAS

**AVALIAÇÃO VOLUMÉTRICA DA COROA DENTÁRIA PARA A ESTIMATIVA
DO SEXO POR MEIO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE
CÔNICO**

**VOLUMETRIC ASSESSMENT OF THE DENTAL CROWN FOR SEX
ESTIMATION BY MEANS OF CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Radiologia Odontológica, na área de Radiologia Odontológica.

Dissertation presented to Piracicaba Dental School of the University of Campinas in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Oral Radiology, in Oral Radiology area

Orientador: Prof. Dr. Francisco Haiter Neto

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA DANIELE MANHÃES CALDAS, E ORIENTADA PELO PROF. DR. FRANCISCO HAITER NETO.

Piracicaba

2019

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6650-9879>

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

M314a Manhaes-Caldas, Daniele, 1978-
Avaliação volumétrica da coroa dentária para a estimativa do sexo por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico / Daniele Manhães Caldas. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Francisco Haiter Neto.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Tomografia computadorizada de feixe cônico. 2. Coroas (Odontologia). 3. Sexo - Diferenças. I. Haiter Neto, Francisco, 1964-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Volumetric assessment of the dental crown for sex estimation by means of cone-beam computed tomography

Palavras-chave em inglês:

Cone-beam computed tomography

Crowns (Dentistry)

Sex differences

Área de concentração: Radiologia Odontológica

Titulação: Mestra em Radiologia Odontológica

Banca examinadora:

Francisco Haiter Neto [Orientador]

Andreia Cristina Breda de Souza

Felippe Bevilacqua Prado

Data de defesa: 26-02-2019

Programa de Pós-Graduação: Radiologia Odontológica

Identificação e informações acadêmicas e profissionais da aluna

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6650-9879>

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8951362933864052>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 26 de Fevereiro de 2019, considerou a candidata DANIELE MANHÃES CALDAS aprovada.

PROF. DR. FRANCISCO HAITER NETO

PROF^ª. DR^ª. ANDREIA CRISTINA BREDAS DE SOUZA

PROF. DR. FELIPPE BEVILACQUA PRADO

A Ata da defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

DEDICATÓRIA

A Deus pela força e equilíbrio tão necessários para concretização desta etapa.

Aos meus pais, Sidiney e Irenilda, pelo apoio, carinho, incentivo e dedicação.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual de Campinas, em nome do reitor Prof. Dr. Marcelo Knobel

A Faculdade de Odontologia de Piracicaba, em nome do diretor Prof. Dr. Francisco Haiter Neto

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro parcial.

Ao Programa de Pós-graduação em Radiologia Odontológica, em nome da Profa. Dra. Deborah Queiroz de Freitas França.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco Haiter Neto, por ter contribuído com o amadurecimento que atingi nesta etapa.

Aos professores da Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Prof. Dr. Matheus Lima de Oliveira, Profa. Dra. Deborah Queiroz de Freitas França, Prof. Dr. Francisco Haiter Neto, Prof. Dr. Frab Norberto Boscolo e Profa. Dra. Solange Maria de Almeida Boscolo, pelo comprometimento, visando sempre o aprimoramento do ensino.

À banca de defesa composta pela Prof^a. Dr^a. Andreia Cristina Breda de Souza e Prof. Dr. Felipe Bevilacqua Prado, e aos suplentes, Profa. Dra. Dagmar de Paula Queluz e Prof^a. Dr^a. Monikelly do Carmo Nascimento Marchini pela contribuição dada ao meu trabalho.

À banca de qualificação composta pela Profa. Dra. Deborah Queiroz de Freitas França, Prof. Dr. Yuri Nejaim e Prof. Dr. Francisco Carlos Groppo pelas suas considerações que possibilitaram o aprimoramento da minha dissertação.

Aos funcionários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

Aos funcionários da Radiologia Odontológica, em especial a Luciane Sattolo, pela dedicação e disponibilidade em auxiliar quando necessário.

A todos os alunos do programa de Radiologia Odontológica, em especial, Yuri Nejaim e Leonardo Vieira Peroni por toda atenção, colaboração, apoio e por terem tornarem o mestrado muito mais agradável, e Hugo Gaeta pela presteza constante.

À Profª Drª Andreia Cristina Breda de Souza pelo apoio, estímulo e por ser um exemplo de liderança a ser seguido.

À Profª Drª Sandra Regina Torres pelo apoio e incentivo para seguir a vida acadêmica desde a graduação, sendo exemplo de dedicação, comprometimento e profissionalismo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

A determinação do sexo possui um papel importante para a solução de casos forenses, principalmente quando há a necessidade de identificação de um grande número de vítimas. Geralmente essa tarefa é realizada com base na análise do crânio e da pelve. No entanto, nas situações em que estas estruturas não podem ser analisadas, os dentes podem ser utilizados com este intuito, pois são geralmente preservados em virtude da sua maior resistência aos efeitos destrutivos *post mortem* e por apresentarem dimorfismo sexual. O dimorfismo sexual pode ser definido como a diferença em tamanho ou aparência entre os sexos masculino e feminino. No entanto, a acurácia na determinação do sexo depende do grau de dimorfismo sexual que varia em cada população. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia na determinação do sexo em brasileiros por meio do volume da coroa dentária. A amostra foi selecionada após a análise de 300 volumes de TCFC adquiridos no aparelho Picasso Trio[®], com os mesmos parâmetros de aquisição (80 kVp e 3.7mA) e tamanho de voxel (0.2mm). A amostra foi composta por 78 incisivos centrais superiores, 78 caninos superiores, 78 incisivos laterais inferiores e 78 caninos inferiores. Havia a mesma proporção entre indivíduos do sexo masculino e feminino com idades variando entre 8 e 36 anos. Um único examinador realizou a segmentação manual das coroas dentárias, utilizando o programa 3D slicer[®]. Após 15 dias, 20% da amostra foi reavaliada. Os dados foram analisados utilizando o teste de Mann-Whitney, o teste t não pareado, a correlação de Pearson, a regressão logística Backward Stepwise condicional e o coeficiente de correlação intraclass (ICC). As análises adotaram um nível de significância de 5%. O volume da coroa dentária foi significativamente maior nos indivíduos do sexo masculino. Não houve nenhuma relação entre a idade e o volume das coroas dentárias considerando todos os dentes juntos ou quando analisado cada dente separadamente. Quanto à acurácia na predição sexual, quando avaliados de forma isolada, o volume das coroas do incisivo central e canino, superiores, e do canino inferior permitiram, em média, um acerto de 64,1%, 74,4%, e 79,5%, respectivamente. O volume da coroa dentária do incisivo lateral inferior, apesar de possuir dimorfismo sexual, apresentou uma acurácia média de 59% o que é

muito próxima ao acaso, tendo por isso sido descartada a sua utilização para estimativa do sexo. A análise combinada do volume das coroas dentárias dos caninos, superior e inferior, permitiu uma acurácia, em média, de 83,7% na determinação correta do sexo. Análise conjunta do volume das coroas dentárias do canino e incisivo central, superiores, permitiu uma acurácia média de 76% e aquela avaliando o volume da coroa dentária dos quatro dentes em conjunto apresentou uma acurácia média de 64,1%. O ICC indicou reprodutibilidade excelente. Foi possível concluir que a análise combinada do volume das coroas dentárias dos caninos, superior e inferior, pode ser utilizada para a estimativa do sexo.

Palavras-Chave: Tomografia computadorizada de feixe cônico, coroas (Odontologia), sexo - diferenças.

ABSTRACT

Sex determination plays an important role in the solution of forensic cases, especially when it is necessary to identify a large number of victims. Usually the analysis of the skull and pelvis are used for this purpose. However, when these structures cannot be analyzed, sex estimation can be performed based on the teeth analysis as they are generally well preserved because of their greater resistance to postmortem destructive effects and because of their sexual dimorphism. The sexual dimorphism can be defined as the difference in size or appearance between males and females. However, the accuracy in determining sex depends on the degree of sexual dimorphism that varies in each population. Thus, the objective of this study was to evaluate the sex determination accuracy in Brazilians based on the crown dental volume. The sample was selected after the analysis of 300 CBCT scans acquired on Picasso Trio®, with the same acquisition parameters (80 kVp and 3.7mA) and voxel size (0.2mm). The sample was composed by 78 upper central incisors, 78 upper canines, 78 lower lateral incisors and 78 lower canines. There was the same proportion of males and females, aged between 8 and 36 years old. A single operator performed manual segmentation of the dental crowns on 3D slicer® software. After 15 days, 20% of the sample was reevaluated. The Mann-Whitney test, the unpaired t test, the Pearson correlation test, the conditional Backward Stepwise logistic regression and the intraclass correlation coefficient (ICC) were performed to analyze the data. A 5% level of significance was used. The males' crown volume was significantly greater than the females' crown volume. There was not a relationship between age and the dental crown volume when considering all teeth together or when analyzing each tooth separately. Regarding the sexual estimation accuracy, when the upper central incisor, the upper canine and the lower canine crown volumes were evaluated it was obtained the percentage of 64.1%, 74.4%, and 79.5%, respectively. Despite the presence of sexual dimorphism on the lower lateral incisor crown volume, it presented an average accuracy of 59%, which is very close to chance and because of that its use for the estimation of sex was discarded. The combined analysis of the upper and lower canines crown volume allowed an average accuracy of 83.7% for correct

sex determination. A combined analysis of the upper central incisor and the upper canine crown volumes allowed an average accuracy of 76%. When the four teeth were analyzed, an average accuracy of 64.1% was obtained. The ICC indicated excellent reproducibility. It could be concluded that the combined analysis of the upper and lower canines can be used to estimate sex.

Keywords: Cone-beam computed tomography, crowns (Dentistry), sex differences.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 ARTIGO: Volumetric assessment of the dental crown for sex estimation by means of cone-beam computed tomography	17
3 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	35
Apêndice 1: Materiais e Métodos Detalhados	38
ANEXOS	
Anexo 1 – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	45
Anexo 2 – Relatório de originalidade pelo software Turnitin	46
Anexo 3 - Comprovante de submissão do artigo	47

1 INTRODUÇÃO

A determinação do sexo possui um papel importante para a identificação forense (Acharya e Mainali, 2007), sendo geralmente o primeiro passo para o estabelecimento da identidade de restos humanos esqueletizados (Mostafa et al., 2012). Neste processo de identificação, as etapas posteriores que são a determinação da idade e estimativa da estatura, são dependentes do sexo (Indira et al., 2012). O seu estabelecimento se torna particularmente importante, por exemplo, em desastre em massa, onde há o envolvimento de grande número de vítimas (Banerjee et al., 2016), pois o número de confrontos necessários para a identificação reduz, uma vez que a comparação entre a documentação da pessoa desaparecida somente será realizada com aqueles corpos do mesmo sexo, tornando a busca mais focada e, conseqüentemente, mais rápida (Angadi et al., 2013; Filipovic et al., 2016). Desta forma a principal aplicação prática da estimativa de sexo é restringir a pesquisa ante mortem com base nas características post mortem disponíveis (Capitaneanu et al., 2017).

O estabelecimento do sexo pode ser realizado através da análise do ácido desoxirribonucleico (DNA) (Acharya e Mainali, 2007), no entanto usualmente é obtido pela análise das características da pelve e do crânio (De Angelis et al., 2015), uma vez que apresentam dimorfismo sexual, o qual pode ser definido como a diferença de tamanho e aparência entre os sexos (Banerjee et al., 2016), sendo esta diferença a base para determinação do sexo. No entanto, a acurácia desta depende grau do dimorfismo das estruturas analisadas, o que é inerente a cada população (Mostafa et al., 2012; Indira et al., 2012) principalmente quando as abordagens relacionadas ao tamanho de estruturas são consideradas (Ubelaker e DeGaglia, 2017).

A pelve é considerada a parte do esqueleto mais confiável para a determinação do sexo, com uma taxa de acerto acima de 95% (García-Campos et al., 2018; Dong et al., 2015). O crânio é considerada a segunda estrutura mais dimórfica apresentando uma acurácia na determinação do sexo de até 92% (Indira et al., 2012; Dong et al., 2015), sendo analisadas, por exemplo as cristas supra-orbitais, processo mastoide e glabella, sendo estas estruturas geralmente maiores e mais robustas no sexo masculino (Bulut et al., 2016; Ubelaker e DeGaglia, 2017). No entanto, não é incomum nos casos de desastre em massa,

que estas estruturas não possam ser avaliadas, em virtude da extrema fragmentação, carbonização do esqueleto ou pelo fato de não estarem disponíveis para análise (De Angelis et al., 2015). Nas duas primeiras situações, os testes genéticos também são inviabilizados, em virtude da alta degradação do DNA, não permitindo produzir um perfil confiável (Fondevila et al., 2008).

Neste contexto, os dentes assumem valor importante, uma vez que a estrutura dentária é considerada um dos componentes do corpo humano mais resistentes aos efeitos destrutivos *post mortem*, seja pela sua composição química (Acharya and Mainali, 2007; Banerjee et al., 2016; Peckmann et al., 2016; Filipovic et al., 2016; Angadi et al., 2013; García-Campos et al., 2018), seja pela proteção conferida pelas estruturas orofaciais (Bagdey et al., 2014; García-Campos et al., 2018), sendo por isso o elemento mais frequentemente recuperado (López-Lázaro et al., 2018). Com intuito de se identificar a presença de dimorfismo sexual na estrutura dentária e usá-la para a determinação do sexo, estudos foram desenvolvidos para analisar características métricas, tais como tamanho da coroa dentária e comprimento radicular e características não métricas (características morfológicas) (Capitaneanu et al., 2017).

Com relação às características métricas, estudos tem investigado as medidas lineares das coroas dentárias, com maior foco sendo dado às dimensões bucolingual e mesiodistal, tendo sido constatado que os dentes podem fornecer uma contribuição relevante graças ao seu dimorfismo sexual (Banerjee et al., 2016), manifestado pela diferença de diâmetro destas duas dimensões da coroa dentária, com o sexo masculino geralmente apresentando o maior diâmetro (Pettenati-Soubayroux et al., 2002; Acharya e Mainali, 2008; Adler e Donlon, 2010; Pereira et al., 2010; Angadi et al., 2013; Filipovic et al., 2016; Banerjee et al., 2016). Nos estudo realizados utilizando as medidas lineares, os caninos são frequentemente citados como exibindo maior dimorfismo sexual quando comparados aos demais dentes (Işcan and Kedici, 2003; Acharya and Mainali, 2007; Angadi et al., 2013; Banerjee et al., 2016; Capitaneanu et al., 2017; Filipovic et al., 2016). Este fato tem uma explicação com base evolutiva onde esta característica representa um remanescente da função de caça desempenhada pelos primatas do sexo masculino (Angadi et al., 2013). Além destes dentes, os incisivos superiores (Pettenati-Soubayroux et al., 2002; Alam et al., 2015, Capitaneanu et al., 2017, Filipovic et al., 2016) e os

incisivos inferiores também são frequentemente citados como dentes dimórficos (Filipovic et al., 2016; Capitanianu et al., 2017). Os incisivos e caninos permanentes tanto da maxila quanto da mandíbula apresentam vantagem quanto a estimativa de sexo, uma vez que eles são frequentemente os que permanecem por mais tempo na cavidade bucal e são menos afetados por doença periodontal (Peckmann et al., 2016) e lesão de cárie (Tardivo et al., 2011) quando comparados com os dentes posteriores.

Apesar da presença de dimorfismo sexual nas medidas lineares, os estudos realizados não obtiveram resultados adequadamente consistentes de forma a usá-las como um único indicador de sexo, mas sim como um auxiliar nesta função (Acharya e Mainali, 2008), uma vez que a acurácia alcançada neste estudo não atingiu 80% que é considerado o percentual mínimo para que as metodologias científicas utilizadas pelos peritos satisfaçam os critérios de admissibilidade de Mohan e Daubert como prova perante a justiça (Peckmann et al., 2016).

Diante disso, estudos foram realizados com intuito de se verificar a presença de dimorfismo sexual no volume dentário (Ma et al., 2013; De Angelis et al., 2015; García-Campos et al., 2018) e a sua acurácia na determinação do sexo (De Angelis et al., 2015; García-Campos et al., 2018). Apesar de ter se mostrado como uma metodologia promissora, no estudo realizado por Ma e colaboradores (2013) não foi avaliada a acurácia na determinação do sexo, mas apenas verificada a presença de dimorfismo sexual no volume da coroa dentária. No estudo realizado por De Angelis e colaboradores (2015) não foi medida a confiabilidade intraexaminador que segundo os critérios de admissibilidade de Mohan e Daubert deve atingir uma taxa de erro inferior a 10% (Peckmann et al., 2016) e no estudo realizado por Garcia-Campos e colaboradores (2018) foi utilizada microtomografia a qual não pode ser aplicada na prática forense, principalmente quando se trata de um grande número de vítima como no caso de desastres em massa.

O uso de imagens de tomografia computadorizada, visando a mensuração de volume, é um método acurado (Ahlowalia et al., 2013) e a sua utilização para avaliação da coroa dentária torna-se extremamente importante naqueles casos em que a estrutura dentária está fragilizada como, por exemplo, na carbonização (Bagdey et al., 2014) uma vez que esta tecnologia permite a

análise necessária sem que haja manipulação do dente, uma vez que não requer a sua extração como ocorre para a realização de radiografia periapical com o feixe incidente perpendicular ao dente e receptor de imagem (Tardivo et al., 2011), o que poderia acarretar sua destruição e consequente perda de informação, sendo a manutenção de sua integridade fundamental para o estabelecimento da identidade da vítima (Reesu et al., 2015). Além disto, com o aumento do uso da virtopsia que trata-se de uma necropsia virtual onde é utilizada a medicina forense, patologia, radiologia, processamento de imagem, física e biomecânica (Joseph et al., 2019), este método poderia ser facilmente utilizado na prática forense (Tardivo et al., 2011).

Até onde se tem conhecimento, tal avaliação ainda não foi realizada na população brasileira o que se torna importante, uma vez que o grau de dimorfismo sexual é variável entre as populações (Mostafa et al., 2012; Indira et al., 2012), sendo que estas diferenças ocorrem principalmente quando são consideradas abordagens relacionadas ao tamanho das estruturas. (Ubelaker e DeGaglia, 2017). Desta forma, o objetivo no presente estudo foi estimar o sexo por meio do volume da coroa dentária em uma amostra da população brasileira.

2 ARTIGO

Esse artigo foi submetido à apreciação, visando publicação, ao periódico “Forensic Science Internacional”, considerado Qualis A2 pela CAPES. A formatação do artigo baseou-se nas “Instruções aos Autores” preconizadas pela editora do periódico.

VOLUMETRIC ASSESSMENT OF THE DENTAL CROWN FOR SEX ESTIMATION BY MEANS OF CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY

Running title: Dental crown volumetric assessment for sex estimation

Original article

Corresponding author:

Daniele Manhães Caldas

University of Campinas. Piracicaba Dental School, Department of Oral Diagnosis.

Av.Limeira, 901, Zip Code 13414-903, Piracicaba, São Paulo, Brazil.

Phone: +55 – 19 – 2106-5327

E-mail: manhaes.caldas@gmail.com

ABSTRACT

Sex determination has an important role in the solution of forensic cases, when the identification of a large number of victims is needed. Considering the sexual dimorphism of the human teeth, the objective of this study was to determine human sex in a Brazilian population by means of CBCT-based volumetric assessment of the dental crown. A total of 312 teeth composed of four groups of 78 upper central incisors, upper and lower canines, and lower lateral incisors were equally selected from patients of both sexes and aged between 8 and 36 years. All teeth were CBCT scanned and the dental crowns were subjected to image-based volumetric assessment by manual segmentation using the 3D slicer[®] software, and the outcomes were compared by the Mann-Whitney test, unpaired t test, Pearson correlation test, conditional backward stepwise logistic regression and intraclass correlation coefficient ($\alpha=0.05$). The volumetric accuracy of the upper canine, upper central incisor and lower canine for sex determination were 74.4%, 64.1% and 79.5%, respectively. The combined analysis of the upper and lower canines allowed an average accuracy of 83.7%. In conclusion, the combined volumetric analysis of the upper and lower canines' crowns could be used for sex estimation.

Keywords: Cone-beam computed tomography, crowns (Dentistry), sex differences.

1.Introduction

Sex determination has an important role for forensic identification [1], and it is generally the first step for establishing the identity of skeletal human remains [2]. Its establishment becomes particularly important, for example, in mass disasters, when many victims are involved [3]. When the sex is established, the identification process is reduced, since the comparison between the missing person's documentation will only be performed with those same sexed bodies, so the search becomes more focused [4,5].

The establishment of sex can be accomplished by the deoxyribonucleic acid (DNA) analysis [1]. However, it is usually obtained by analyzing the pelvis and skull [6]. The pelvic analysis allows a hit rate above 95% [7,8]. The cranium is considered the second most dimorphic structure allowing a sex determination accuracy of up to 92% [8,9]. Males generally have larger and more robust, supraorbital crests, mastoid process and glabella for example. [10,11]. However, when mass disasters occur it is not uncommon that these structures cannot be assessed because of extreme fragmentation, carbonization of the skeleton or because they are not available for analysis [6]. In the first two situations, the genetic tests are also unfeasible, due to the high DNA degradation, not allowing to produce a reliable profile [12].

In this context, teeth has an important role, since its structure is considered one of the most resistant components of the human body with regard to destructive *post mortem* effects, because of its chemical composition [1,3,7,13], and the protection provided by orofacial structures [7,13,14], therefore it is the most frequently recovered element [15].

In order to use teeth for sex determination, studies have investigated linear measurements of dental crowns, with greater focus to buccolingual and mesiodistal dimensions. It was found that human teeth provide a relevant contribution due to their sexual dimorphism [3]. Generally, male teeth have larger diameter [3,4,5,16-19].

Despite the sexual dimorphism of the linear measurements, studies did not obtain consistent results to use them as a single sex indicator, but rather as an aid to this end [17]. Their accuracy did not reach 80%, which is considered

the minimum percentage to meet the criteria of Mohan and Daubert for admissibility as evidence in court [20].

The use of computed tomography images for volumetric assessment is an accurate method [21] and its use for dental crown evaluation becomes extremely important in those cases where the dental structure is fragile such as carbonization [14] since this technology allows the necessary analysis of the tooth without touching it, which could lead to its destruction and consequently loss of information that could interfere with the establishment of the victim's identity. Maintaining its integrity is fundamental for the establishment of the victim's identity [22]. In addition, with the increased use of virtopsy which is a virtual autopsy that uses forensic medicine, pathology, radiology, image processing, physics, and biomechanics [23], this method could be easily used in forensic practice [24]. As far as we know, such evaluation has not yet been performed in the Brazilian population, which becomes important, since the degree of sexual dimorphism varies among populations [2,9].

The objective of the present study was to estimate human sex in a Brazilian population by means of CBCT-based volumetric assessment of the dental crown.

2.Materials and Methods

2.1Sample

After the approval by the local institutional research ethics committee (protocol CAAE 85287418.0.0000.5418), 300 volumes of cone-beam computed tomography (CBCT) of patients aged between 7 and 42 years old were assessed. After that, the final sample was composed of good quality images of 78 upper central incisors, 78 upper canines, 78 lower lateral incisors and 78 lower canines, from both sides and with equal proportion between males and females, aged between 8 and 36 years old. The teeth included in this study had to be permanent, fully erupted, sound and, if an incisal wear was present, it had to be limited to enamel. The exclusion criteria were the presence of orthodontic appliances, caries lesions, restorations, dental shape and size abnormalities. All

CBCT scans were obtained with the Picasso Trio unit (Vatech, Hwaseong, South Korea), adjusted at 80 kVp, 3.7 mA and voxel size of 0.2 mm. The reconstructed CBCT images were exported to DICOM file format.

2.2 Region of interest (ROI) selection and segmentation

The CBCT volumes were imported into the 3D Slicer software, version 4.8.1. [25]. Each tooth was reoriented with long axis parallel to the vertical plane in both sagittal and coronal reconstruction.

On the sagittal reconstruction, the axial plane that intercepted the most apical extension of the enamel on the buccal or lingual/palatine surface was established as the cervical margin of the dental crown, above which all tooth structure was defined as crown, as described by Ma et al. [26]. The ROI included the total volume of the dental crown, including enamel, dentin and pulp chamber) (see Fig.1).

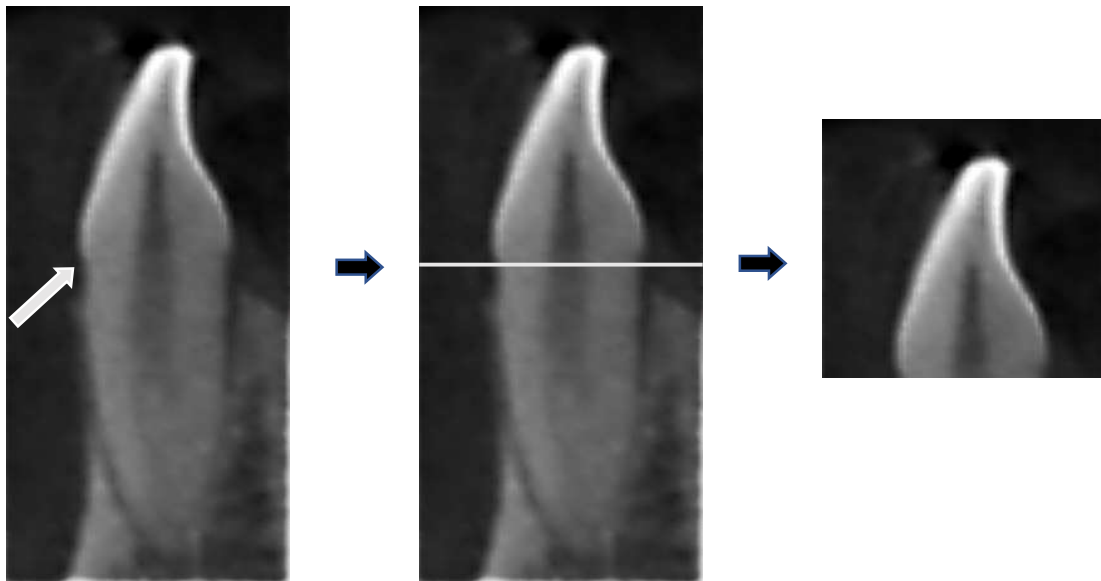


Figure 1 – The sagittal reconstruction was used to select the axial reconstruction above which the dental structure was defined as crown.

A single operator obtained the volume of the dental crown by using manual segmentation, in which the external dental outline was delineated in the axial reconstruction creating an ROI every 3 axial reconstructions from the cervical margin up to the incisal border, then the tool "Fill between slices" was

used to obtain the final segmented volume (see Fig.2).

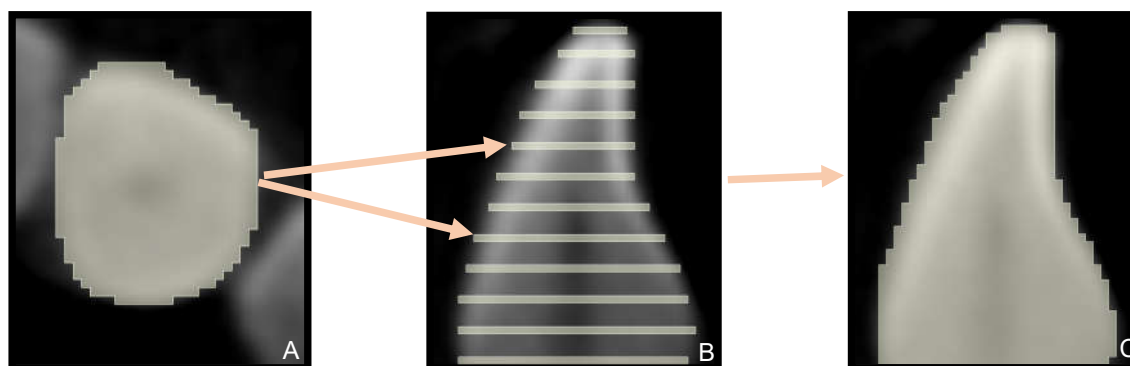


Figure 2 – Manual segmentation. A: ROI selection on axial slice; B: ROI selection every 3 axial reconstructions; C: final segmentation

2.3 Statistical analysis

The statistical analysis was performed using the Graphpad Prism 7.0 software (GraphPad Software, La Jolla, Ca, USA) and Bioestat 5.0 software (Instituto Mamiraua, Belém, PA, Brazil). The Mann-Whitney test was used to observe whether there was a difference in age between males and females and to evaluate the volume of dental crowns according to sex without considering the types of teeth analyzed. The unpaired t-test was used to analyze if there was influence of the sex on the dental crown volume of the dental types. The influence of the sexes was observed on separate and combined way. The Pearson's correlation test was used to show the relationship between age and volume of dental crowns considering all teeth together or separated. The backward stepwise logistic regression was used to determine sex by evaluating each tooth separately and in a combined way.

In order to estimate intra-examiner reliability, 20% of the sample was reassessed after 15 days and the result was analyzed using the intraclass correlation coefficient (ICC). The level of significance was set at 5% for all tests ($\alpha = 0.05$).

3.Results

An excellent intraobserver agreement (ICC = 0.9987, $p < 0.0001$) was

observed. There was not a statistically significant difference in age (Mann-Whitney, $p=0.8976$) between males (23.9 ± 5.8 years) and females (23.9 ± 5.7 years).

There was a statistically significant ($p < 0.0001$) difference between the sexes when the volume of the dental crown of all teeth were analyzed together. (see Fig.3)

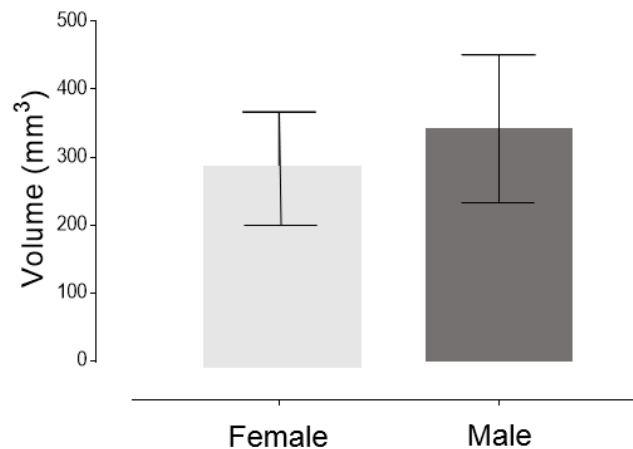


Fig 3. Median and standard deviation of all dental crown volume

The unpaired t test showed that when teeth type was separately analyzed there was a statistically significant difference between sexes (upper central incisor - $p=0.0009$; lower lateral incisor - $p=0.0345$; lower canines - $p < 0.0001$; upper canines - $p < 0.0001$). The Pearson correlation test (rP) showed that there was not a relationship between age and the dental crown volume when all teeth were considered together ($rP=-0.07$, $p=0.2020$), and separately (lower canine - $rP=-0.002$, $p=0.9890$; upper canine - $rP=0.02$, $p=0.846$; lower lateral incisors - $rP=-0.054$, $p=0.640$ and upper central incisors - $rP=0.024$, $p=0.835$).

The analysis of the volume of all teeth showed that males have statistically larger dental crown than females ($p < 0.0001$). This sexual dimorphism was also observed when the teeth were analyzed separately (Fig. 4). The dental crown volume of the lower ($p < 0.0001$) and upper canines ($p < 0.0001$) showed the largest difference between males and females, followed by the upper central incisors ($p = 0.0009$) and the lower lateral incisors ($p = 0.0345$).

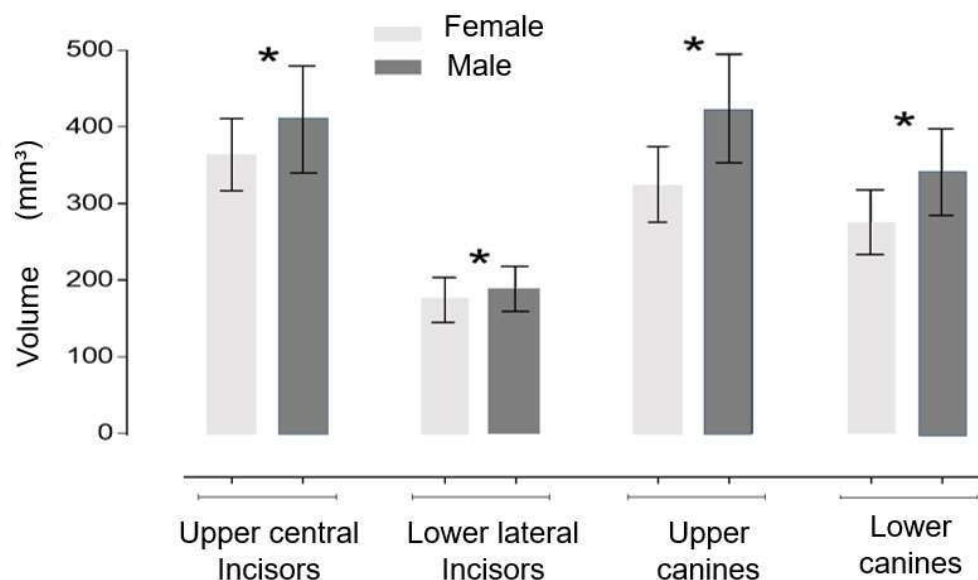


Fig 4. Mean and standard deviation of each dental crown volume. * statistically significant differences ($p < 0.05$).

The logistic regression was performed by the backward stepwise conditional method, considering that the chance to hit the individual's sex would be of 50%. The model considering the age and crown volume of the upper central incisor showed that the dental crown volume was significant (chi-square, $p = 0.0024$) but when considering age, it was not ($p = 0.9449$). The obtained accuracy for sex estimation was 64,1%, considering the 0.5 cut-off value (greater than and equal to 0.5 was considered male).

Despite the fact that the lower lateral incisors crown volume presented sexual dimorphism, the model revealed not to be significant (chi-square, $p = 0.0976$). For this model age was not significant ($p = 0.8883$) and the model allowed the correct sex determination in 59.0% of the cases. Being this value very close to chance, this model was discarded.

In relation to the lower canine the model considering the dental crown volume showed to be significant (chi-square, $p < 0.0001$), but when considering age, it was not ($p = 0.9571$). The analysis allowed the accuracy indices of 79.5%. This logistic regression model generated the following formula (considering male sex = 1 and female = 0): $\text{Sex} = -9.32 + (0.031 \times \text{volume})$. If the formula has a value greater than 0.5, the sex will be male and, on the contrary, female.

When analyzing the upper canine crown volume, the model considering dental crown volume was also significant (chi-square, $p < 0.0001$), but when considering age, it was not significant ($p = 0.7118$) and the model allowed

the sex determination accuracy of 74.4%. The logistic regression model of the upper canine generated the following formula (considering males = 1 and females = 0): $\text{sex} = -10.21 + (0.028 \times \text{volume})$. If the formula has a value greater than 0.5, the sex will be male and, on the contrary, female.

Regarding the combined evaluation of all four teeth together the constructed model showed that age was not significant ($p=0.6806$), but it showed to be significant when analyzing the crown volume of all four teeth together, allowing to obtain a mean sex score of 64.1% over all 312 analyzed teeth (156 of each sex). It was observed that, although the model was significant (chi-square, $p<0.0001$), it did not produce any improvement on the estimation indices (64.1%) when compared to the upper central incisor (64.1%).

A combined analysis of the upper and lower canines crown volume was performed to estimate the correct sex. It was obtained a mean of 83.7%. In the same way, a combined analysis of the upper canine and the upper central incisor crown volume was performed and reached a correct sex estimation mean of 76% (see Table 1)

Table 1 – Accuracy regarding sex determination for each tooth and on the combined analyzes

Teeth	Females	Males	Mean
LC	84,6%	74,3%	79,5%
UC	76,9%	71,8%	74,4%
UCI	74,4%	53,8%	64,1%
LLI	64,1%	53,8%	59%
UCI + LLI + UC + LC	61,5%	66,7%	64,1%
UC + UCI	93,1%	52,4%	76%
UC + LC	92%	72,2%	83,7%

LC – Lower Canine; UC –Upper Canine; UCI – Upper Central Incisor; LLI – Lower Lateral Incisor.; + combined analysis

4. Discussion

Sex determination is one of the most crucial steps on the human identification process and teeth are a potential source of sexual dimorphism. In this study, statistically significant difference was found between males and females with regard to the dental crown volume, which is in agreement with the studies performed by Iscan and Kedici [27], Pereira et al. [18], Pamecha and Dayakara [28], Angadi et al. [4], Alam et al. [29], De Angelis et al. [6], Capitaneanu et al. [30]. This greater size of male dental crown can be explained by the fact that the Y chromosome promotes both amelogenesis and dentinogenesis, whereas the X chromosome only influences amelogenesis [31-33] this affirmation is corroborated by the results of the studies performed by Ma et al [26] and Garcia-Campos et al. [7] that showed male teeth with greater dentin volume than female teeth whereas enamel volume does not contribute to sexual dimorphism. It is also mentioned the role of sex hormones as a factor that could cause dental dimorphism, although this seems to be limited [34]. However, although the male teeth tend to have larger crowns than female teeth, there is a large area of overlap between the two of them [5] that was observed in the present study (see Fig 1). In this way it is not possible within the forensic field to say with absolute certainty that an isolated tooth or some individual teeth can be identified as male or female [5].

The canines generally are reported to have the highest sexual dimorphism in studies using linear dental crown measurements [1, 3, 4, 5, 27, 30] when compared with other dental groups. Our results corroborate with this fact, but they differ from those found by Manchanda et al. [35] in which sex dimorphism of the diagonal measurements was higher on the upper central incisor crowns than on the canine crowns. This fact may be related to the method used to carry out these measurements, since the studies performed by Iscan and Kedici [27]; Acharya e Mainali [1]; Angadi et al. [4]; Banerjee et al. [3]; Capitaneanu et al. [30]; Filipovic et al. [5] used linear measurement that showed to be more accurate than diagonal measurements

When analyzed separately, in the present study, the lower canine crown volume reached the highest sexual dimorphism. This fact corroborates the

studies conducted by Pamecha e Dayakara [28], Angadi et al. [4] and Alam et al. [29]. However, it contrasts to the study developed by Filipovic et al. [5] and Pettenati-Soubayroux et al. [16]. This fact could be explained because of the different degree of sexual dimorphism among different populations [2,9]. The first two studies assessed the Indian population, the third of Bangladesh. Filipovic et al. [5] studied the Serbian population and Pettenati-Soubayroux et al. [16] the French one. This difference between populations is explained as the result of interactions of genetic and environmental influences that produces different magnitudes of sex dimorphism [1] [2,5,9,29]. These differences occur mainly when considering approaches related to the structure size [11]. Mandibular canines are important in sex determination, since they are more resistant to periodontal disease and to severe trauma [7] and because of that they can be considered key teeth for sex determination [5]. Regarding the sex estimation accuracy, the lower canine crown volume reached an average of 79.5%, that was similar to the result obtained on the volumetric study performed by García-Campos et al. [7] that reached 80.50%, whereas in the study using diagonal measurements performed by Manchanda et al [35], it was obtained a lower accuracy, reaching an average value of 62.5%. It could be explained by the applied methodology.

The upper canine crown volume, in the present study, allowed a mean accuracy value of 74.4% that was similar to the result obtained by Işcan and Kedici [27] that reached 77% and used linear measurements and evaluated the Turkish population. But it was greater than the result achieved by Manchanda et al. [35] and Peckmann et al. [20] which obtained the accuracy of 63.5% and 66%, respectively. On the study performed by Manchanda et al. [35] this lower accuracy could be explained by the applied methodology (diagonal measurements). Regarding the result obtained by Peckmann et al. [20] that evaluated the Chilean population, the lower accuracy could be explained by the difference of the sexual dimorphism degree observed among different populations.

Regarding the upper central incisor in our study it was found to be dimorphic and our result corroborates the ones developed by Peckmann et al. [20], Manchanda et al. [35] and Banerjee et al. [3]. The sex prediction accuracy in our study reached an average of 64.1%, being close to the one obtained by the

studies performed on Peckmann et al. [20] study (60 ,1%) and Manchanda et al. [35] (67 to 80%). The study performed by Banerjee et al. [3], did not evaluate the sex dimorphism accuracy.

Regarding the lower lateral incisor analysis, on the present study, it was verified the presence of sexual dimorphism, however this was not significant enough to estimate sex, because the dimorphism degree was low. Our result agrees with those obtained on the study performed by Filipovic et al. [5] that found sexual dimorphism on the teeth of the Serbian population, but it was not evaluated the accuracy of sex estimation. Our results differ from those found by Işcan and Kedici, [27] that studied the Turkish population and Patil et al. [36] that studied the Indian population. On these studies the authors did not find the lower lateral incisor to be dimorphic probably because the different populations that were evaluated on each study.

Studies indicate that the combined analysis results greater sex estimation accuracy [1, 4, 20, 29]. This was corroborated by our results that exhibited a significant contribution of the combined canines' crowns volumes that allowed an accuracy mean of 83.7% which can be used to sex estimation since it fulfills the Mohan e Daubert admissibility criteria that demands a minimum of 80% accuracy and a maximum of 10% error rate to be used as evidence in court [20]. However, any studies were found on literature evaluating the canines combined (UC+LC) for sex estimation. The combined evaluation of the crown volume of the upper canine and the upper central incisor showed to be slightly higher (76%) than the isolated canine crown volume analysis (74.4%). However, it was significantly higher than the isolated upper central incisor crown volume analysis (64.1%). Our results were similar to the one obtained by Karaman (75%) [37], but it was higher than the accuracy obtained by Peckmann et al. (66,7%) [20]. It might be due to the population analyzed.

In all cases, except for the four teeth combined evaluation, the females showed a more accurate sex estimation. This fact was also observed on the studies conducted by Işcan and Kedici [27], Acharya and Mainali [1], Pereira et al. [18], Angadi et al. [4] e Garcia-Campos et al. [7]. It could be explained by the lower variability regarding the female mean tooth size. Our results do not corroborate the results observed by De Angelis et al. [6]. On this study the sex estimation accuracy was greater on males probably because of the lower

variability of male tooth size observed on the evaluated Italian population. It is suggested that the higher male sexual features variability might be due to the retention of vestigial features. Adult male primates show two sexually mature morphotypes: the dominant males have strong secondary sexual features, the other males retain a subadult body form. Whereas the females have only one sexually mature morphotype [38]

5.Conclusion

The combined volumetric analysis of the upper and lower canines' crowns could be applied for sexual estimation in the Brazilian population.

REFERENCES

- [1] A.B. Acharya, S. Mainali, Univariate sex dimorphism in the Nepalese dentition and the use of discriminant functions in gender assessment., *Forensic Sci. Int.* 173 (2007) 47–56.
- [2] E.M. Mostafa, A.H. El-Ellemi, M.A. El-Beblawy, A.E.-W.A. Dawood, Adult sex identification using digital radiographs of the proximal epiphysis of the femur at Suez Canal University Hospital in Ismailia, Egypt, Egypt. *J. Forensic Sci.* 2 (2012) 81–88.
- [3] A. Banerjee, V. V Kamath, K. Satelur, K. Rajkumar, L. Sundaram, Sexual dimorphism in tooth morphometrics: An evaluation of the parameters., *J. Forensic Dent. Sci.* 8 (2016) 22–7.
- [4] P. V. Angadi, S. Hemani, S. Prabhu, A.B. Acharya, Analyses of odontometric sexual dimorphism and sex assessment accuracy on a large sample., *J. Forensic Leg. Med.* 20 (2013) 673–7.
- [5] G. Filipovic, T. Kanjevac, B. Cetenovic, Z. Ajdukovic, N. Petrovic, Sexual Dimorphism in the Dimensions of Teeth in Serbian Population., *Coll. Antropol.* 40 (2016) 23–8.

- [6] D. De Angelis, D. Gibelli, D. Gaudio, F. Cipriani Noce, N. Guercini, G. Varvara, E. Sguazza, C. Sforza, C. Cattaneo, Sexual dimorphism of canine volume: a pilot study., *Leg. Med. (Tokyo)*. 17 (2015) 163–6.
- [7] C. García-Campos, M. Martín-Torres, L. Martín-Francés, M. Martínez de Pinillos, M. Modesto-Mata, B. Perea-Pérez, C. Zanolli, E. Labajo González, J.A. Sánchez Sánchez, E. Ruiz Mediavilla, C. Tuniz, J.M. Bermúdez de Castro, Contribution of dental tissues to sex determination in modern human populations., *Am. J. Phys. Anthropol.* 166 (2018) 459–472.
- [8] H. Dong, M. Deng, W. Wang, J. Zhang, J. Mu, G. Zhu, Sexual dimorphism of the mandible in a contemporary Chinese Han population., *Forensic Sci. Int.* 255 (2015) 9–15.
- [9] A.P. Indira, A. Markande, M.P. David, Mandibular ramus: An indicator for sex determination - A digital radiographic study., *J. Forensic Dent. Sci.* 4 (2012) 58–62.
- [10] O. Bulut, A. Petaros, İ. Hizliol, S.K.T.S. Wärmländer, B. Hekimoglu, Sexual dimorphism in frontal bone roundness quantified by a novel 3D-based and landmark-free method., *Forensic Sci. Int.* 261 (2016) 162.e1-5.
- [11] D.H. Ubelaker, C.M. DeGaglia, Population variation in skeletal sexual dimorphism, *Forensic Sci. Int.* 278 (2017) 407.e1-407.e7.
- [12] M. Fondevila, C. Phillips, N. Naveran, L. Fernandez, M. Cerezo, A. Salas, A. Carracedo, M. V. Lareu, Case report: identification of skeletal remains using short-amplicon marker analysis of severely degraded DNA extracted from a decomposed and charred femur., *Forensic Sci. Int. Genet.* 2 (2008) 212–8.
- [13] P.S. Prasad K, Teeth in Fire - Morphologic and Radiographic Alterations: An In Vitro Study, *J. Forensic Res.* 06 (2015) 2–5.
- [14] S.P. Bagdey, R.B. Moharil, A.M. Dive, S. Thakur, A. Bodhade, A.A. Dhobley, Effect of various temperatures on restored and unrestored teeth: A forensic study., *J. Forensic Dent. Sci.* 6 (2014) 62–6.
- [15] S. López-Lázaro, I. Alemán, J. Viciano, J. Irurita, M.C. Botella, Sexual dimorphism of the first deciduous molar: A geometric morphometric approach., *Forensic Sci. Int.* 290 (2018) 94–102.

- [16] I. Pettenati-Soubayroux, M. Signoli, O. Dutour, Sexual dimorphism in teeth: discriminatory effectiveness of permanent lower canine size observed in a XVIIIth century osteological series., *Forensic Sci. Int.* 126 (2002) 227–32.
- [17] A.B. Acharya, S. Mainali, Are dental indexes useful in sex assessment?, *J. Forensic Odontostomatol.* 26 (2008) 53–9.
- [18] C. Pereira, M. Bernardo, D. Pestana, J.C. Santos, M.C. de Mendonça, Contribution of teeth in human forensic identification--discriminant function sexing odontometrical techniques in Portuguese population., *J. Forensic Leg. Med.* 17 (2010) 105–10.
- [19] C.J. Adler, D. Donlon, Sexual dimorphism in deciduous crown traits of a European derived Australian sample., *Forensic Sci. Int.* 199 (2010) 29–37.
- [20] T.R. Peckmann, C. Logar, C.E. Garrido-Varas, S. Meek, X.T. Pinto, Sex determination using the mesio-distal dimension of permanent maxillary incisors and canines in a modern Chilean population, *Sci. Justice.* 56 (2016) 84–89.
- [21] M.S. Ahlowalia, S. Patel, H.M.S. Anwar, G. Cama, R.S. Austin, R. Wilson, F. Mannocci, Accuracy of CBCT for volumetric measurement of simulated periapical lesions., *Int. Endod. J.* 46 (2013) 538–46.
- [22] G.V. Reesu, J. Augustine, A.B. Urs, Forensic considerations when dealing with incinerated human dental remains., *J. Forensic Leg. Med.* 29 (2015) 13–7.
- [23] T.I. Joseph, K.L. Girish, P. Sathyan, M.S. Kiran, S. Vidya, Virtopsy: An integration of forensic science and imageology., *J. Forensic Dent. Sci.* 9 (2019) 111–114.
- [24] D. Tardivo, J. Sastre, M. Ruquet, L. Thollon, P. Adalian, G. Leonetti, B. Foti, Three-dimensional modeling of the various volumes of canines to determine age and sex: a preliminary study., *J. Forensic Sci.* 56 (2011) 766–70.
- [25] A. Fedorov, R. Beichel, J. Kalpathy-Cramer, J. Finet, J.-C. Fillion-Robin, S. Pujol, C. Bauer, D. Jennings, F. Fennessy, M. Sonka, J. Buatti, S. Aylward, J. V. Miller, S. Pieper, R. Kikinis, 3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network., *Magn. Reson. Imaging.* 30 (2012) 1323–41.

- [26] J.-L. Ma, S.-Z. Shi, Y. Ide, H. Saka, S. Matsunaga, H. Agematsu, Volume measurement of crowns in mandibular primary central incisors by micro-computed tomography., *Acta Odontol. Scand.* 71 (2013) 1032–7.
- [27] M.Y. Işcan, P.S. Kedici, Sexual variation in bucco-lingual dimensions in Turkish dentition., *Forensic Sci. Int.* 137 (2003) 160–4.
- [28] S. Pamecha, H.R. Dayakara, Comparative measurement of mesiodistal width of six anterior maxillary and mandibular teeth in rajasthan population., *J. Indian Prosthodont. Soc.* 12 (2012) 81–6.
- [29] M.K. Alam, M.F. Khamis, S.N. Malik, Sex determination based on mesiodistal tooth width in Bangladeshi population, *Int. Med. J.* 22 (2015) 181–183.
- [30] C. Capitaneanu, G. Willems, R. Jacobs, S. Fieuws, P. Thevissen, Sex estimation based on tooth measurements using panoramic radiographs., *Int. J. Legal Med.* 131 (2017) 813–821.
- [31] E.C. Lau, T.K. Mohandas, L.J. Shapiro, H.C. Slavkin, M.L. Snead, Human and mouse amelogenin gene loci are on the sex chromosomes., *Genomics.* 4 (1989) 162–8.
- [32] L. Alvesalo, E. Tammisalo, G. Townsend, Upper central incisor and canine tooth crown size in 47,XXY males., *J. Dent. Res.* 70 (1991) 1057–60.
- [33] L. Alvesalo, Sex chromosomes and human growth. A dental approach., *Hum. Genet.* 101 (1997) 1–5.
- [34] D. Guatelli-Steinberg, P.W. Sciulli, T.K. Betsinger, Dental crown size and sex hormone concentrations: another look at the development of sexual dimorphism., *Am. J. Phys. Anthropol.* 137 (2008) 324–33.
- [35] A.S. Manchanda, R.S. Narang, S.S. Kahlon, B. Singh, Diagonal tooth measurements in sex assessment: A study on North Indian population., *J. Forensic Dent. Sci.* 7 (2015) 126–31.
- [36] K. Patil, P.. Rani, V. Prathibha, Bucco-lingual dimension of teeth - An aid in sex determination, *J. Forensic Dent. Sci.* 1 (2009) 88.
- [37] F. Karaman, Use of diagonal teeth measurements in predicting gender in a Turkish population., *J. Forensic Sci.* 51 (2006) 630–5.
- [38] J.M. Plavcan, Sexual size dimorphism, canine dimorphism, and male-male competition in primates: where do humans fit in?, *Hum. Nat.* 23 (2012) 45–67.

- [39] B. Rastegar, G. Odri, R. Olszewski, Validation of a windowing protocol for accurate in vivo tooth segmentation using i-CAT cone beam computed tomography, *Adv. Clin. Exp. Med.* 27 (2018) 1001–1008.
- [40] E.F. Harris, L.R. Lease, Mesiodistal tooth crown dimensions of the primary dentition: a worldwide survey., *Am. J. Phys. Anthropol.* 128 (2005) 593–607.
- [41] A. Galibourg, J. Dumoncel, N. Telmon, A. Calvet, J. Michetti, D. Maret, Assessment of automatic segmentation of teeth using a watershed-based method, *Dentomaxillofacial Radiol.* 47 (2018).

3. CONCLUSÃO

Nossos resultados mostraram que a análise volumétrica das coroas dentarias dos caninos superiores e inferiores podem ser aplicadas para determinação do sexo na população brasileira.

REFERÊNCIAS*

- Acharya AB, Mainali S. Univariate sex dimorphism in the Nepalese dentition and the use of discriminant functions in gender assessment. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2007 Nov 15;173(1):47–56.
- Acharya AB, Mainali S. Are dental indexes useful in sex assessment? *J Forensic Odontostomatol* [Internet]. 2008 Dec 1;26(2):53–9.
- Adler CJ, Donlon D. Sexual dimorphism in deciduous crown traits of a European derived Australian sample. *Forensic Sci Int* [Internet]. Elsevier Ireland Ltd; 2010 Jun 15;199(1–3):29–37.
- Ahlowalia MS, Patel S, Anwar HMS, Cama G, Austin RS, Wilson R, et al. Accuracy of CBCT for volumetric measurement of simulated periapical lesions. *Int Endod J* [Internet]. 2013 Jun;46(6):538–46.
- Alam MK, Khamis MF, Malik SN. Sex determination based on mesiodistal tooth width in Bangladeshi population. *Int Med J*. 2015;22(3):181–3.
- Angadi P V., Hemani S, Prabhu S, Acharya AB. Analyses of odontometric sexual dimorphism and sex assessment accuracy on a large sample. *J Forensic Leg Med* [Internet]. Elsevier Ltd; 2013 Aug;20(6):673–7.
- De Angelis D, Gibelli D, Gaudio D, Cipriani Noce F, Guercini N, Varvara G, et al. Sexual dimorphism of canine volume: a pilot study. *Leg Med (Tokyo)* [Internet]. Elsevier Ireland Ltd; 2015 May;17(3):163–6.
- Bagdey SP, Moharil RB, Dive AM, Thakur S, Bodhade A, Dhobley AA. Effect of various temperatures on restored and unrestored teeth: A forensic study. *J Forensic Dent Sci* [Internet]. 2014 Jan;6(1):62–6.
- Banerjee A, Kamath V V, Satelur K, Rajkumar K, Sundaram L. Sexual dimorphism in tooth morphometrics: An evaluation of the parameters. *J Forensic Dent Sci* [Internet]. 2016;8(1):22–7.
- Bulut O, Petaros A, Hizliol İ, Wärmländer SKTS, Hekimoglu B. Sexual dimorphism in frontal bone roundness quantified by a novel 3D-based and landmark-free method. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2016 Apr;261:162.e1-5.
- Capitaneanu C, Willems G, Jacobs R, Fieuws S, Thevissen P. Sex estimation based on tooth measurements using panoramic radiographs. *Int J Legal Med* [Internet]. *International Journal of Legal Medicine*; 2017 May 17;131(3):813–21.
- Dong H, Deng M, Wang W, Zhang J, Mu J, Zhu G. Sexual dimorphism of the mandible in a contemporary Chinese Han population. *Forensic Sci Int* [Internet]. Elsevier Ireland Ltd; 2015 Oct;255:9–15.

*De acordo com as normas da UNICAMP/FOP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors – Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed

Fedorov A, Beichel R, Kalpathy-Cramer J, Finet J, Fillion-Robin J-C, Pujol S, et al. 3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network. *Magn Reson Imaging* [Internet]. 2012 Nov;30(9):1323–41.

Filipovic G, Kanjevac T, Cetenovic B, Ajdukovic Z, Petrovic N. Sexual Dimorphism in the Dimensions of Teeth in Serbian Population. *Coll Antropol* [Internet]. 2016 Apr;40(1):23–8.

Fondevila M, Phillips C, Naveran N, Fernandez L, Cerezo M, Salas A, et al. Case report: identification of skeletal remains using short-amplicon marker analysis of severely degraded DNA extracted from a decomposed and charred femur. *Forensic Sci Int Genet* [Internet]. 2008 Jun;2(3):212–8.

Galibourg A, Dumoncel J, Telmon N, Calvet A, Michetti J, Maret D. Assessment of automatic segmentation of teeth using a watershed-based method. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2018;47(1).

García-Campos C, Martín-Torres M, Martín-Francés L, Martínez de Pinillos M, Modesto-Mata M, Perea-Pérez B, et al. Contribution of dental tissues to sex determination in modern human populations. *Am J Phys Anthropol* [Internet]. 2018 Jun;166(2):459–72.

Harris EF, Lease LR. Mesiodistal tooth crown dimensions of the primary dentition: a worldwide survey. *Am J Phys Anthropol* [Internet]. 2005 Nov;128(3):593–607.

Indira AP, Markande A, David MP. Mandibular ramus: An indicator for sex determination - A digital radiographic study. *J Forensic Dent Sci* [Internet]. 2012 Jul;4(2):58–62.

Işcan MY, Kedici PS. Sexual variation in bucco-lingual dimensions in Turkish dentition. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2003 Nov 26;137(2–3):160–4.

Joseph TI, Girish KL, Sathyan P, Kiran MS, Vidya S. Virtopsy: An integration of forensic science and imageology. *J Forensic Dent Sci* [Internet]. 2019;9(3):111–4.

López-Lázaro S, Alemán I, Viciano J, Irurita J, Botella MC. Sexual dimorphism of the first deciduous molar: A geometric morphometric approach. *Forensic Sci Int* [Internet]. Elsevier Ireland Ltd; 2018 Sep;290:94–102.

Ma J-L, Shi S-Z, Ide Y, Saka H, Matsunaga S, Agematsu H. Volume measurement of crowns in mandibular primary central incisors by micro-computed tomography. *Acta Odontol Scand* [Internet]. 2013 Sep 10;71(5):1032–7.

Mostafa EM, El-Ellemi AH, El-Beblawy MA, Dawood AE-WA. Adult sex identification using digital radiographs of the proximal epiphysis of the femur at Suez Canal University Hospital in Ismailia, Egypt. *Egypt J Forensic Sci* [Internet]. Forensic Medicine Authority; 2012 Sep;2(3):81–8.

*De acordo com as normas da UNICAMP/FOP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors – Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed

Peckmann TR, Logar C, Garrido-Varas CE, Meek S, Pinto XT. Sex determination using the mesio-distal dimension of permanent maxillary incisors and canines in a modern Chilean population. *Sci Justice* [Internet]. The Chartered Society of Forensic Sciences; 2016 Mar;56(2):84–9.

Pereira C, Bernardo M, Pestana D, Santos JC, Mendonça MC de. Contribution of teeth in human forensic identification--discriminant function sexing odontometrical techniques in Portuguese population. *J Forensic Leg Med* [Internet]. Elsevier Ltd and Faculty of Forensic and Legal Medicine; 2010 Feb;17(2):105–10.

Pettenati-Soubayroux I, Signoli M, Dutour O. Sexual dimorphism in teeth: discriminatory effectiveness of permanent lower canine size observed in a XVIIIth century osteological series. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2002 May 23;126(3):227–32.

Reesu GV, Augustine J, Urs AB. Forensic considerations when dealing with incinerated human dental remains. *J Forensic Leg Med* [Internet]. Elsevier Ltd; 2015 Jan;29:13–7.

Tardivo D, Sastre J, Ruquet M, Thollon L, Adalian P, Leonetti G, et al. Three-dimensional modeling of the various volumes of canines to determine age and sex: a preliminary study. *J Forensic Sci* [Internet]. 2011 May;56(3):766–70.

Ubelaker DH, DeGaglia CM. Population variation in skeletal sexual dimorphism. *Forensic Sci Int* [Internet]. Elsevier Ireland Ltd; 2017 Sep;278:407.e1-407.e7.

*De acordo com as normas da UNICAMP/FOP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors – Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed

Apêndice 1: Metodologia detalhada

Aspectos éticos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas - FOP/UNICAMP – número do parecer: 2.571.580

Objeto do estudo

Foram inicialmente separadas 300 imagens de TCFC adquiridas em um único aparelho, Picasso Trio (Vatech, Hwaseong, República da Coreia), com os mesmos parâmetros de aquisição (80KV, 3,7mA), tamanho de voxel (0,2 mm) e formato (DICOM). Estas imagens fazem parte do acervo da clínica de Radiologia, do Departamento de Diagnóstico Oral da FOP/UNICAMP.

As imagens foram obtidas entre os anos de 2016 e 2018, por indicações clínicas diversas e independentes desta pesquisa, de indivíduos com idades entre 7 e 42 anos. Após a avaliação utilizando-se os critérios de inclusão e exclusão foram selecionadas para a realização da segmentação e mensuração do volume da coroa dentária do canino superior, incisivo central superior, canino inferior e incisivo lateral inferior, 128 imagens, sendo 64 de indivíduos do sexo masculino e 64 de indivíduos do sexo feminino, com idades entre 8 e 36 anos. Destas, 52 indivíduos apresentavam os quatro dentes avaliados, 14 apresentavam os dois dentes superiores, 12 possuíam apenas o incisivo central superior, 12 continham apenas o canino superior, 14 apresentavam os dois dentes inferiores, 12 possuíam apenas o incisivo lateral inferior e 12 imagens continham apenas o canino inferior, perfazendo no total 78 incisivos centrais superiores, 78 caninos superiores, 78 incisivos laterais inferiores e 78 caninos inferiores, tendo proporção igual entre indivíduos do sexo masculino e feminino em todos os casos. As imagens selecionadas foram pareadas com relação à idade.

Foram incluídos os dentes de ambos os lados, uma vez que estudos na literatura não mostraram diferença estatisticamente significativa entre os

tamanhos das coroas dentárias entre eles (Pereira et al., 2010; Tardivo et al., 2011; Filipovic et al., 2016).

Crítérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos os volumes de TCFC em que o incisivo central superior, canino superior, incisivo lateral inferior e canino inferior estivessem hígidos ou que apresentassem desgaste incisal restrito ao esmalte e que já estivessem totalmente erupcionados.

Foram excluídos os volumes de TCFC onde o incisivo central superior, canino superior, incisivo lateral inferior e canino inferior apresentassem aparelhos ortodônticos, lesões de cárie, restaurações, alteração de forma ou tamanho.

Justificativa para os critérios de exclusão

Os dentes restaurados e exibindo aparelhos ortodônticos foram excluídos em virtude da formação de artefatos que dificultam a segmentação adequada da estrutura dentária (Rastegar, 2018).

A exclusão dos dentes apresentando lesões de cárie, desgaste incisal atingindo a dentina e alteração de forma e tamanho foi feita, pelo fato destas alterações provocarem a alteração do volume da coroa dentária.

Justificativa para escolha de indivíduos em uma faixa etária abaixo dos 42 anos

Foram selecionados adultos jovens, pois é maior a probabilidade da dentição estar mais saudável, com menor desgaste dentário decorrente da atrofia fisiológica, possibilitando a obtenção do volume de maneira mais acurada (Acharya e Mailani, 2007; Angadi et al., 2013; Capitaneanu et al., 2017).

Justificativa para escolha do incisivo central superior, canino superior, incisivo lateral inferior e canino inferior

Optou-se por analisar os incisivos e os caninos, uma vez que estes dentes são os que permanecem por mais tempo na cavidade bucal e são menos acometidos por processo carioso (Tardivo et al., 2011) e por doença periodontal (Peckmann et al., 2016) quando comparados aos dentes posteriores.

Foi feita a seleção de dois dentes superiores e dois inferiores, porque em caso de desarticulação da mandíbula, poderia se ter dois dentes para a determinação do sexo. Neste sentido, os caninos superiores e inferiores foram selecionados, uma vez que são apontados como apresentando o maior dimorfismo sexual nos estudos que utilizaram medidas lineares das coroas dentárias (Banerjee et al., 2016; Capitaneanu et al., 2017; Filipovic et al., 2016). Os incisivos centrais superiores são apontados como exibindo significativo dimorfismo sexual nos estudos que utilizaram medidas lineares (Pettenati-Soubayroux et al., 2002; Acharya e Mailani, 2007; Alam et al., 2015; Capitaneanu et al., 2016, Filipovic et al., 2016) e apesar dos incisivos laterais superiores também terem sido identificados como dentes dimórficos (Pettenati-Soubayroux et al., 2002; Alam et al., 2015; Capitaneanu et al., 2017; Filipovic et al., 2016), as alterações de forma são mais frequentes nestes dentes além de apresentarem um maior grau de variabilidade em relação ao tamanho entre as diferentes populações (Pettenati-Soubayroux et al., 2002). Já os incisivos laterais inferiores foram selecionados por terem sido identificados como sendo mais estáveis em termos de tamanho médio em relação aos incisivos centrais inferiores (Harris e Lease, 2005). Além disso, no estudo realizado por Filipovic e colaboradores (2016) o dimorfismo sexual presente nos incisivos centrais inferiores é menor que aquele presente nos incisivos laterais inferiores.

Como a análise isolada dos dentes não atingiu o percentual mínimo citado na literatura (80%) para que fosse usado como evidência perante a justiça (Peckmann et al., 2016), optou-se pela realização da análise combinada dos dentes, uma vez que esta apresenta maior acurácia na determinação do sexo (Acharya e Mailani, 2007; Angadi et al., 2013; Alam et al., 2015; Peckmann et al., 2016). Na análise combinada, inicialmente optou-se pela avaliação dos quatro dentes analisados presentes simultaneamente em 52 indivíduos (26 indivíduos do sexo masculino e 26 do sexo feminino). Como a acurácia não se mostrou melhor que aquela obtida pela avaliação isolada dos incisivos centrais superiores (64,1%), foi feita avaliação combinada dos dentes superiores que

estavam presentes simultaneamente em 66 indivíduos (33 indivíduos do sexo masculino e 33 do sexo feminino). Esta, no entanto, também não atingiu o percentual mínimo para ser considerado como prova pericial (76%). Não foi realizada a análise combinada do canino inferior e incisivo lateral inferior, pois apesar da presença de dimorfismo sexual neste último, o modelo de regressão logística construído não foi significativo, indicando que estes dentes não foram determinantes para estimar o sexo. Desta forma, optou-se por fazer a análise combinada dos caninos superiores e inferiores por serem os dentes mais dimórficos.

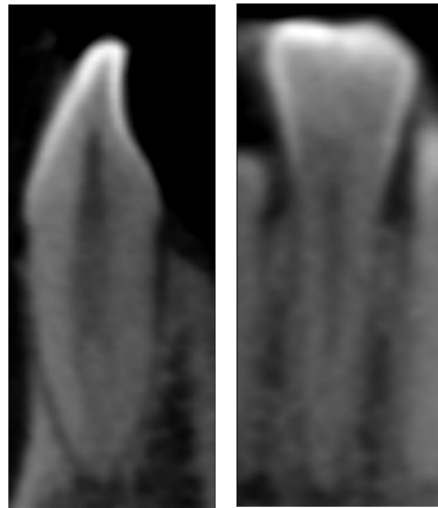
Seleção das imagens

Os volumes de TCFC foram selecionados utilizando um notebook com tela de LCD de 15,6 polegadas, resolução de 1920 × 1080 pixels, em um ambiente tranquilo e com baixa iluminação. A seleção foi realizada por um único avaliador com experiência em TCFC utilizando o programa CS 3D Imaging® (Carestream Dental, New York, USA).

Reposicionamento e recorte das imagens tomográficas

Os volumes de TCFC obtidos foram importados no software 3D Slicer, versão 4.8.1.(Federov et al., 2012) Cada dente analisado foi reposicionado de forma que seu longo eixo fosse coincidente com o plano vertical tanto na reconstrução sagital quanto na coronal. Posteriormente, as imagens foram recortadas de maneira que apenas o dente a ser analisado fosse visualizado (Figura 1).

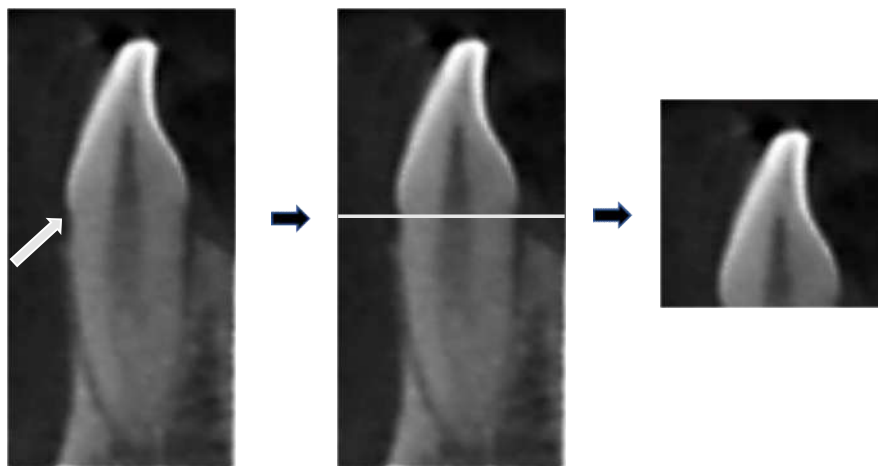
Figura 1 – Reposicionamento nas reconstruções sagital e coronal



Seleção da região de interesse (ROI)

Na reconstrução sagital, o plano horizontal que interceptasse a extensão mais apical de esmalte na face vestibular ou lingual/palatina, foi estabelecida como a margem cervical da coroa dentária, acima da qual toda estrutura dentária foi definida como coroa no presente estudo conforme preconizado por Ma et al. (2013). A ROI incluiu o volume total da coroa dentária (esmalte, dentina e espaço correspondente a polpa da câmara pulpar). (Figura 2)

Figura 2 – Seleção da coroa dentária.



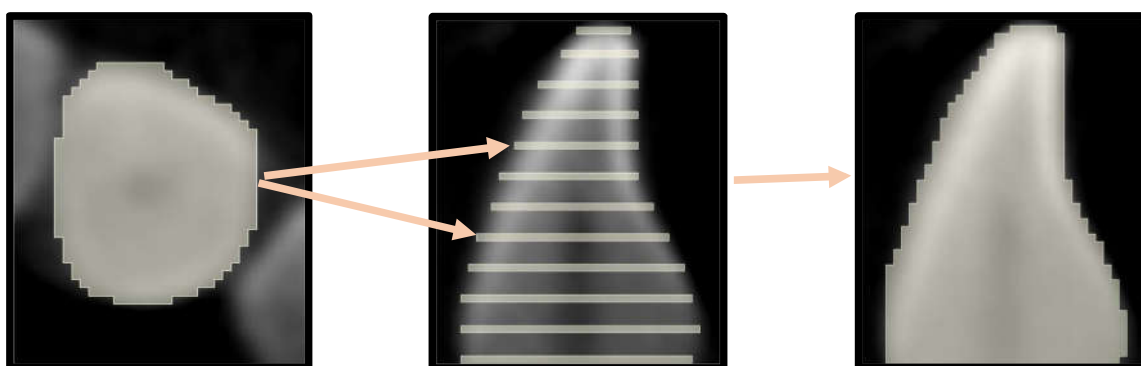
Justificativa para escolha da coroa dentária como região de interesse

Neste estudo foi realizada a mensuração apenas do volume da coroa dentária, uma vez que há na literatura (Ma et al., 2013) estudo comprovando a presença de dimorfismo sexual no volume da coroa dentária. Além disto, a menor quantidade de estrutura a ser segmentada, torna o processo mais rápido e, conseqüentemente, de maior aplicabilidade prática. Soma-se a isso o fato de que a segmentação da porção radicular, em especial a região apical, é mais complexa para a realização da segmentação, em virtude do baixo contraste entre a dentina e o osso alveolar (Rastegar et al., 2018).

Segmentação da ROI

Com intuito de obter o volume total da coroa dentária dos dentes em análise, foi realizada segmentação manual, delimitando o contorno externo dentário na reconstrução axial, criando uma ROI a cada 3 reconstruções axiais desde a margem cervical até a borda incisal (De Angelis et al., 2015), usando posteriormente a ferramenta “Fill between slices” para criar o volume (Figura 3). Esta ferramenta possibilita a utilização de um menor número de reconstruções axiais para a obtenção do volume da coroa dentária (mm³). A segmentação foi realizada por um único observador.

Figura 3– Criação de ROI nas reconstruções axiais e segmentação final



Justificativa para realização da segmentação manual

Optou-se pela segmentação manual, uma vez que esta é considerada como padrão de referência (Rastegar et al., 2018). Além disso, no estudo

realizado por Garcia-Campos e colaboradores (2018), utilizando a segmentação semiautomática, foi obtida uma diferença estatisticamente significativa entre mensuração do volume na avaliação e aquele na reavaliação da amostra visando a obtenção da confiabilidade intraexaminador, chegando a diferença a um percentual médio intraexaminador de 1.59% (0.69–2.48%). Outro estudo utilizado para respaldar a escolha pela segmentação manual foi o realizado por Galibourg e colaboradores (2018) o qual, utilizando segmentação automática, obteve ora um valor subestimado na região apical, ora uma sobresegmentação em virtude da falta de qualidade das imagens de TCFC, apontando dentre as causas o aumento o tamanho do voxel e o baixo contraste das imagens. Neste estudo o autor enfatiza a necessidade das imagens estarem nítidas, caso contrário se torna inviável a distinção entre os tecidos circunjacentes e o tecido dentário, levando a uma sobresegmentação. Acrescenta ainda que a grande variabilidade da imagens de TCFC obtidas faz com que os autores não recomendem o seu uso isolado.

Justificativa para a não mensuração do volume real

Não foi possível obter o volume real dos dentes analisados, uma vez que foi realizado um estudo retrospectivo e seria inviável a extração dos dentes avaliados para a confirmação do volume mensurado através da segmentação das imagens de TCFC.

Análise estatística

A análise estatística foi realizada usando os softwares Graphpad Prism 7.0 (GraphPad Software, La Jolla, Ca, USA) e o software Bioestat 5.0 (Instituto Mamiraua, Belém, PA, Brasil). Os dados foram analisados utilizando o teste de Mann-Whitney, o teste t não pareado, a correlação de Pearson, a regressão logística Backward Stepwise condicional. A fim de estimar a confiabilidade intra-examinador 20% da amostra foi reavaliada após um período de 15 dias, tendo o resultado sido analisado utilizando o coeficiente de correlação intraclass (ICC).

O nível de significância foi fixado em 5% para todos os testes ($\alpha=0.05$).

ANEXOS

Anexo 1 – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa (FOP/UNICAMP)



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



CERTIFICADO

O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa "**Análise do dimorfismo sexual do volume coronário em brasileiros**", CAAE **85287418.0.0000.5418**, dos pesquisadores **Daniele Manhães Caldas** e **Francisco Haiter Neto**, satisfaz as exigências das resoluções específicas sobre ética em pesquisa com seres humanos do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde e foi aprovado por este comitê em 29/03/2018.

The Research Ethics Committee of the Piracicaba Dental School of the University of Campinas (FOP-UNICAMP) certifies that research project "**Sexual dimorphism analysis of Brazilians dental crown volume**", CAAE **85287418.0.0000.5418**, of the researcher's **Daniele Manhães Caldas** and **Francisco Haiter Neto**, meets the requirements of the specific resolutions on ethics in research with human beings of the National Health Council - Ministry of Health, and was approved by this committee on 29th of March of 2018.

Profa. Fernanda Miori Pascon

Vice Coordenador
CEP/FOP/UNICAMP

Prof. Jacks Jorge Junior

Coordenador
CEP/FOP/UNICAMP

Nota: O título do protocolo e a lista de autores aparecem como fornecidos pelos pesquisadores, sem qualquer edição.
Notice: The title and the list of researchers of the project appears as provided by the authors, without editing.

Anexo 2: Relatório de originalidade pelo software Turnitin

Daniele Caldas

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

7%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repositorio.unicamp.br

Internet Source

2%

2

Cecilia García-Campos, María Martinón-Torres, Laura Martín-Francés, Marina Martínez de Pinillos et al. "Contribution of dental tissues to sex determination in modern human populations", American Journal of Physical Anthropology, 2018

Publication

1%

3

www.sbpqo.org.br

Internet Source

1%

4

Cecilia García-Campos, María Martinón-Torres, Marina Martínez de Pinillos, Mario Modesto-Mata et al. "Modern humans sex estimation through dental tissue patterns of maxillary canines", American Journal of Physical Anthropology, 2018

Publication

1%

5

worldwidescience.org

Internet Source

1%

Anexo 3 - Comprovante de submissão do artigo

Submission Confirmation

Forensic Science International <eesserver@eesmail.elsevier.com>
Responder a: Forensic Science International <Fs.International@elsevier.com>
Para: manhaes.caldas@gmail.com

18 de fevereiro de 2019 14:03

*** Automated email sent by the system ***

VOLUMETRIC ASSESSMENT OF THE DENTAL CROWN FOR SEX ESTIMATION BY MEANS OF CONE-BEAM
COMPUTED TOMOGRAPHY
Original Research Article

Dear Ms. Caldas,

Your submission entitled "VOLUMETRIC ASSESSMENT OF THE DENTAL CROWN FOR SEX ESTIMATION BY
MEANS OF CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY" has been received by journal Forensic Science
International

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to the Elsevier Editorial System as an author.
The URL is <https://ees.elsevier.com/fsi/>.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Elsevier Editorial Office
Forensic Science International

For further assistance, please visit our customer support site at <http://help.elsevier.com/app/answers/list/p/7923> Here
you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about
EES via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance
from one of our customer support representatives.

If you would like help with language editing, please visit our English Language Editing service here for more
information:
<http://webshop.elsevier.com/languageservices/languageediting>