



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

**THIAGO DE OLIVEIRA GAMBA**

**ASSOCIAÇÃO DE DOIS MÉTODOS CRANIOMÉTRICOS PARA  
PREDIÇÃO SEXUAL EM IMAGENS POR TOMOGRAFIA  
COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO**

**ASSOCIATION OF TWO CRANIOMETRIC METHODS FOR SEXUAL  
PREDICTION IN CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY SCANS**

Piracicaba

2016

**THIAGO DE OLIVEIRA GAMBA**

**ASSOCIAÇÃO DE DOIS MÉTODOS CRANIOMÉTRICOS PARA  
PREDIÇÃO SEXUAL EM IMAGENS POR TOMOGRAFIA  
COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO**

**ASSOCIATION OF TWO CRANIOMETRIC METHODS FOR SEXUAL  
PREDICTION IN CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY SCANS**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de doutor em Radiologia Odontológica na Área de Radiologia Odontológica.

Thesis presented to the Piracicaba Dental School of the University of Campinas in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor in Oral Radiology in Oral Radiology area.

Orientadora: Profa. Dra. Solange Maria de Almeida Boscolo

Este exemplar corresponde à versão final da tese defendida pelo aluno Thiago de Oliveira Gamba e orientada pela Profa. Dra. Solange Maria de Almeida Boscolo

Piracicaba

2016

## FICHA CATALOGRÁFICA

**Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s):** CAPES, 99999.010890/2014-09

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba  
Heloisa Maria Ceccotti - CRB 8/6403

G141a Gamba, Thiago de Oliveira, 1977-  
Associação de dois métodos craniométricos para predição sexual em imagens por tomografia computadorizada de feixe cônico / Thiago de Oliveira Gamba. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Solange Maria de Almeida Boscolo.  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Radiologia. 2. Seio maxilar. 3. Mandíbula. 4. Tomografia computadorizada de feixe cônico. I. Boscolo, Solange Maria de Almeida, 1959-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

### Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Association of two craniometric methods for sexual prediction in cone-beam computed tomography Scans

**Palavras-chave em inglês:**

Radiology  
Maxillary sinus  
Mandible  
Cone-beam computed tomography

**Área de concentração:** Radiologia Odontológica

**Titulação:** Doutor em Radiologia Odontológica

**Banca examinadora:**

Solange Maria de Almeida Boscolo [Orientador]  
Mateus Ericson Flores  
Melissa Feres Damian  
Francisco Haiter Neto  
Eduardo Daruge Junior

**Data de defesa:** 15-12-2016

**Programa de Pós-Graduação:** Radiologia Odontológica

## FOLHA DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado, em sessão pública realizada em 15 de Dezembro de 2016, considerou o candidato THIAGO DE OLIVEIRA GAMBA aprovado.

PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. SOLANGE MARIA DE ALMEIDA BOSCOLO

PROF. DR. MATEUS ERICSON FLORES

PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. MELISSA FERES DAMIAN

PROF. DR. FRANCISCO HAITER NETO

PROF. DR. EDUARDO DARUGE JUNIOR

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

## DEDICATÓRIAS

- À **Deus**, que me deu a paz e a calma necessárias nos momentos mais difíceis, para que eu pudesse me manter focado nos meus objetivos.
- Aos meus pais, **Enizaldo Gamba e Enéia de Oliveira Gamba**, o meu eterno agradecimento pela educação, apoio incondicional e por me ensinarem o valor da família.
- Aos meus irmãos, **Estêvão de Oliveira Gamba e Conrado de Oliveira Gamba**, pela amizade, respeito e parceria.
- À minha noiva e amiga **Isadora Luana Flores**, o meu eterno agradecimento, pelo apoio em todos os momentos, pela dedicação, compreensão e por sempre me estimular a ser uma pessoa e um profissional melhor. Muito obrigado, amor, por me esperar para que eu realizasse meu sonho. Te Amo!
- À minha Avó e Madrinha, **Jussara Machado de Oliveira**, (in memoriam) pelo apoio incondicional em um momento difícil da minha vida. Sem sua ajuda eu não teria conseguido, o meu eterno agradecimento. Saudades...

## AGRADECIMENTO ESPECIAL

- À professora e amiga, **Dr<sup>a</sup> Solange Maria de Almeida Boscolo**, pelo carinho incondicional que sempre teve comigo desde minha chegada à Piracicaba. Seus ensinamentos, sua inteligência, sua sensibilidade e força servirão de exemplo na minha vida profissional e pessoal. Jamais esquecerei da confiança que depositaste em mim, tive muita sorte de ter sido teu orientado. O meu muito obrigado pela atenção e carinho. Sou eternamente grato.

- Ao professor e amigo **Dr. Frab Norberto Bóscolo**, pelos conselhos, pelo respeito, pela oportunidade de convivência e aprendizado na disciplina de Radiologia Odontológica. Sou privilegiado por ter sido seu aluno. Meu eterno respeito e gratidão.

- Ao professor e amigo, **Dr. Francisco Haiter Neto**, pela amizade, paciência e incentivo durante todo meu mestrado e doutorado. Exemplo de seriedade, dedicação e competência, em quem sempre me espelharei. Sempre preocupado com a evolução dos seus alunos. Agradeço por ter tido a sorte de ter sido seu orientado no mestrado. O meu eterno agradecimento.

- Ao professor e amigo **Erwin Berkhout**, pela oportunidade de estudo na ACTA, pela recepção em Amsterdã, pelos ensinamentos e confiança. O meu sincero agradecimento. Dank u wel!

- To professor and friend **Erwin Berkhout**, for the study opportunity at ACTA, for the reception in Amsterdam, for the teachings and confidence. My sincere thanks. Dank u wel!

- Ao professor e amigo **Gerard Sanderink**, pelo acolhimento, conselhos, ensinamentos durante o ano que estive em Amsterdã. Sua inteligência e simplicidade sempre me estimularão na busca dos meus sonhos. O meu eterno agradecimento. Dank u wel!

- To professor and friend **Gerard Sanderink**, by the reception, advice, teaching during the year I was in Amsterdam. Your intelligence and simplicity will always stimulate me in the pursuit of my dreams. My eternal thanks. Dank u wel!

-A todos os amigos e colegas do departamento de Radiologia da ACTA, pela recepção, pelo carinho e agradáveis momentos vivenciados durante o ano que estive em Amsterdã, o meu sincero agradecimento. Dank u wel!

-To all friends and colleagues of the Radiology Department of ACTA, for the reception, for the affection and pleasant moments experienced during the year that I have been in Amsterdam, my sincere thanks. Dank u wel!

- Ao professor e amigo, Dr. **Sérgio Lúcio Pereira de Castro Lopes**, meu eterno mestre, por ter me estimulado na carreira docente, pela incondicional amizade, pelo respeito, pelos ensinamentos e principalmente por ter acreditado e apostado em mim. O meu eterno agradecimento!

- A professora e amiga, Dr<sup>a</sup> **Melissa Feres Damian**, pelos ensinamentos, apoio, carinho, amizade e pela oportunidade de estudo dentro da disciplina de Radiologia Odontológica/UFPel, és um exemplo de professora para mim. O meu eterno agradecimento!

- Ao professor e amigo, Dr. **Matheus Lima de Oliveira**, pelo respeito incondicional, amizade e ajuda em diversos momentos. Graças a ti pude concretizar o sonho de realizar o doutorado sanduiche. Obrigado pela confiança, o meu eterno agradecimento!

- À professora e amiga, Dr<sup>a</sup> **Adriana Etges**, por ter acreditado em mim, pelo estímulo e pela amizade. Para mim, és um exemplo de que um grande mestre pode ser competente, inteligente e reconhecido, sem perder a educação, simplicidade e doçura. Obrigado por tudo!

- À professora Dr<sup>a</sup> **Elaine de Fátima Zanchin Baldissera**, pela oportunidade de estudo na disciplina de Radiologia Odontológica/UFPel, pelos ensinamentos compartilhados e pela amizade. O meu sincero agradecimento.

- À Professora Dr<sup>a</sup>. **Deborah Queiroz de Freitas França**, pelos ensinamentos compartilhados e pela ajuda incondicional em diferentes momentos. O meu muito obrigado!

## AGRADECIMENTOS

- Aos meus futuros sogros **José Carlos Flores e Maria Edi Flores**, pelo apoio, respeito, carinho e por me receberem como um filho em sua casa. Obrigado por tudo!
- Ao Professor Dr **Francisco Carlos Groppo**, pela ajuda em diferentes momentos, amizade conselhos, respeito e também pela fundamental ajuda com a estatística deste estudo. Muito obrigado, professor!
- Às doutoras, **Dagmar de Paula Queluz, Cíntia Pereira Machado Tabchoury e Ana Rosa Costa Correr**. Por terem aceito participarem da banca de qualificação e fundamentais considerações para o enriquecimento deste estudo. Meu sincero agradecimento!
- Aos Doutores **Mateus Ericson Flores, Melissa Feres Damian Eduardo Daruge Junior e Francisco Haiter Neto** pelo imediato aceite ao convite para participação da banca de defesa de tese. O meu sincero agradecimento.
- Ao colega e amigo, **Henrique Maia Martins**, pela amizade, parceria e fundamental ajuda em um momento muito difícil. O meu eterno agradecimento, conte sempre comigo.
- Ao colega e amigo **Gustavo Machado Santaella**, pela amizade, pela ajuda em momentos diversos, amigo sempre disposto a ajudar. E, é claro, pela parceria nas pausas para o café. O meu sincero agradecimento.
- À colega e amiga **Danieli Moura Brasil**, pela amizade, pelo respeito, pela sinceridade e por sempre ser verdadeira comigo. O meu sincero agradecimento. Conte sempre comigo.
- À colega e amiga **Luciana Jácome Lopes**, pela ajuda em diferentes momentos, amizade, apoio e confiança. Muito obrigado por tudo! Conte sempre comigo.
- À colega e amiga **Larissa Moreira de Souza**, pela amizade, apoio, simplicidade e respeito. O meu sincero agradecimento.



- *A todos os colegas de pós-graduação do mestrado pela cordial convivência: **Carlos, Bernardo, Hugo, Priscila Lopes, Roberto e Victor**, obrigado pelo respeito e ajuda em diferentes momentos.*

- *A todos os colegas de pós-graduação do doutorado pela cordial convivência: **Amanda Candemil, Carolina, Débora Távora, Debora Moreira, Eduarda, Eliana, Gina, Karla Rovaris, Larissa Lagos, Leonardo, Liana, Manuella, Mariana, Mariane, Neiandro, Polyane, Priscila Peyneau, Rafaela, Thiago, Tiago e Yuri**, obrigado pelo respeito e ajuda em momentos diversos, o meu sincero agradecimento!*

- *À colega **Mayra Cristina Yamasaki** pela fundamental ajuda na avaliação do presente estudo. O meu muito obrigado.*

- *Aos funcionários da Clínica de Radiologia Odontológica, **Waldeck Ribeiro Moreira, José Fernando Souza Andrade e Sarah Bacchim**, obrigado pela ajuda incondicional e conhecimentos compartilhados nos momentos de trabalho na clínica.*

- *À **Luciane Aparecida Duarte Sattolo**, uma pessoa muito especial, grande amiga que fiz aqui na Radiologia. Pela amizade, respeito, conselhos e ajudas diversas de forma sincera e incondicional. O meu eterno agradecimento.*

- *À **Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP** pela oportunidade de realização do curso de Doutorado em Radiologia Odontológica. Tenho muito orgulho de ter estudado nesta escola.*

- *À **CAPES** pelo auxílio financeiro durante todo curso, de fundamental importância para conclusão do doutorado e doutorado sanduiche. O meu sincero agradecimento*

## RESUMO

Os objetivos do presente estudo foram avaliar a predição sexual (PS) em dois métodos craniométricos por meio de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) em uma população neerlandesa; construir uma fórmula para predição sexual em cada um dos métodos e também construir outra fórmula associando os métodos e por fim avaliar a acurácia da predição sexual em cada um dos métodos craniométricos na população neerlandesa. Para isso, foram selecionadas 160 imagens de TCFC de indivíduos neerlandeses (80 homens e 80 mulheres) subdivididos em 4 grupos etários: (20-30, 31-40, 41-50 e 51-60 anos), sendo cada um dos grupos composto por 20 homens e 20 mulheres. Uma segunda amostra com 85 pacientes (42 homens e 43 mulheres) foi selecionada para posterior validação das fórmulas construídas. As imagens foram analisadas por 2 avaliadores, que realizaram 7 mensurações no primeiro método (seio maxilar (SM)) e 9 mensurações no segundo método (canal mandibular (CM) e forames, mandibular (FMa) e mental (FMe)). Após quinze dias, as mensurações foram repetidas com 25 % da amostra. Com relação à análise estatística, foi aplicada a Correlação Intraclasse na avaliação intra e interobservador, Análise de Variância, visando comparação entre os valores médios de todas as mensurações em relação aos sexos e regressão logística (RL) com o intuito da construção de fórmulas para PS em cada método. Todas as mensurações nos homens foram superiores em relação às das mulheres. Na análise da RL, as variáveis com maior índice de PS no primeiro método foram: altura média dos SMs e comprimento médio dos SMs com uma acurácia de 75%, no segundo método foram selecionadas as variáveis, distância do FMa até a parte mais posterior do ramo mandibular, distância do FMe até a parte mais superior do rebordo alveolar, a distância do CM até a porção vestibular da cortical alveolar e a distância entre o assoalho do CM até a base da mandíbula com uma acurácia de 71,9 % e por fim associando os métodos foram selecionadas as variáveis: altura média do SM, comprimento do SM direito, distância do FMa até a parte mais anterior do ramo mandibular e distância do FMa até a parte mais posterior do ramo mandibular com uma acurácia de 78,5. Desta forma, é possível concluir que houve diferença significativa entre os sexos entre todas as mensurações, além disso os valores da acurácia encontrados para cada um dos métodos foram: primeiro método (75%), segundo método (71,9%) e associando os métodos, a acurácia aumentou para 78,5%. Assim, as fórmulas construídas no presente estudo podem ser aplicadas para PS como um método auxiliar para identificação humana na população neerlandesa.

**Palavras-chave:** Radiologia, seio maxilar, mandíbula, tomografia computadorizada de feixe cônico.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the accuracy for sexual prediction (SP) in two craniometrics methods using Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) in a Dutch population as well as constructed formulas in each craniometrics methods and in addition to associate both with the purpose of increasing accuracy in PS. For this, a sample of 160 CBCT images was selected, of individuals of the Dutch population (80 males and 80 females) divided into 4 age groups: (20-30, 31-40, 41-50 and 51-60 years), each groups with 20 males and 20 females. A second sample of 85 patients (43 female and 42 male) was selected for further validation of the constructed formulas. The images were analyzed by two observers using seven measurements in the first method (maxillary sinus (MS)) and nine measurements in the second method (mandibular canal (MC)) and mandibular and mental foramen. After fifteen days, the measurements were repeated for 25% of the sample. An intraclass correlation coefficient was applied to analysis of intraobserver reliability, an Analysis of Variance (ANOVA) for comparisons between the average values of all measurements in relation to sex and also a logistic regression (LR) with the objective of constructing formulas for SP in each craniometric method. The ANOVA test showed that all measurements in males were superior to females and that there was statistically significant difference between the sexes. In the analysis of LR, the results of first method have showed two variables with greater SP value, that are: average height of the MS and average length of the MS with an accuracy of 75%, in the second method the variables are: distance from the MaF to the most posterior part of the ramus, distance from the MeF to the top of the alveolar ridge, distance from the canal to the mandibular alveolar ridge (buccal) and distance from the bottom of the MC, with an accuracy of 71.9% and, subsequently, associating the methods can find the selection of variables: MS Average height, right MS length, distance from the MaF to the most anterior part of the ramus and distance from the MaF to the most posterior part of the ramus, with an accuracy for SP of 78.5%. Thus, it is possible to conclude that there was a statistically significant difference between the sexes for all measurements and also that the values of accuracy found for each method are: first method (75%), second method (71.9%) and associating methods the accuracy in SP increased to 78.5%. Thus, the formulas developed in this study can be applied for SP as a complementary method for human identification in Dutch population.

**Keywords:** Radiology, maxillary sinus, mandible, Cone-Beam Computed Tomography.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACTA	-	Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam
ANOVA	-	Análise de variância
ASMD	-	Altura do seio maxilar direito
ASME	-	Altura do seio maxilar esquerdo
AMSM	-	Altura Média dos Seios Maxilares
CCI	-	Coefficiente de Correlação Intraclasse
CM	-	Canal Mandibular
CMBM	-	A distância entre o assoalho do canal mandibular até a base da mandíbula
CMLCA	-	A distância do canal mandibular (porção lingual) até a porção lingual da cortical alveolar
CMS1M	-	A distância do teto do canal mandibular até a parte mais superior da coroa do 1º molar.
CMSM	-	Comprimento Médio dos Seios Maxilares
CMSRa	-	A distância entre o teto do canal mandibular até a parte mais superior do rebordo alveolar.
CMVCA	-	A distância do canal mandibular (porção vestibular) até a porção vestibular da cortical alveolar.
CSMD	-	Comprimento do seio maxilar direito
CSME	-	Comprimento do seio maxilar esquerdo
DICOM	-	Digital Imaging and Communications in Medicine
FmaARm	-	A distância do forame mandibular até à parte mais anterior do ramo mandibular.
FmaPRm	-	A distância do forame mandibular até à parte mais posterior do ramo mandibular.

FmeBM	-	A distância do forame mental até a base da mandíbula
FmeSRa	-	A distância do forame mental até a parte mais superior do rebordo alveolar
FOV	-	<i>Field of View</i>
ICC	-	Índice de Correlação Intraclasse
IH	-	Identificação Humana
LMSM	-	Largura Média entre os Seios Maxilares
LSMD	-	Largura do Seio Maxilar Direito
LSME	-	Largura do Seio Maxilar Esquerdo
LMSM	-	Largura Média dos Seios Maxilares
LTSM	-	Largura Total entre os Seios Maxilares
PS	-	Predição Sexual
RL	-	Regressão Logística
SM	-	Seio Maxilar
TCFC	-	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico
TCFL	-	Tomografia Computadorizada de Feixe em Leque

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	6
<b>2 ARTIGO</b>	8
Artigo em português: Associação de dois métodos craniométricos para predição sexual em imagens por Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico	8
Artigo em inglês: Association of two craniometric methods for sexual prediction in CBCT scans	30
<b>3 CONCLUSÃO</b>	51
<b>REFERÊNCIAS</b>	52
<b>APÊNDICE</b>	54
Apêndice 1- Material e método ilustrativo	54
<b>ANEXOS</b>	68
Anexo 1- Parecer de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa FOP/UNICAMP	68
Anexo 2- Documento comprobatório do envio do artigo para revista científica.	69

## 1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de acidentes aéreos, automobilísticos ou mesmo catástrofes naturais têm sido cada vez mais frequentes em diferentes países do mundo. Em tais acontecimentos, a identificação de corpos desconhecidos se faz necessário. Neste sentido, a identificação humana (IH) em desastres com óbitos em massa apresenta alta dificuldade para os investigadores forenses, devido à grande quantidade de corpos envolvidos. Normalmente, tais eventos estão associados a altas temperaturas, explosão ou inundação e resultam na desfiguração dos indivíduos acometidos (Ríos et al., 2010; O'Donnell et al., 2011). Por esse motivo, a acurácia dos métodos de investigação é de extrema importância e necessita de um aprimoramento para se tornarem cada vez mais fidedignos (Krogman e Iscan, 1986; Iscan, 1988, 2001; Franklin et al., 2012).

Existem diferentes métodos utilizados pelos profissionais da Odontologia Legal para se alcançar a IH, tais como a estimativa da idade cronológica, estatura e predição sexual (PS) de um indivíduo. A PS é considerada um passo importante na reconstrução do perfil biológico de um indivíduo desconhecido no contexto forense e da mesma forma alguns meios podem ser utilizadas para se alcançar tal diferenciação. Um destes é a antropometria baseada na realização de medidas lineares, angulares, da área ou volumétrica de diferentes partes do corpo humano. As técnicas antropométricas mais utilizadas são baseadas principalmente nas avaliações das características morfológicas da pelve e crânio, contudo em alguns casos a pelve se encontra em estado fragmentário, restando apenas o crânio para determinar a identificação de um indivíduo. Segundo os contextos forenses, antropólogos têm usado por muito tempo diferentes estruturas anatômicas presentes no complexo dentomaxilofacial com o intuito de IH (Zorba et al., 2011; Papaloucas et al., 2008; Angel et al., 2011; von See et al., 2009).

Tais métodos craniométricos são realizados pelos odontologistas há muitos anos por meio de paquímetros digitais. Contudo, métodos imaginológicos, como a tomografia computadorizada, vêm sendo inseridos no campo forense reproduzindo de forma rápida e acurada as mesmas mensurações realizadas por métodos antigos (Zorba et al., 2011; Papaloucas et al., 2008; Deshmukh e Deversh, 2006). Tais sistemas facilitam o trabalho dos peritos forenses especialmente na identificação de corpos desfigurados, carbonizados e em avançado estágio de decomposição. Além disso, outro método tomográfico, semelhante à tomografia computadorizada de feixe em leque (TCFL) que apresenta a mesma acurácia para tecidos ósseos, porém planejado para análise da região de cabeça e pescoço é chamado de



Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC). Sistema este presente em universidades e clínicas pelo mundo com amplo acesso pelos profissionais da área de Odontologia (Angel et al., 2011; von See et al., 2009).

Nesse sentido, a imaginologia forense é um ramo da odontologia legal que visa associar métodos de imagem à rotina forense com o intuito de facilitar o trabalho dos legistas na IH. Dessa forma, diferentes estudos vêm utilizando a TCFC como um método imaginológico para análise da PS de diferentes estruturas anatômicas no crânio e mandíbula. Neste contexto, pesquisadores americanos analisaram a posição do canal mandibular e seus respectivos forames com o intuito de serem utilizados para predição sexual de restos humanos por meio de TCFC e não encontraram diferença estatisticamente significativa com a variação da idade e diferenciação sexual (Angel et al., 2011). Em contrapartida, medidas semelhantes reproduzidas em uma população brasileira evidenciaram uma acurácia de 86,1% na predição sexual (Gamba et al., 2014). Da mesma forma, outras estruturas anatômicas presentes no crânio foram estudadas para PS na população iraquiana que foi avaliada por meio de imagens tomográficas a dimensão dos seios maxilares em diferentes grupos etários com o intuito de selecionar as medidas mais dimórficas para predição do sexo nesta população. Após seleção das medidas, os pesquisadores associaram estas variáveis e encontraram uma acurácia de 73,9% nesta população na análise das mensurações em ambos os seios maxilares (Uthman et al., 2011). Apesar disso, é fato que a análise da forma de diferentes estruturas anatômicas necessita ser estudada em diferentes países do mundo para posteriormente serem identificadas características específicas em cada grupo populacional. Devido a isso, uma comparação entre a morfologia óssea de diferentes populações é imprescindível para se encontrar valores que venham a classificar ou direcionar a identificação de indivíduos de diferentes países e regiões pelo mundo.

Logo, os objetivos do presente estudo foram avaliar a predição sexual em dois métodos craniométricos por meio de Tomografia Computadorizada de feixe cônico (TCFC) em uma população neerlandesa, construir uma fórmula para predição sexual em cada um dos métodos, além de construir outra fórmula associando os métodos craniométricos e, por fim, avaliar a acurácia da predição sexual em cada uma das fórmulas preconizadas para a população neerlandesa.

## 2 ARTIGO

Artigo em Português

### ASSOCIAÇÃO DE DOIS MÉTODOS CRANIOMÉTRICOS PARA PREDIÇÃO SEXUAL EM IMAGENS POR TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO

Thiago de Oliveira GAMBAA<sup>a</sup>, Mayra Cristina YAMASAKI<sup>a</sup>, Francisco Carlos GROPPPO<sup>b</sup>, Heraldo Luis Dias da SILVEIRA<sup>c</sup>, Solange Maria de Almeida BOSCOLO<sup>a</sup>, Gerard C. H. SANDERINK<sup>d</sup>, W. Erwin R. BERKHOUT<sup>d</sup>.

<sup>a</sup>Department of Oral Diagnosis, Piracicaba Dental School, University of Campinas, Piracicaba, Brazil.

<sup>b</sup>Department of Department of Physiological Sciences, Piracicaba Dental School, University of Campinas, Piracicaba, Brazil.

<sup>c</sup>Department of Surgery and Orthopedics, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

<sup>d</sup>Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Academic Centre for Dentistry Amsterdam (ACTA), Amsterdam, Netherlands.

Autor Correspondente:

Thiago de Oliveira Gamba

Faculdade de Odontologia de Piracicaba-Universidade Estadual de Campinas-Departamento de Diagnóstico Oral

Av. Limeira, 901, Cx Postal 52

13414-903

Piracicaba, São Paulo, Brasil

Telefone: (+55) 19 2106-5321

E-mail: thiagodeo.gamba@gmail.com

## Resumo

**Objetivo:** Os objetivos do presente estudo foram avaliar a predição sexual em dois métodos craniométricos por meio de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) em uma população neerlandesa; construir fórmulas para predição sexual (PS) em cada um dos métodos craniométricos, além de construir outra fórmula associando os métodos e, também, avaliar a acurácia da predição sexual em cada um dos métodos craniométricos na população neerlandesa.

**Métodos:** Foi selecionada uma amostra de 160 imagens de TCFC de indivíduos de uma população neerlandesa (80 homens e 80 mulheres). As imagens foram analisadas por 2 avaliadores, que desenvolveram sete mensurações na região de seio maxilar (chamado primeiro método) e nove mensurações em região de canal mandibular (chamado segundo método). Em cada um dos métodos foram selecionadas as medidas mais preditivas para construção das fórmulas a fim de encontrar a acurácia da PS em cada método.

**Resultados:** Em todas as medidas houve diferença estatística entre os sexos. Já na análise da regressão logística os resultados mostraram, no primeiro método, duas variáveis com maior índice de predição sexual com uma acurácia de 75%, no segundo grupo quatro variáveis mostraram uma acurácia de 71,9% e posteriormente associando os métodos pode-se encontrar a seleção de outras quatro variáveis com uma acurácia na PS de 78,5%.

**Conclusão:** Houve diferença estatisticamente significativa entre os sexos entre todas as mensurações e também os valores da acurácia encontrados para cada um dos métodos foram: primeiro método (75%), segundo método (71,9%) e associando os métodos a acurácia na PS aumentou para 78,5%. Assim, as fórmulas desenvolvidas no presente estudo podem ser aplicadas para PS como um método auxiliar na identificação humana na população neerlandesa.

**Palavras-chave:** Radiologia, seio maxilar, mandíbula, tomografia computadorizada de feixe cônico.

## 1. Introdução

O termo identidade é denominado como o conjunto de características presente em um indivíduo, capaz de por si só diferenciá-lo dos demais. Além disso, a identificação é outro conceito que visa o alcance de características semelhantes em indivíduos desaparecidos a partir de indícios pré e pós-desaparecimento. Neste sentido, o processo de identificação humana (IH) é o primeiro passo quando os odontologistas se deparam com remanescentes ósseos de indivíduos desaparecidos (Gamba, Alves, & Haiter-Neto, 2016). Os principais métodos capazes de auxiliar na IH são pela estimativa da idade cronológica, estatura e predição sexual (PS) de um indivíduo. A predição ou diferenciação sexual apresenta um papel importante na identificação de remanescentes ósseos de indivíduos desaparecidos. Diferentes estudos já comprovaram que os ossos com maior capacidade de diferenciação são a pelve e o crânio (Di Vella, Campobasso, Dragone, & Introna, 1994; Angelis et al., 2015; Gamba, Alves, & Haiter-Neto, 2016). Em contrapartida, muitas vezes, os remanescentes ósseos sofrem extrema fragmentação ou carbonização, restando apenas o crânio destes indivíduos e sendo este responsável pela identificação final. Consequentemente, a partir do crânio, o método mais frequentemente utilizado para identificação dos remanescentes ósseos pela PS é a antropometria sendo que quando as medidas são realizadas no crânio são denominadas de craniometria, podendo ser, lineares, angulares ou pelo volume. Neste sentido, o paquímetro digital é o instrumento mais utilizado em diferentes estruturas anatômicas para análise do dimorfismo sexual no complexo craniomaxilomandibular (Di Vella, Campobasso, Dragone, & Introna, 1994; Rainio, Lalu, Ranta, & Penttilä, 2001; Mahakkanukrauh et al., 2015; Ramamoorthy, Pai, Prabhu, & Muralimanju, 2016).

Entretanto, atualmente alguns métodos imagiológicos possibilitam a realização de forma rápida e acurada do mesmo procedimento realizado pelos paquímetros. Um desses métodos com grande potencial de auxílio na odontologia legal é a Tomografia Computadorizada de Feixe em Leque (TCFL) (Rooppakhun, Surasith, Vatanapatimakul, Kaewprom, & Sitthiseripratip, 2010). O maior objetivo da TCFL é auxiliar no desvendamento de características de corpos muito desfigurados e esclarecer questões que venham a surgir no momento da revisão do caso pelos profissionais da área forense (Biwasaka et al., 2009; Leth, 2009). Desta forma, inúmeros autores relatam a importante utilidade da tomografia como um exame auxiliar aos peritos criminais. Somado a isso, existem outros métodos imagiológicos semelhantes à TCFL como é o caso da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC), um sistema de tomografia voltada à região de cabeça e pescoço, com a mesma

acurácia para tecidos duros que a TCFL, porém com uma maior facilidade de acesso a realização do exame em clínicas e universidades se comparado com a TCFL (Marmulla, Wörtche, Mühling, & Hassfeld, 2005; Leth, 2009; von See et al., 2009; Biwasaka et al., 2009; Angel, Mincer, Chaudhry, & Scarbecz, 2011; Gamba, Alves, & Haiter-Neto, 2014;).

Alguns pesquisadores (Uthman et al., 2011) vêm sugerindo a utilização de imagens tomográficas na análise da PS. Nesse sentido, pesquisas têm indicado diferentes estruturas anatômicas com potencial dimórfico como é o caso dos seios maxilares (SMs). Um estudo realizado em indivíduos iraquianos realizou mensurações nos SMs em imagens de TCFL encontrando uma acurácia entre a associação das medidas mais dimórficas de 73,9% e também resultados que podem ser utilizadas quando outros métodos apresentam-se inconclusivos. Contudo, tais estudos precisam ser reproduzidos em diferentes populações com o intuito de futuras comparações para identificação de características específicas destas morfologias nos distintos grupos populacionais (Uthman, Al-Rawi, Al-Naaimi, & Al-Timimi, 2011).

Além dos SMs, estudos (Angel, Mincer, Chaudhry, & Scarbecz, 2011; Gamba, Alves, & Haiter-Neto, 2014) têm utilizado imagens tomográficas na avaliação de outras estruturas anatômicas como a posição relativa do canal mandibular e os seus respectivos forames, mandibular e mental. Indiscutivelmente, estas diferenças propostas podem ser utilizadas como valores forenses para IH de remanescentes ósseos humanos. Somado a isso, foi demonstrado em uma população americana, que a localização relativa do canal mandibular associado aos forames mental e mandibular permanecem relativamente constantes no estudo da PS (Angel, Mincer, Chaudhry, & Scarbecz, 2011). Por outro lado, medidas semelhantes foram aplicadas em uma população brasileira encontrando resultados com uma acurácia de 86,1% na PS. Assim, fica evidenciada a importância de pesquisas utilizando imagens por TCFC associando diferentes métodos preditivos com intuito da seleção de medidas mais dimórficas que venham aumentar a acurácia na PS e também identificar características peculiares em diferentes populações pelo mundo (Angel, Mincer, Chaudhry, & Scarbecz, 2011; Gamba, Alves, & Haiter-Neto, 2014).

Assim, os objetivos deste estudo foram avaliar a predição sexual em dois métodos craniométricos por meio de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) em uma população neerlandesa; selecionar as variáveis mais dimórficas e construir fórmulas para predição sexual em cada um dos métodos, além de construir outra fórmula associando os

métodos e, por fim, avaliar a acurácia da predição sexual em cada um dos métodos craniométricos na população neerlandesa.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Seleção da Amostra**

Foram selecionadas 245 imagens de TCFC as quais foram divididas em dois grupos. O primeiro com 160 imagens de TCFC (80 imagens de indivíduos do sexo masculino e 80 do sexo feminino) e o segundo grupo com 85 imagens (42 imagens de indivíduos do sexo masculino e 43 do sexo feminino) sendo separadas previamente para testar o modelo construído a partir do primeiro grupo (fórmula construída no presente estudo). Apenas foram incluídas na amostra, imagens de pacientes adultos com idade entre 20 e 60 anos e que abrangessem a região de seios maxilares e mandíbula por completo. Posteriormente as imagens foram divididas em 4 grupos etários (20-30, 31-40, 41-50, 51-60) e divididas em grupos com 40 imagens (20 do sexo masculino e 20 do sexo feminino). Todas as imagens foram selecionadas a partir de um arquivo de imagens de pacientes atendidos na Clínica de Radiologia Odontológica do Centro Acadêmico de Odontologia Amsterdã (*ACTA*), localizada na cidade de Amsterdã, Países Baixos. Não foi necessária a aprovação no comitê de ética da *ACTA*, Países baixos, pois as imagens de TCFC foram anonimamente selecionadas no banco de imagens. Um radiologista oral selecionou visualmente todas as imagens para o estudo. A seleção foi baseada na exclusão de imagens de TCFC com qualquer tipo de condição patológica e/ou fraturas em região de maxila e mandíbula, assim como indivíduos edêntulos totais ou com ausência bilateral dos 1º molares superiores e inferiores.

As imagens por TCFC foram adquiridas por meio do tomógrafo NewTom 5G CBCT (QR Srl, Verona, Italy) com os seguintes parâmetros de aquisição: 110 kVp, 2 mA, *voxel* de 0,3 e um *Field of View* (FOV) de 15 x 12 cm. Todas as imagens usadas neste estudo foram obtidas com os pacientes em posição supinada. A posição da cabeça foi mantida pelo dispositivo próprio do aparelho. Durante o exame, os pacientes permaneceram ainda em máxima intercuspidação. Em seguida, cada uma das imagens foi exportada no formato Dicom para serem analisadas posteriormente.

### **2.2 Medidas Tomográficas**

Com relação às mensurações, imagens de reconstruções multiplanares foram geradas pelas ferramentas próprias do software OnDemand3D (CyberMed, Seoul, Coreia do Sul) após

importação do arquivo DICOM de cada paciente. As medições foram realizadas em duas regiões distintas do crânio. A primeira, chamada de primeiro método, realizado na região do SM, e a segunda, denominada de segundo método, foram realizadas na região de CM em três localizações diferentes do CM (região do forame mandibular, primeiro molar e forame mental). Com este objetivo, os observadores alinharam o posicionamento da maxila e da mandíbula nas imagens de TCFC, a fim de padronizar as medidas. Este alinhamento foi realizado inicialmente na vista sagital, posicionando a linha horizontal do cursor, presente nas reconstruções multiplanares, englobando tanto a espinha nasal anterior quanto à espinha nasal posterior. Em seguida, a linha vertical do cursor na vista axial foi posicionada sobre os mesmos pontos anatômicos e finalmente a mesma linha vertical do cursor também foi sobreposta no plano sagital do indivíduo na vista coronal nas imagens de TCFC. Desta forma, cada observador pode pesquisar nas reconstruções multiplanares e encontrar suas maiores medidas em altura, largura e comprimento. Inicialmente, sete mensurações foram realizadas nos SMs nas imagens de TCFC (primeiro método craniométrico). Todas as mensurações foram desenvolvidas visando sua maior extensão em altura, largura e comprimento; duas delas sendo realizadas nas vistas coronais (altura); Altura do seio maxilar do lado direito (ASMD) (Figura 1- 1a) e altura do seio maxilar do lado esquerdo (ASME) (Figura 1- 1b); as outras cinco sendo realizadas nas vistas axiais (largura e comprimento); Largura do seio maxilar do lado direito (LSMD) (Figura 2- 2c); Comprimento do seio maxilar do lado direito (CSMD) (Figura 2- 2a); Largura do seio maxilar do lado esquerdo (LSME) (Figura 2- 2d); Comprimento do seio maxilar do lado esquerdo (CSME) (Figura 2- 2e); Largura total entre os seios maxilares (LTSM) (Figura 2- 2e). Da mesma forma, outras nove mensurações foram realizadas na mandíbula (segundo método craniométrico), sendo divididas em três regiões específicas: região de forame mandibular, com a realização de duas mensurações nas vistas axiais, a distância do forame mandibular até à parte mais anterior do ramo mandibular (FmaARm) (Figura 3- 3a); e a distância do forame mandibular até à parte mais posterior do ramo mandibular (FmaPRm) (Figura 3- 3b); outra região analisada foi a região de primeiro molar, com a realização de cinco mensurações nas vistas coronais, A distância do teto do canal mandibular até a parte mais superior da coroa do 1º molar (CMS1M ) (Figura 3- 3c); A distância entre o teto do canal mandibular até a parte mais superior do rebordo alveolar (CMSRa) (Figura 3- 3d); A distância entre o assoalho do canal mandibular até a base da mandíbula (CMBM) (Figura 3- 3e); A distância do canal mandibular (porção lingual) até a porção lingual da cortical alveolar (CMLCA) (Figura 3- 3f); A distância do canal mandibular (porção vestibular) até a porção vestibular da cortical alveolar (CMVCA) (Figura 3- 3g) e por

fim, na região de forame mental, duas mensurações nas vistas coronais A distância do forame mental até a parte mais superior do rebordo alveolar (FmeSRa) (Figura 3- 3h) e a distância do forame mental até a base da mandíbula (FmeBM) (Figura 3- 3i). Todas as mensurações realizadas por dois observadores, cirurgiões-dentistas, radiologistas, com experiência na interpretação de imagens por TCFC. Um total de 25 % da amostra foi repetida duas semanas após o final da análise.

### **2.3. Análise estatística**

Todos os dados foram submetidos à análise estatística por meio dos softwares Graphpad Prism 6.0 (GraphPad Software, La Jolla, Ca, USA) e Bioestat 5.0 (Mamiraua Institute, Belem, Pa, Brazil). A confiabilidade das mensurações foi avaliada por meio do coeficiente de correlação intraclassa (CCI). Além disso, realizou-se a análise de variância (ANOVA) com modelo apropriado para experimentos com um fator (one-way anova) e por fim, foi ajustado o modelo de regressão logística (RL) precedido da seleção das variáveis pelo método *stepwise*, assim como construção do logito (fórmula). O logito obtido pela regressão logística foi validado por outra amostra pré-selecionada na mesma população neerlandesa. Em todos os testes estatísticos foi adotado o nível de significância de 5%.

## **3. Resultados**

### **3.1. Teste de Correlação Intraclassa (ICC- Índice de Correlação Intraclassa).**

Após análise do teste de correlação intraclassa, pode-se observar que com relação à concordância intra-observador os observadores 1 e 2 apresentaram valores de concordância de todas as medidas (primeiro e segundo método) superiores a 0.87. No primeiro método, os valores de concordância da análise inter-observador foram superiores a 0,93. No segundo método, todas as medidas apresentaram valores superiores a 0,82, exceto quatro mensurações, duas em região de forame mandibular (FmaARm e FmaPRm), ambas apresentando o valor 0,63 de concordância inter-observador, assim como dois valores de medidas realizadas em região de primeiro molares (CMVCA e CMLCA) evidenciando os valores 0,5 e 0,58 respectivamente.

### **3.2 Anova (One-way)**

Por meio da análise de variância foi possível observar que todas as medidas nos dois métodos apresentaram valores de  $p < 0,05$  evidenciando diferença estatisticamente significativa



entre os sexos (Tabelas 1 e 2). Por outro lado, não houve diferença estatisticamente significativa entre os quatro grupos etários ( $p > 0,05$ ).

### 3.3. Regressão Logística- Modelo univariado

No presente estudo foi realizado um modelo de RL em três análises diferentes. Inicialmente foi construído um modelo que analisou apenas as mensurações realizadas nos SM (primeiro método), a seguir, outro modelo foi construído a partir das mensurações no CM (segundo método) e, finalmente, foi construída uma fórmula associando as medidas dos dois métodos. Dentro da análise da RL, pelo modelo stepwise, que é o método responsável pela seleção das variáveis mais preditivas, também pôde-se encontrar a taxa de acurácia de cada método para PS. Após a seleção das variáveis mais preditivas, também por métodos estatísticos da RL, obteve-se uma tabela de ajuste e são a partir destas tabelas que foram construídas as três fórmulas responsáveis pela PS em cada um dos métodos (Tabelas 3, 4, 5). No caso específico do primeiro método, foram selecionadas duas medidas: Altura Média dos SMs (AMSMs) (entre ASMD e ASME) e o Comprimento Médio de SMs (CMSMs) (entre CSMD e CSME) e depois a fórmula do primeiro método foi construída (Tabela 3). O primeiro valor inserido na fórmula é o valor do coeficiente-constante, em seguida o valor da AMSM é multiplicado pelo valor do coeficiente de medição AMSM posteriormente este conjunto é somado com o valor do CMSM multiplicado pelo valor da medição do coeficiente do CMSM e, dessa forma, a função logística (logito) (fórmula) é construída, uma função construída com a finalidade de prever o sexo de um indivíduo (Tabela 3).

Logito= Sexo = - 13.6 + (0.163 × AMSM) + (0.164 × CMSM) (Tabela 3).

Em cada fórmula construída pela RL nesta amostra da população neerlandesa, é possível também encontrar a taxa de acurácia da PS em cada um dos métodos e este valor da acurácia é fornecido pela análise de RL pelo método stepwise. No caso específico do primeiro método, a taxa de acurácia para PS encontrada foi de 75%. Com o objetivo de testar a fórmula construída, uma segunda amostra com 85 indivíduos neerlandeses (42 homens e 43 mulheres) foi testada, encontrando uma precisão de 62,3%. Tal fórmula pode ser aplicada para auxiliar a odontologia forense na IH para PS de um crânio desconhecido pertencente à um indivíduo da população neerlandesa. O primeiro passo seria escanear o crânio em um aparelho de TCFC, em seguida realizar as medidas selecionadas pela fórmula (AMSM e CMSM) em um software nativo ou mesmo em um visualizador de imagens de TCFC, sendo estas medidas no

caso específico do primeiro método, e finalmente estes valores são inseridos na fórmula obtendo-se um valor de logito. Quando os valores são superiores a 0,5, sugere-se que o indivíduo é do sexo masculino, no caso de ser inferior a 0,5, pertence ao sexo feminino. Este método é aplicado da mesma forma para as fórmulas construídas no segundo método e também na associação entre os métodos.

Em seguida, da mesma forma as variáveis mandibulares (segundo método) foram analisadas pela RL encontrando quatro medidas em região de mandíbula com maior capacidade de PS que foram: FmaPRm, FmeSRa, CMVCA e CMBM. De forma semelhante ao primeiro método foi realizada a análise de máxima verossimilhança nas quatro variáveis selecionadas, (Tabela 4) obtendo a seguinte função logística:

$$\text{Logito} = - 10,7 + (0,258 \times \text{FmaPRm}) + (0,291 \times \text{FmeSRa}) + (0,414 \times \text{CMVCA}) + (0,248 \times \text{CMBM}) \text{ (Tabela 4).}$$

Para o modelo original das medidas no canal e forames mandibulares pode-se observar um índice de acurácia na PS de 71,9%, seguido pelo valor de acurácia na validação da fórmula de 69,4%. Por fim, com o intuito de obter um aumento da acurácia na predição sexual, os métodos foram associados para seleção mútua das variáveis com maior poder de predição. Desta forma, o modelo associando os dois métodos selecionou quatro medidas: AMSM, CSMD, FmaARm e FmaPRm. Da mesma forma, que nos métodos anteriores foi aplicado a RL pelo método stepwise nas quatro medidas selecionadas ocasionando na construção da seguinte função:

$$\text{Logito} = - 23,1 + (0,186 \times \text{AMSM}) + (0,182 \times \text{CSMD}) + (0,293 \times \text{FmaARm}) + (0,434 \times \text{FmaPRm}) \text{ (Tabela 5).}$$

Posteriormente, após a construção da fórmula associando os métodos preditores pôde-se evidenciar um aumento da acurácia da PS, neste modelo, que foi de 78,5%. A validação nesta fórmula final encontrou uma acurácia de 65,9%.

#### **4. Discussão**

Analisando inicialmente o SM, características semelhantes e distintas foram observadas entre diferentes populações. Os resultados encontrados no presente estudo, em uma população neerlandesa, mostraram a medida da altura do SM como uma variável de alto potencial para PS encontrando uma acurácia de 75% nesta população. Entretanto, após a

validação do método, a acurácia da PS diminuiu para 62,3%. A construção de uma fórmula visa prever o sexo de um indivíduo desaparecido, contudo a confiabilidade desta está diretamente relacionada a uma posterior validação que utiliza dados de uma amostra distinta da original, por este motivo o seu valor da acurácia tende a diminuir quando a fórmula é testada (validada). Uthman et al. (Uthman et al., 2011) encontraram em uma população iraquiana a medida da ASME como a medida mais preditora, dentre as medidas sinusais, além disso, nesta mesma população os autores encontraram 73,9% de acurácia na PS utilizando as medidas de comprimento, altura e largura dos SM. Da mesma forma, Teke et al. (Teke, Duran, Canturk, & Canturk, 2007) encontraram em uma população turca também a ASME como a medida mais preditora; entretanto com um valor de acurácia inferior, 69,3%. Os autores sugeriram que tal diferença de acurácia é explicada pela diferença de técnica utilizada entre os estudos, visto que o estudo realizado na população turca mensurou a altura do SM por meio da multiplicação do número de cortes pela espessura de corte, explicando por isto mais baixa acurácia. Devido a isso, discordamos que a explicação pela diferença de acurácia entre os estudos tenha sido ocasionada pela diferença de técnicas aplicadas, mas sim por características morfométricas específicas de cada população, baseada na seleção em cada amostra de medidas diferentes para cada uma dessas populações.

De forma similar, é possível analisar as medições em SM como um método preditor para o sexo. Em estudo da PS por imagens de TC em uma população egípcia, Amin et al. (Amin & Hassan, 2012) avaliaram oito mensurações em SM e observaram que as variáveis, altura do SM esquerdo e tamanho do SM do lado esquerdo apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os sexos. Da mesma forma, Fernandes (Fernandes, 2004) relatou que as medidas em SM são maiores nos homens em relação às mulheres na Europa, entretanto também relatam que a largura dos SM na população Zulu é mais estreita e isso pode ser explicado pelo papel racial ou até a idade dos indivíduos eram maiores. Da mesma forma, pode-se analisar na população neerlandesa que em todas as mensurações tomográficas, em ambos os métodos, as variáveis do sexo masculino foram sempre superiores a do sexo feminino, concordando com a afirmação de Fernandes (Fernandes, 2004), que afirmou ser esta uma característica da população da Europa. Além disso, foi observado no presente estudo realizado com uma população do norte da Europa que as mesmas medidas em quatro grupos etários (20-30, 31-40, 41-50, 51-60 anos) não apresentaram diferença estatisticamente significativa nestas mensurações craniométricas. Por este motivo, já podemos utilizar estes resultados em futuras comparações entre populações quando se estiver investigando a

identificação de indivíduos neerlandeses. Ao tentar definir o canal mandibular e seus respectivos forames, como um preditor sexual, Gamba et al. (Gamba et al., 2014) observaram em uma população brasileira que, por meio do teste análise de variância, todas as medidas analisadas apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os sexos, exceto a medida da distância do canal mandibular (porção vestibular) até a cortical vestibular da mandíbula. No presente estudo, analisando as mesmas medidas mandibulares em imagens de TCFC e com uma amostra semelhante, foi possível observar diferença estatisticamente significativa entre os sexos em todas as medidas. Tal resultado ratifica a importância da análise morfométrica em diferentes populações pelo mundo. Em avaliação da PS por meio de imagens de TCFC, Angel et al. (Angel et al., 2011) pesquisaram a posição do canal e forames mandibulares em uma população americana não encontrando diferença estatística entre os sexos e idade. Em contrapartida, Levine et al. (Levine, Goddard, & Dodson, 2007) também em uma população americana, relataram que os pacientes mais velhos e caucasianos apresentam uma menor distância do canal mandibular até a cortical bucal da mandíbula. Similarmente, Cutright et al. (Cutright, Quillopa, & Schubert, 2003), em um estudo com americanos, relataram que a posição do forame mental apresentou diferença significativa entre os sexos. Em contrapartida, Afsar et al. (Afsar, Haas, Rossouw, & Wood, 1998) em uma população canadense analisaram a PS em radiografias panorâmicas e em telerradiografias e observaram que a posição relativa do forame mandibular é altamente variável e sem correlação entre idade e sexo. Neste sentido pode-se observar em um mesmo continente resultados distintos em relação à posição do canal mandibular na mandíbula, o que evidencia a necessidade da realização de diferentes estudos por região em países de grandes dimensões para identificação das características morfológicas ósseas bem definidas em um país e também em diferentes continentes pelo mundo.

Ao tentar definir a acurácia na PS em uma população brasileira, Gamba et al. (Gamba et al., 2014) estudaram por meio da seleção de cinco variáveis pelo método de *stepwise* a porcentagem da acurácia na predição do sexo encontrando um valor de 86,1%. Por outro lado, o presente estudo analisando a população neerlandesa, utilizando as mesmas mensurações em imagens por TCFC encontrou uma acurácia de 71,9%. Tal diminuição pode ser explicada justamente pelas características morfológicas distintas entre as populações, ocasionadas por fatores genéticos e ambientais diversos. Além disso, a população brasileira apresenta dimensões faciais mais variadas por ser uma população muito miscigenada diferente da população neerlandesa com uma morfologia mais bem definida. O presente estudo com o

intuito de aumentar a acurácia na PS na população neerlandesa preconizou associar métodos com o intuito de aumentar a porcentagem de acerto no sexo. A associação de dois métodos testados (seio maxilar, canal e forames mental e mandibular) pode aumentar significativamente a acurácia para 78,75%, esse resultado estabelece a necessidade de novas associações com métodos craniométricas com o intuito de aumentar ainda mais a acurácia de populações com morfologias faciais semelhantes com é a população neerlandesa.

## **5. Conclusão**

Assim, diante dos resultados encontrados pode-se concluir que houve diferença estatisticamente significativa em todas as mensurações analisadas entre os sexos com valores da acurácia encontrados para o primeiro método de 75%, segundo método de 71,9% e com a associação dos métodos de 78,5%. Por estes motivos, as fórmulas desenvolvidas no presente estudo podem ser aplicadas para predição sexual como um método auxiliar na identificação humana na população neerlandesa.

## Referências

- Afsar, A., Haas, D. A., Rossouw, P. E., & Wood, R. E. (1998). Radiographic localization of mandibular anesthesia landmarks. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 86(2), 234–41.
- Amin M. F, Hassan E. I. (2012) Sex identification in Egyptian population using Multidetector Computed Tomography of the maxillary sinus. *J Forensic Leg Med*;19(2):65-9.
- Angel, J. S., Mincer, H. H., Chaudhry, J., & Scarbecz, M. (2011). Cone-beam computed tomography for analyzing variations in inferior alveolar canal location in adults in relation to age and sex. *Journal of Forensic Sciences*, 56(1), 216–9.
- Angelis, D. De, Gibelli, D., Gaudio, D., Cipriani, F., Guercini, N., Varvara, G., ... Cattaneo, C. (2015). Sexual dimorphism of canine volume : A pilot study. *Legal Medicine*, 17(3), 163–166.
- Biwasaka, H., Aoki, Y., Tanijiri, T., Sato, K., Fujita, S., Yoshioka, K., & Tomabechi, M. (2009). Analyses of sexual dimorphism of contemporary Japanese using reconstructed three-dimensional CT images--curvature of the best-fit circle of the greater sciatic notch. *Legal Medicine (Tokyo, Japan)*, 11 Suppl 1, S260-2.
- Cutright, B., Quillopa, N., & Schubert, W. (2003). An anthropometric analysis of the key foramina for maxillofacial surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 61(3), 354–357.
- Di Vella, G., Campobasso, C. P., Dragone, M., & Introna, F. Jr. (1994). Skeletal sex determination by scapular measurements. *Bollettino Della Società Italiana Di Biologia Sperimentale*, 70(12), 299–305.
- Fernandes, C. L. (2004). Volumetric analysis of maxillary sinuses of Zulu and European crania by helical, multislice computed tomography. *The Journal of Laryngology and Otology*, 118(11), 877–81.
- Gamba, T. O., Alves, M. C., & Haiter-Neto, F. (2014). Analysis of sexual dimorphism by locating the mandibular canal in images of cone-beam computed tomography. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 2(2), 72–76.
- Gamba, T. O., Alves, M. C., & Haiter-Neto, F. (2016). Mandibular sexual dimorphism analysis in CBCT scans. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 38, 106–10.

- Leth, P. M. (2009). Computerized Tomography Used as a Routine Procedure at Postmortem Investigations. *Am J Forensic Med Pathol*, 30(3), 219-222.
- Levine, M. H., Goddard, A. L., & Dodson, T. B. (2007). Inferior alveolar nerve canal position: a clinical and radiographic study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 65(3), 470-4.
- Mahakkanukrauh, P., Sinthubua, A., Prasitwattanaseree, S., Ruengdit, S., Singsuwan, P., Praneatpolgrang, S., & Duangto, P. (2015). Craniometric study for sex determination in a Thai population. *Anatomy & Cell Biology*, 48(4), 275-83.
- Marmulla, R., Wörtche, R., Mühling, J., & Hassfeld, S. (2005). Geometric accuracy of the NewTom 9000 Cone Beam CT. *Dento Maxillo Facial Radiology*, 34(1), 28-31.
- Rooppakhun S, Surasith P, Vatanapatimakul N, Kaewprom Y, Sitthiseripratip K. (2010). Craniometric Study of Thai Skull Based on Three-Dimensional Computed Tomography ( CT ) Data. *J Med Assoc Thai*, 93(1), 90-98.
- Rainio, J., Lalu, K., Ranta, H., & Penttilä, A. (2001). Radiology in forensic expert team operations. *Legal Medicine*, 3(1), 34-43.
- Ramamoorthy, B., Pai, M. M., Prabhu, L. V, & Muralimanju, B. V, Rai R. (2016). Journal of Forensic and Legal Medicine Assessment of craniometric traits in South Indian dry skulls for sex determination. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 37, 8-14.
- Teke, H. Y., Duran, S., Canturk, N., & Canturk, G. (2007). Determination of gender by measuring the size of the maxillary sinuses in computerized tomography scans. *Surgical and Radiologic Anatomy: SRA*, 29(1), 9-13.
- Uthman, A. T., Al-Rawi, N. H., Al-Naaimi, A. S., & Al-Timimi, J. F. (2011). Evaluation of maxillary sinus dimensions in gender determination using helical CT scanning. *Journal of Forensic Sciences*, 56(2), 403-8.
- von See, C., Bormann, K. H., Schumann, P., Goetz, F., Gellrich, N. C., & Rucker, M. (2009). Forensic imaging of projectiles using cone-beam computed tomography. *Forensic Science International*, 190(1-3), 38-41.

## Tabelas

**Tabela 1** Média (M) e Desvio padrão (DP) para as dez mensurações nos seios maxilares comparando as diferenças entre os sexos masculino e feminino.

Variáveis (mm)	Sexo masculino	Sexo feminino	Valor de p
	M (DP)	M (DP)	
<b>ASMD</b>	43,5 ±4,9	38,8 ±4,71	<0,0001
<b>ASME</b>	43,4 ±4,7	39,1 ±4,7	<0,0001
<b>AMSM</b>	43,5 ±4,6	39,0 ±4,5	<0,0001
<b>CSMD</b>	43,2 ±3,4	40,4 ±2,8	<0,0001
<b>CSME</b>	43,1 ±3,3	41,0 ±2,7	<0,0001
<b>CMSM</b>	43,1 ±3,2	40,5 ±2,6	<0,0001
<b>LSMD</b>	31,2 ±4,4	29,1 ±3,4	0,0006
<b>LSME</b>	31,3 ±4,0	29,3 ±3,2	0,0006
<b>LMSM</b>	31,3 ±4,0	29,2 ±3,2	0,0003
<b>LTSM</b>	86,6 ±7,2	80,9 ±5,8	<0,0001



**Tabela 2** Média (M) e Desvio padrão (DP) para as nove mensurações nos seios maxilares comparando as diferenças entre os sexos masculino e feminino.

<b>Variáveis (mm)</b>	<b>Sexo masculino</b>	<b>Sexo feminino</b>	<b>Valor de p</b>
	<b>M±DP</b>	<b>M±DP</b>	
<b>FmaARm</b>	14,4 ±2,2	13,3 ±2,3	0,0036
<b>FmaPRm</b>	9,2 ±1,6	8,2 ±1,4	<0,0001
<b>FmeSRa</b>	16,6 ±2,1	15,0 ±2,2	<0,0001
<b>FmeBM</b>	15,8 ±2,2	15,0 ±1,9	0,0173
<b>CMS1M</b>	26,8 ±3,1	25,0 ±2,6	<0,0001
<b>CMSRa</b>	18,6 ±2,7	17,3 ±2,5	0,0016
<b>CMVCA</b>	4,5 ±1,5	4,0 ±1,1	0,0161
<b>CMBM</b>	9,0 ±1,9	7,8 ±1,8	<0,0001
<b>CMLCA</b>	4,3 ±1,4	4,2 ±1,3	<0,0001

**Tabela 3** Tabela de ajustamento: Análise de máxima verossimilhança do primeiro método (seio maxilar).

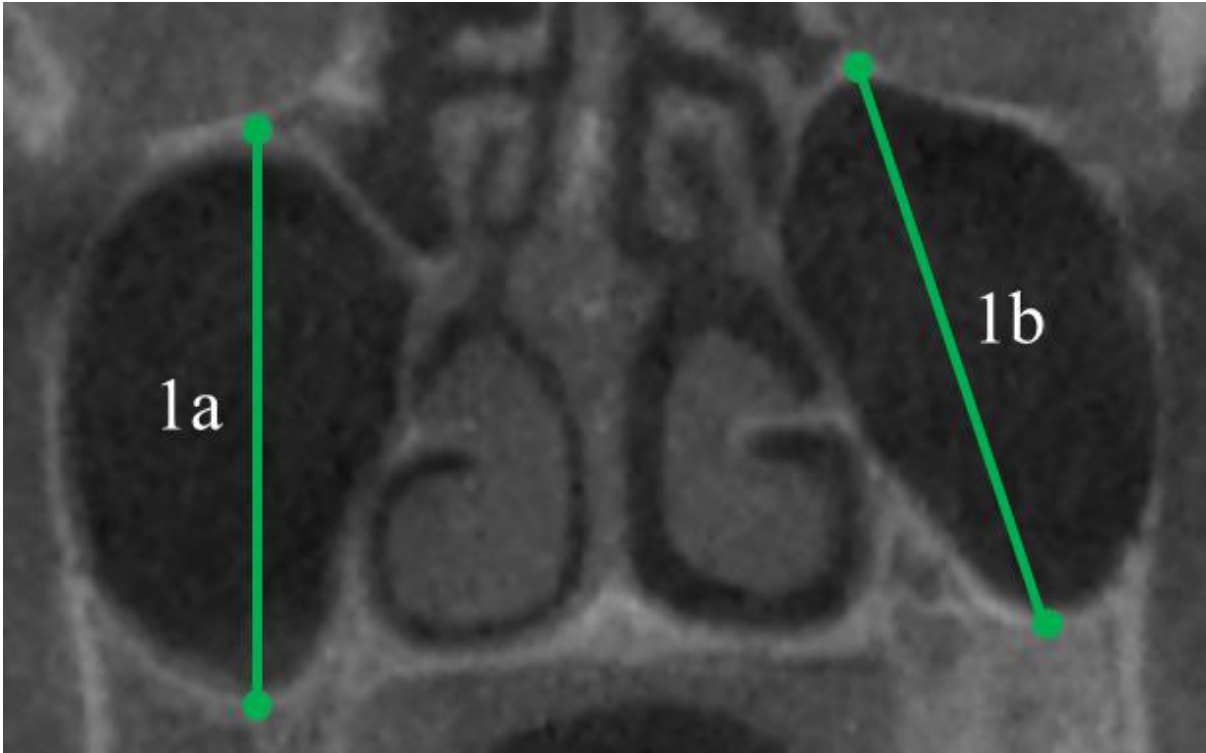
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Wald Chi-Square</b>	<b>Valor de p</b>
<b>AMSM</b>	0,163	0,053	9,5	0,0020
<b>CMSM</b>	0,164	0,079	4,3	0,0370
<b>Constante</b>	- 13,6	2,86	22,5	<0,0001

**Tabela 4** Tabela de ajustamento: Análise de máxima verossimilhança do segundo método (canal e forames mandibulares).

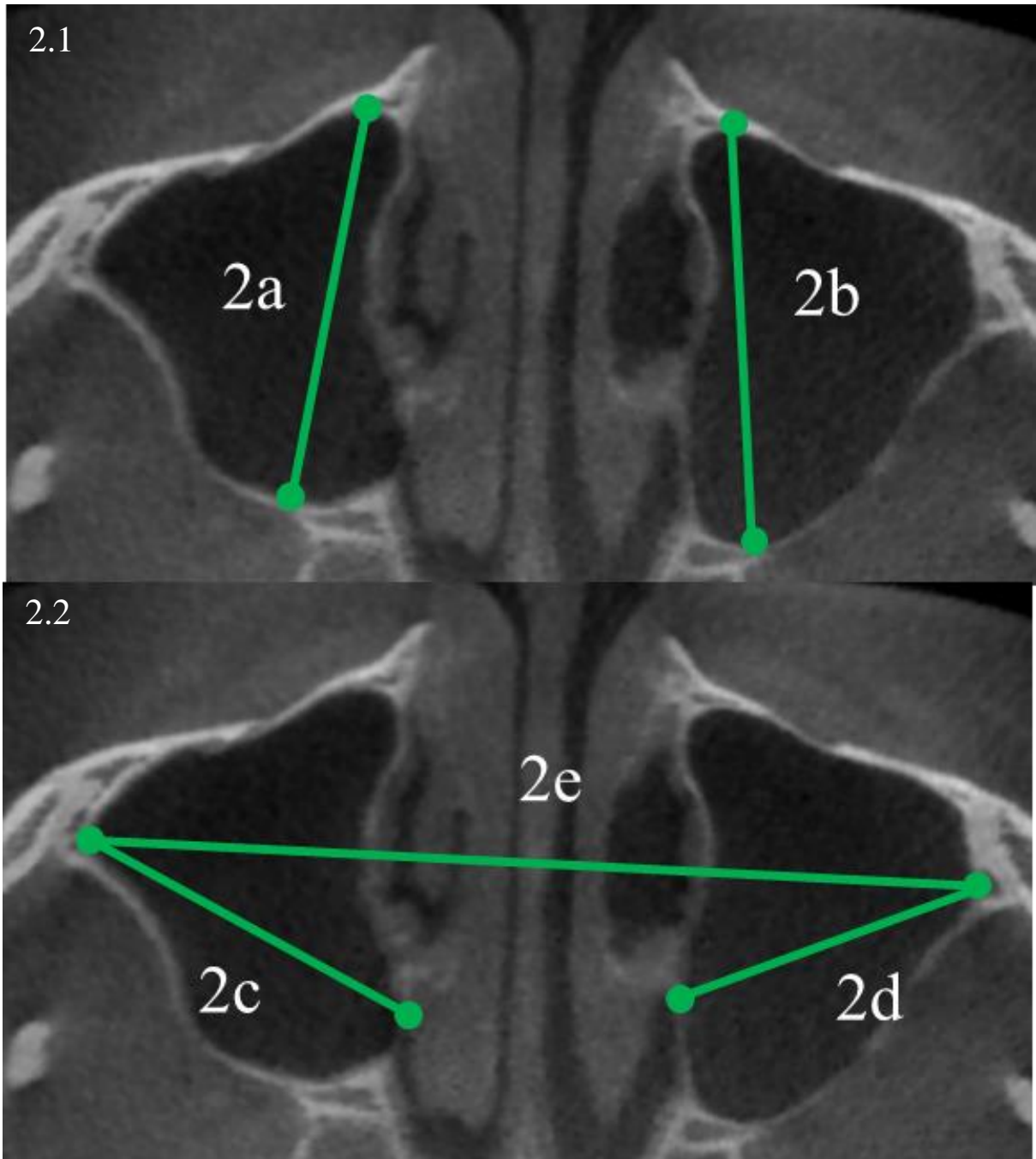
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Wald Chi-Square</b>	<b>Valor de p</b>
<b>FmaPRm</b>	0,258	0,134	3,735	0,043
<b>FmeSRa</b>	0,291	0,093	9,821	0,002
<b>CMVCA</b>	0,414	0,151	7,458	0,006
<b>CMBM</b>	0,248	0,107	5,334	0,021
<b>Constante</b>	- 10,7	1,95	30,2	<0,0001

**Tabela 5** Tabela de ajustamento: Análise de máxima verossimilhança associando os dois métodos (seio maxilar associado com canal e forames mandibulares).

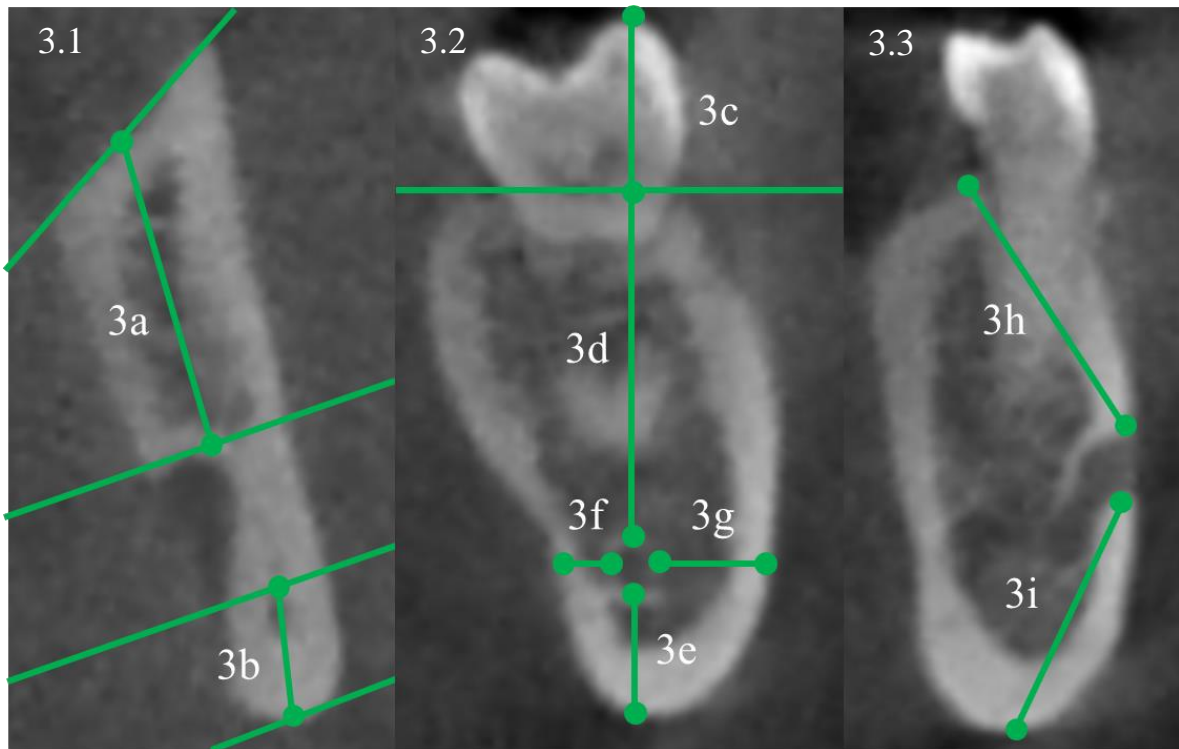
<b>Parâmetro</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>Wald Chi-Square</b>	<b>Valor de p</b>
<b>AMSM</b>	0,186	0,057	10,6	0,0011
<b>CSMD</b>	0,182	0,082	4,9	0,0271
<b>DFMAR</b>	0,293	0,099	8,8	0,0030
<b>DFMPR</b>	0,434	0,135	10,3	0,0013
<b>Constante</b>	-23,1	4,06	32,3	<0,0001

**Figuras**

**Figura 1:** Imagem de TCFC na vista coronal. (1a)- Altura do Seio Maxilar Direito (ASMD) e (1b)- Altura do Seio Maxilar Esquerdo (ASME).



**Figura 2:** Imagens de TCFC nas vistas axiais (2.1): (2a)- Comprimento do Seio Maxilar Direito (CSMD); (2b)- Comprimento do Seio Maxilar Esquerdo (CSME); (2.2) (2c)- Largura do Seio Maxilar Direito (LSMD); (2d)- Largura do Seio Maxilar Esquerdo (LSME) e (2e)- Largura Total entre os Seios Maxilares (LTSM).



**Figura 3-** Imagens de TCFC na vista axial (**3.1**): (3a)- A distância do forame mandibular até à parte mais anterior do ramo mandibular (FmaARm); (3b)- A distância do forame mandibular até à parte mais posterior do ramo mandibular (FmaPRm); Na vista coronal (**3.2**) - (3c)- A distância do teto do canal mandibular até a parte mais superior da coroa do primeiro molar (CMS1M); (3d)- A distância entre o teto do canal mandibular até a parte mais superior do rebordo alveolar (CMSRa); (3e)- A distância entre o assoalho do canal mandibular até a base da mandíbula (CMBM); (3f)- A distância do canal mandibular (porção lingual) até a porção lingual da cortical alveolar (CMLCA); (3g)- A distância do canal mandibular (porção vestibular) até a porção vestibular da cortical alveolar e também na vista coronal (CMVCA). (**3.3**) - (3h)- A distância do forame mental até a parte mais superior do rebordo alveolar (FmeSRa) e (3i) - A distância do forame mental até a base da mandíbula (FmeBM).

Artigo em Inglês

## ASSOCIATION OF TWO CRANIOMETRIC METHODS FOR SEXUAL PREDICTION IN CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY SCANS

Thiago de Oliveira GAMBAA<sup>a</sup>, Mayra Cristina YAMASAKI<sup>a</sup>, Francisco Carlos GROPPPO<sup>b</sup>, Heraldo Luis Dias da SILVEIRA<sup>c</sup>, Solange Maria de Almeida BOSCOLO<sup>a</sup>, Gerard C. H. SANDERINK<sup>d</sup>, W. Erwin R. BERKHOUT<sup>d</sup>.

<sup>a</sup>Department of Oral Diagnosis, Piracicaba Dental School, University of Campinas.

<sup>b</sup>Department of Department of Physiological Sciences, Piracicaba Dental School, University of Campinas.

<sup>c</sup>Department of Surgery and Orthopedics, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

<sup>d</sup>Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Academic Centre for Dentistry Amsterdam (ACTA), Amsterdam, Netherlands.

Corresponding autor:

Thiago de Oliveira Gamba

Piracicaba Dental School – University of Campinas – Department of Oral Diagnosis

Limeira avenue, 901, Postcode 52

Zip code: 13414-903

Piracicaba, Sao Paulo, Brazil

Telefone: (+55) 19 2106-5321

E-mail: thiagodeo.gamba@gmail.com



## ABSTRACT

**Objective:** The aim of this study was to evaluate the sexual prediction (SP) in two craniometrics methods using Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) in a Dutch population, construct a formula for SP in each of the methods, and also construct another formula associating the methods and finally to evaluate the accuracy of SP in each of craniometrics methods in the Dutch population.

**Design:** 160 CBCT images were selected from a Dutch database (80 males and 80 females). The images were analyzed by two examiners using seven measurements in maxillary sinus (MS) region (first method) and nine measurements in the mandibular canal (MC) region (second method). Then, the most predictive measurements in both methods were selected to develop an equation in order to find the accuracy of SP in each method.

**Results:** All measurements there were statistical differences between the sexes. Logistic regression results showed, in the first method, two variables with greater SP index with an 75% accuracy. In the second group, the four variables showed an accuracy of 71.9%. Subsequently, associating methods found the selection of others four variables with an accuracy of 78.5%.

**Conclusion:** There were statistically significant differences between the sexes for all measurements. The values of accuracy found for each of the methods were: first method (75%), second method (71.9%) and associating both methods the accuracy in SP increased to 78.5%. Thus, the formulas developed in this study can be applied to SP as a complementary method for human identification in Dutch population.

**Keywords:** Radiology, maxillary sinus, mandible, Cone-Beam Computed Tomography.

## 1. Introduction

The term identity is termed as a feature set in an individual that can distinguish it from the others. Furthermore, the identification is another concept that aims to reach similar characteristics in missing individuals from pre and post-indications. In this sense, the human identification (HI) process is the first step in forensic dentistry using bone remains of disappeared individuals (Gamba, Alves, & Haiter-Neto, 2016). The main methods to aid in HI are the estimation of chronological age, height and sex prediction of an individual. The prediction or sexual differentiation plays an important role in the identification of skeletal remains of missing individuals. Different studies have proven that the bones with greater differentiation capacity are the pelvis and skull (Angelis et al., 2015; Di Vella, Campobasso, Dragone, & Introna, 1994; Gamba, Alves, & Haiter-Neto, 2016). However, the remaining bones often suffer extreme charring or fragmentation, leaving only the skull of these individuals, which is responsible for final identification. Consequently the skull is the method most commonly used for identification of bone remains in sexual prediction (SP). Anthropometry, in case craniometrics measurements, is performed in the skull, by linear, angular and/or volumetric measurements. In this sense, the digital caliper is the most used instrument in different anatomical structures to analyse sexual dimorphism in craniomaxillomandibular complex (Di Vella, Campobasso, Dragone, & Introna, 1994; Rainio, Lalu, Ranta, & Penttilä, 2001; Mahakkanukrauh et al., 2015; Ramamoorthy, Pai, Prabhu, & Muralimanju, 2016).

However, currently some imaging methods allow performing quickly and accurately the same procedure as done with calipers. One of these methods with great potential aid in forensic dentistry is the Fan-Beam Computed Tomography (FBCT) (Rooppakhun, Surasith, Vatanapatimakul, Kaewprom, & Sitthiseripratip, 2010). The main objective of FBCT is to assist in uncovering features of very disfigured bodies and clarify issues (Biwasaka et al., 2009; Leth, 2009) that may arise at the time of case review by forensic professionals. Thus, many authors report the importance of Computed Tomography (CT) as an examination aid to forensic experts. Added to this, there are other imaging methods similar to FBCT, as is the case of Cone-Beam Computed Tomography (CBCT), a tomography system focused on head and neck, with the same accuracy for hard tissues as CT, but with greater ease of access to perform surveys in clinics and universities, compared to CT (Marmulla, Wörtche, Mühling, & Hassfeld, 2005; Leth, 2009; von See et al., 2009; Biwasaka et al., 2009; Angel, Mincer, Chaudhry, & Scarbecz, 2011; Gamba, Alves, & Haiter-Neto, 2014;).

Some researchers (Uthman et al., 2011) have suggested the use of tomographic images in the analysis of SP. Many studies have indicated different anatomical structures with dimorphic potential, such as the maxillary sinuses (MS). A study on the Iraqi population with MS measurements on CT found an accuracy for the association of the dimorphic measurements of 73.9% and showed results that can be used when other methods are inconclusive. However, these studies need to be reproduced in different populations in order to further compare and identify the specific characteristics of these morphologies in different population groups (Uthman, Al-Rawi, Al-Naaimi, & Al-Timimi, 2011).

In addition to the MS, studies (Angel, Mincer, Chaudhry, & Scarbecz, 2011; Gamba, Alves, & Haiter-Neto, 2014) have used tomographic imaging in the evaluation of other anatomical structures, such as the relative position of the mandibular canal (MC) and their respective foramen, mandibular (MaF) and mental (MeF). Arguably, these different methods can be used as forensic values for identifying human skeletal remains. Added to this, it was demonstrated in a United States population that the relative location of the MC, associated with the MeF and MaF, remain relatively constant in the study of SP (Angel, Mincer, Chaudhry, & Scarbecz, 2011). On the other hand, similar measurements were applied in a Brazilian population finding results with an accuracy of 86.1% in the SP. Thus, it is important to study the use of CBCT images for associating different predictive methods to find more dimorphic measures that will increase the accuracy in the SP and also identify certain characteristics in different populations around the world (Angel, Mincer, Chaudhry, & Scarbecz, 2011; Gamba, Alves, & Haiter-Neto, 2014).

Thus, the aims of this study were to select the craniometrics variables with greater sexual prediction in different craniometrics methods, constructing a formula for sexual prediction in each one of the methods and to evaluate the accuracy for sexual prediction of each anthropometric method.

## **2. Materials and Methods**

### **2.1. Sample selection**

245 CBCT images were selected which were divided into two groups. The first contained 160 CBCT images (80 images of male patients and 80 of females), and the second group contained 85 images (42 images of males and 43 of females) which were used to test the

constructed model from the first group (the formula created in the present study). Only images of adult patients aged between 20 and 60 years, that covered the region of MS and mandible completely, were included in the sample. Later, the images were divided into four age groups (20-30, 31-40, 41-50, 51-60 years old) and divided into groups of 40 images (20 male and 20 female). All images were selected from examinations database of patients from the department of Oral Radiology at the Academic Centre for Dentistry Amsterdam (ACTA), located in Amsterdam, The Netherlands. No ethical approval was needed in The Netherlands as the CBCT scans were anonymously taken from a database. An oral radiologist selected all the images for the study. CBCT images with any pathological condition and / or fractures in the maxilla and mandible were excluded, as well as total edentulous individuals or bilateral absence of the upper and lower molars. CBCT images were acquired from the database connected to the using NewTom 5G CBCT scanner (QR srl, Verona, Italy). Only large Field of View (15 x 12 cm) scans were selected, with the following acquisition parameters: 110 kVp, 2 mA, 0.3 mm voxel size. All images used in this study were obtained from patients in supine position as this is the regular position of patients in this device. The scans were retrieved from the database in DICOM format.

## **2.2. Tomographic measurements**

The DICOM files were imported in OnDemand3D software (CyberMed, Seoul, South Korea) and multiplanar reconstruction (MPR) images were generated. Measurements were performed in two distinct regions of the skull. The first area (called first method) was made in the MS region and the second region (called the second method) was performed in the MC region at three different locations in the MC (mandibular foramen region, first molar and mental foramen). To standard the measurements, the observers aligned the position of the maxilla and mandible in the CBCT images. This alignment was performed for the first time in the sagittal view, positioning the horizontal cursor line present in each MPR in the anterior nasal spine and the posterior nasal spine. Then, the vertical line of the cursor was positioned on the same anatomical points in the axial view. Finally, the vertical cursor line demarcates the sagittal plane of the individual in the coronal view. Therefore, each observer could roll the slices and find their largest measurements in height, width and length. Initially, seven measurements were performed on MS; two of them being held on coronal views (height) Height of the right maxillary sinus (HRMS) (Figure 1- 1a); Height of the left maxillary sinus (HLMS) (Figure 1- 1b).and the other on five axial views (length and width), Length of the right maxillary sinus

(LRMS) (Figure 2- 2a); Length of the left maxillary sinus (LLMS) (Figure 2- 2b); Width of the right maxillary sinus (WRMS) (Figure 2- 2c); Width of the left maxillary sinus (WLMS) (Figure 2- 2d); Total Width of the maxillary sinus (TWMS) (Figure 2- 2e). Similarly, nine other measurements were performed in the mandible, being divided into three specific areas: MaF region, with two measurements in the axial views The distance from the MaF to the most anterior part of the mandibular ramus: anterior mandibular foramen (AMaF) (Figure 3- 3a); The distance from the MaF to the most posterior part of the ramus: posterior mandibular foramen (PMaF) (Figure 3- 3b); first molar region, with five measurements in coronal views. The distance from the upper canal to the crown of the first molar: superior inferior first molar canal (SI1MC) (Figure 3- 3c); The distance from the upper canal to the alveolar ridge of the mandible: superior inferior alveolar canal (SIAC) (Figure 3- 3d); The distance from the bottom of the mandibular canal to the base of mandible: inferior inferior alveolar canal (IIAC) (Figure 3- 3e); The distance from the canal to the mandibular alveolar ridge (lingual): lingual inferior alveolar canal (LIAC) (Figure 3- 3f); The distance from the canal to the mandibular alveolar ridge (buccal): buccal inferior alveolar canal (BIAC) (Figure 3- 3g) and finally, in the region of the MeF, two measurements in the coronal views: The distance from the mental foramen to the top of the alveolar ridge: superior mental foramen (SMeF) (Figure 3- 3h). The distance from the mental foramen to the base of the mandible: inferior mental foramen (IMeF) (Figure 3- 3i). All measurements were performed by two oral radiologists with experience in interpreting CBCT images. 20% of the sample was evaluated again two weeks after the end of the first analysis.

### **2.3. Statistical Analysis**

All data were statistically analyzed using Graphpad Prism 6.0 (GraphPad Software, La Jolla, Ca, USA) and Bioestat 5.0 (Mamiraua Institute, Belem, Pa, Brazil) software. The reliability of the measurements was assessed using the intraclass correlation coefficient (ICC). In addition, there was the analysis of variance (ANOVA) with appropriate model for experiments with one factor (one-way ANOVA) and finally, was adjusted the preceded logistic regression (LR) model of selection of variables by stepwise method, as well as construction of the Logit (formula). The logit obtained by logistic regression was validated by another pre-selected sample in the same Dutch population. In all statistical tests 5% significance level was used.

### 3. Results

#### 3.1. Intraclass Correlation Test (ICC- Intraclass Coefficient Correlation).

After analysis of intraclass correlation test, it was observed that, in relation to intra-observer agreement, observers 1 and 2 had reliability values for all the measures (first and second methods) higher than 0.87. In the first method, the agreement values of the inter-observers analysis were greater than 0.93. In the second method, all measurements showed values greater than 0.82, except for four measurements, Anterior MaF and Posterior MaF, both presenting the value 0.63 of inter-observers agreement, as well as BIAC and LIAC, showing results of 0.50 and 0.58 respectively.

#### 3.2. ANOVA (*One-way*)

By the analysis of variance (ANOVA) it was observed that all measures in the two methods presented  $p < 0.05$  indicating statistically significant difference between the sexes (Tables 1 and 2). On the other hand, there were no statistically significant differences among the four age groups (20-30; 31-40; 41-50 and 51-60 years old) ( $p > 0.05$ ).

#### 3.3 Logistic Regression- Univariate model

In the present study, a LR model was performed in three different analyses. At first, a model was created analyzing only the measurement made in the MS (first method). Then, another model was constructed from the measurements in the MC (second method). Finally, an equation was developed to associated the measurements of this two methods. To select the most predictive variables and find the accuracy rate of each method for PS was used stepwise logistic regression analysis. After selecting the most predictive variables, also by logistic regression statistical method, the adjusted table was obtained and from these tables that the three formulas responsible for the PS in each of the methods were constructed (Tables 3, 4, 5). For the first method, specifically, two measurements were selected: average height of the MSs (AHMS) (between HRMS and HLMS) and the average length of MSs (ALMS) (between LRMS and LLMS) and subsequently, the equation of the first method was developed (Table 3). The first value inserted in this equation is that the constant coefficient and then, the value of the AHMS is multiplied by the value of the AHMS measurement coefficient. After, this group is added with the value of the ALMS multiplied by the value of the measurement

coefficient of the ALMS. Therefore, the logistic function (logit) equation was created and, finally, can predict the sex of an individual (Table 3).

$$\text{Logit} = \text{Sex} = -13.6 + (0.163 \times \text{AHMS}) + (0.164 \times \text{ALMS}) \text{ (Table 3).}$$

For each equation developed by LR in this sample of the Dutch population is possible to find also the accuracy rate for SP in each of the methods and this value of accuracy is provided in the LR analysis by the stepwise method. Specifically, in the first method, the accuracy rate for SP was 75%. For that reason, this equation can be applied to assist the forensic dentistry in HI for SP of an unknown skull from the Dutch population. The first step would be to scan the skull in a CBCT unit, then perform the measurements selected by the equation (AHMS and ALMS) in a native software or in another CBCT image viewer for the specific first method and after insert these values into the formula to getting a logic value. The individual is male when the values are higher than 0.5 and is female when the value is less than 0.5. This method is applied in the same way for the equations developed in the second method and also in the association between them.

In order to evaluate the formula constructed, a second sample with 85 Dutch individuals (42 male and 43 female) was tested finding a 62.3% accuracy. After, in the same way, the mandibular variables (second method) were analyzed by LR finding four measures in the mandible region with greater capacity for SP, which were: distance from the MaF to the most posterior part of the ramus (PMaF), distance from the MeF to the top of the alveolar ridge (SMeF), distance from the canal to the mandibular alveolar ridge (buccal) (BIAC) and the distance from the bottom of the mandibular canal to the base of mandible: inferior inferior alveolar canal (IIAC);. Similarly to the first method, an analysis of maximum likelihood in the four variables selected (Table 4) was performed to obtain the following logistic function:  $\text{Logit} = -10.7 + (0.258 \times \text{PMaF}) + (0.291 \times \text{SMeF}) + (0.414 \times \text{BIAC}) + (0.248 \times \text{IIAC})$ .

For the original model of measurements in the MC and foramen, an accuracy index for the SP of 71.9% was observed, followed by an accuracy value in the validation of the formula of 69.4%. Finally, in order to obtain an increased accuracy in SP, methods were associated to mutual selection of variables with the greatest prediction power. In this way, the model associating the two methods selected four measures: AHMS, LMSR, AMaF and PMaF. Likewise, as in previous methods, LR by stepwise method was applied in four selected measures, resulting in the construction of the following function:  $\text{Logit} = -23.1 + (0.186 \times \text{AHMS}) + (0.182 \times \text{LMSR}) + (0.293 \times \text{AMaF}) + (0.434 \times \text{PMaF})$  (Table 5).

Subsequently, after the construction of the formula associating the predictive methods, an increase in the accuracy of SP could be noted in this model, which was 78.5%. The validation for this final formula found an accuracy of 65.9%.

#### **4. Discussion**

Initially, analyzing the MS, similar and distinct characteristics were observed among different populations. The results of this study in a Dutch population, showed a measurement of the MS height as a high potential variable for SP, finding an accuracy of 75% in this population. However, after the validation of the method, the accuracy of SP decreased to 62.3%. When an equation is developed, a certain sample of the population is analyzed to predict the sex of an individual. However, the validation of this formula is required when a different sample from the original population studied is tested. Because of this reason, normally, the value of accuracy can be decreased. Uthman et al. (Uthman et al., 2011) found in a Iraqi population the measure HMSL as the most predictor measurement among the MS measures, moreover, in the same population, the authors found 73.9% accuracy in SP using the length, height and width of MS. Similarly, Teke et al. (Teke, Duran, Canturk, & Canturk, 2007) found in a Turkish population also the HMSL as the most predictor measure; however, with a less accurate value of 69,3%. The authors suggested that this difference in accuracy is explained by the difference in the technique used between studies, because the study carried out in the Turkish population has measured the height of the MS by multiplying the number of the slices for the thickness slices, explaining for this reason a lower accuracy. However, we disagree that the explanation for the accuracy difference between the studies has been caused by the applied techniques, but by specific morphometric characteristics of each population based on the selection in each sample of different measures for each of these populations.

Similarly, it is possible to analyze the possible location of the MC and respective foramen as a predictor method for sex. In a study of SP for CT images in an Egyptian population, Amin et al. (Amin & Hassan, 2012) evaluated eight measurements in the MS and observed that the variables height of the left MS and MS on the left size showed statistically significant differences between males and females. The authors also observed that the measurements performed in males were higher in all images than females. Equally, Fernandes (Fernandes, 2004) reported that the measures in the MS are higher in male than in female in Europe, but also report that the width of the MS in the Zulu population is narrower and this can be explained by racial role or the age of patients was higher. The same way, it is possible



to analyze the Dutch population in all tomographic measurements in both methods, the male variables were always higher than female, agreeing with the affirmation of Fernandes (Fernandes, 2004), who said that this is a feature of European population. Moreover, it was observed in this study with a northern European population that the same measures in four age groups (20-30, 31-40, 41-50, 51-60 years) showed no statistically significant differences in these craniometrics measurements. Because of this, we can use these results in future comparisons between populations when investigating the identification of Dutch individuals. Trying to define the MC and their foramen as a sex predictor, Gamba et al. (Gamba, Alves, & Haiter-Neto, 2014) observed in a Brazilian population, through analysis of variance test, that all measures analyzed showed statistically significant differences between the sexes, except the distance of mandibular canal (buccal portion) to the cortical bone of the mandible. In this study, analyzing the same mandibular measurements in CBCT images with a similar sample, we observed statistically significant differences between the sexes in all measurements. These results confirm the importance of morphometric analysis in different populations worldwide. In assessing of SP by CBCT images, Angel et al. (Angel et al., 2011) investigated the position of the mandibular canal and foramen in an American population and found no statistical differences between the sexes and age. In contrast, Levine et al. (Levine, Goddard, & Dodson, 2007) also in an American population, reported that older and caucasian patients have a smaller distance from the mandibular canal to the mandible buccal cortical. Similarly, Cutright et al. (Cutright, Quillopa, & Schubert, 2003), in a study of Americans reported that the position of the mental foramen showed a significant difference between the sexes. In contrast, Afsar et al. (Afsar, Haas, Rossouw, & Wood, 1998), in a Canadian population, analyzed the SP on panoramic and cephalometric radiographs and found that the relative position of the mandibular foramen is highly variable and with no correlation between age and sex. In this sense, in the same continent, different results can be observed in relation to the position of the MC, which evidences the necessity of performing various studies by region in large countries for identification of morphological bone characteristics well defined in a country in different continents around the world.

Trying to define the accuracy for SP in a Brazilian population, Gamba et al. (Gamba, Alves, & Haiter-Neto, 2014) studied, by selecting five variables by stepwise method, the percentage of accuracy in SP, finding a value of 86.1%. On the other hand, the present study analyzed the Dutch population, using the same measurements in CBCT images, a found an accuracy of 71.9%. This decrease can be explained by the different morphological

characteristics among populations, caused by genetic and environmental factors. Furthermore, the Brazilian population has various facial dimensions, as a very mixed population, different from the Dutch population with a more well-defined morphology. The present study, in order to increase the accuracy in SP in the Dutch population, has recommended to associate methods with the intention of increasing the percentage of success with SP. The combination of the two methods tested (MS; MC) with mandibular and mental foramen) can significantly increase the accuracy to 78.75%. This result establishes the need for new associations of craniometrics methods with the intention of further increasing the accuracy for populations with similar facial morphologies, like the Dutch population.

## 5. Conclusion

We found statistically significant differences for the SP in all analyzed craniometrics measurements. The accuracy of the values found for the first method was 75%, for the second method of 71.9% and 78.5% for the combination of the two methods. For these reasons, the formulas developed in this study can be applied to sexual prediction as an auxiliary method for human identification in the Dutch population.

## References

- Afsar, A., Haas, D. A., Rossouw, P. E., & Wood, R. E. (1998). Radiographic localization of mandibular anesthesia landmarks. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 86(2), 234–41.
- Amin M. F, Hassan E. I. (2012) Sex identification in Egyptian population using Multidetector Computed Tomography of the maxillary sinus. *J Forensic Leg Med*;19(2):65-9.
- Angel, J. S., Mincer, H. H., Chaudhry, J., & Scarbecz, M. (2011). Cone-beam computed tomography for analyzing variations in inferior alveolar canal location in adults in relation to age and sex. *Journal of Forensic Sciences*, 56(1), 216–9.
- Angelis, D. De, Gibelli, D., Gaudio, D., Cipriani, F., Guercini, N., Varvara, G., ... Cattaneo, C. (2015). Sexual dimorphism of canine volume : A pilot study. *Legal Medicine*, 17(3), 163–166.
- Biwasaka, H., Aoki, Y., Tanijiri, T., Sato, K., Fujita, S., Yoshioka, K., & Tomabechei, M. (2009). Analyses of sexual dimorphism of contemporary Japanese using reconstructed

- three-dimensional CT images--curvature of the best-fit circle of the greater sciatic notch. *Legal Medicine (Tokyo, Japan)*, *11 Suppl 1*, S260-2.
- Cutright, B., Quillopa, N., & Schubert, W. (2003). An anthropometric analysis of the key foramina for maxillofacial surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, *61*(3), 354–357.
- Di Vella, G., Campobasso, C. P., Dragone, M., & Introna, F. Jr. (1994). Skeletal sex determination by scapular measurements. *Bollettino Della Società Italiana Di Biologia Sperimentale*, *70*(12), 299–305.
- Fernandes, C. L. (2004). Volumetric analysis of maxillary sinuses of Zulu and European crania by helical, multislice computed tomography. *The Journal of Laryngology and Otology*, *118*(11), 877–81.
- Gamba, T. O., Alves, M. C., & Haiter-Neto, F. (2016). Mandibular sexual dimorphism analysis in CBCT scans. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, *38*, 106–10.
- Gamba, T. O., Alves, M. C., & Haiter-Neto, F. (2014). Analysis of sexual dimorphism by locating the mandibular canal in images of cone-beam computed tomography. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, *2*(2), 72–76.
- Leth, P. M. (2009). Computerized Tomography Used as a Routine Procedure at Postmortem Investigations. *Am J Forensic Med Pathol*, *30*(3), 219-222.
- Levine, M. H., Goddard, A. L., & Dodson, T. B. (2007). Inferior alveolar nerve canal position: a clinical and radiographic study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, *65*(3), 470–4.
- Mahakkanukrauh, P., Sinthubua, A., Prasitwattanaseree, S., Ruengdit, S., Singsuwan, P., Praneatpolgrang, S., & Duangto, P. (2015). Craniometric study for sex determination in a Thai population. *Anatomy & Cell Biology*, *48*(4), 275–83.
- Marmulla, R., Wörtche, R., Mühling, J., & Hassfeld, S. (2005). Geometric accuracy of the NewTom 9000 Cone Beam CT. *Dento Maxillo Facial Radiology*, *34*(1), 28–31.
- Rooppakhun S, Surasith P, Vatanapatimakul N, Kaewprom Y, Sitthiseripratip K. (2010). Craniometric Study of Thai Skull Based on Three-Dimensional Computed Tomography ( CT ) Data. *J Med Assoc Thai*, *93*(1), 90–98.

- Rainio, J., Lalu, K., Ranta, H., & Penttilä, A. (2001). Radiology in forensic expert team operations. *Legal Medicine*, 3(1), 34–43.
- Ramamoorthy, B., Pai, M. M., Prabhu, L. V, & Muralimanju, B. V, Rai R. (2016). Journal of Forensic and Legal Medicine Assessment of craniometric traits in South Indian dry skulls for sex determination. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 37, 8–14.
- Teke, H. Y., Duran, S., Canturk, N., & Canturk, G. (2007). Determination of gender by measuring the size of the maxillary sinuses in computerized tomography scans. *Surgical and Radiologic Anatomy : SRA*, 29(1), 9–13.
- Uthman, A. T., Al-Rawi, N. H., Al-Naaimi, A. S., & Al-Timimi, J. F. (2011). Evaluation of maxillary sinus dimensions in gender determination using helical CT scanning. *Journal of Forensic Sciences*, 56(2), 403–8.
- von See, C., Bormann, K. H., Schumann, P., Goetz, F., Gellrich, N. C., & Rucker, M. (2009). Forensic imaging of projectiles using cone-beam computed tomography. *Forensic Science International*, 190(1–3), 38–41.

## Tables

**Table 1** Mean values (MV) and standard deviation (SD) for ten maxillary sinus measurements comparing differences between males and females.

Variables (mm)	Males	Females	p value
	MV±SD	MV±SD	
<b>HRMS</b>	43.5±4.9	38.8±4.7	<0.0001
<b>HLMS</b>	43.4±4.7	39.1±4.7	<0.0001
<b>AHMS</b>	43.5±4.6	39.0±4.53	<0.0001
<b>WRMS</b>	43.2±3.4	40.4±2.8	<0.0001
<b>WLMS</b>	43.1±3.3	40.5±2.7	<0.0001
<b>AWMS</b>	43.1±3.2	40.5±2.6	<0.0001
<b>LRMS</b>	31.2±4.4	29.1±3.4	0.0006
<b>LSME</b>	31.3±4.0	29.3±3.2	0.0006
<b>ALMS</b>	31.3±4.0	29.2±3.2	0.0003
<b>LTSM</b>	86.6±7.2	80.9±5.8	<0.0001

**AHMS**- Average height maxillary sinus; **AWMS**- Average width maxillary sinus; **ALMS**- Average length maxillary sinus.

**Table 2** Mean values (MV) and standard deviation (SD) for nine mandibular measurements comparing differences between males and females.

<b>Variables (mm)</b>	<b>Males</b>	<b>Females</b>	<b>p value</b>
	<b>MV±SD</b>	<b>MV±SD</b>	
<b>AMaF</b>	14.4±2.2	13.3±2.3	0.0036
<b>PMaF</b>	9.2±1.6	8.2±1.4	<0.0001
<b>SMeF</b>	16.6±2.1	15.0±2.2	<0.0001
<b>IMeF</b>	15.8±2.2	15.0±1.9	0.0173
<b>SIIMC</b>	26.8±3.1	25.0±2.6	<0.0001
<b>SIAC</b>	18.6±2.7	17.3±2.5	0.0016
<b>BIAC</b>	4.5±1.5	4.0±1.1	0.0161
<b>IIAC</b>	9.0±1.9	7.8±1.8	<0.0001
<b>LIAC</b>	4.3±1.4	4.2±1.3	<0.0001

**Table 3** Table adjustment: analysis of maximum likelihood of first method (maxillary sinus).

<b>Parameter</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard error</b>	<b>Wald Chi-Square</b>	<b>p value</b>
<b>AHMS</b>	0.163	0.053	9.5	0.0020
<b>LMSR</b>	0.164	0.079	4.3	0.0370
<b>Constant</b>	- 13.6	2.86	22.5	<0.0001

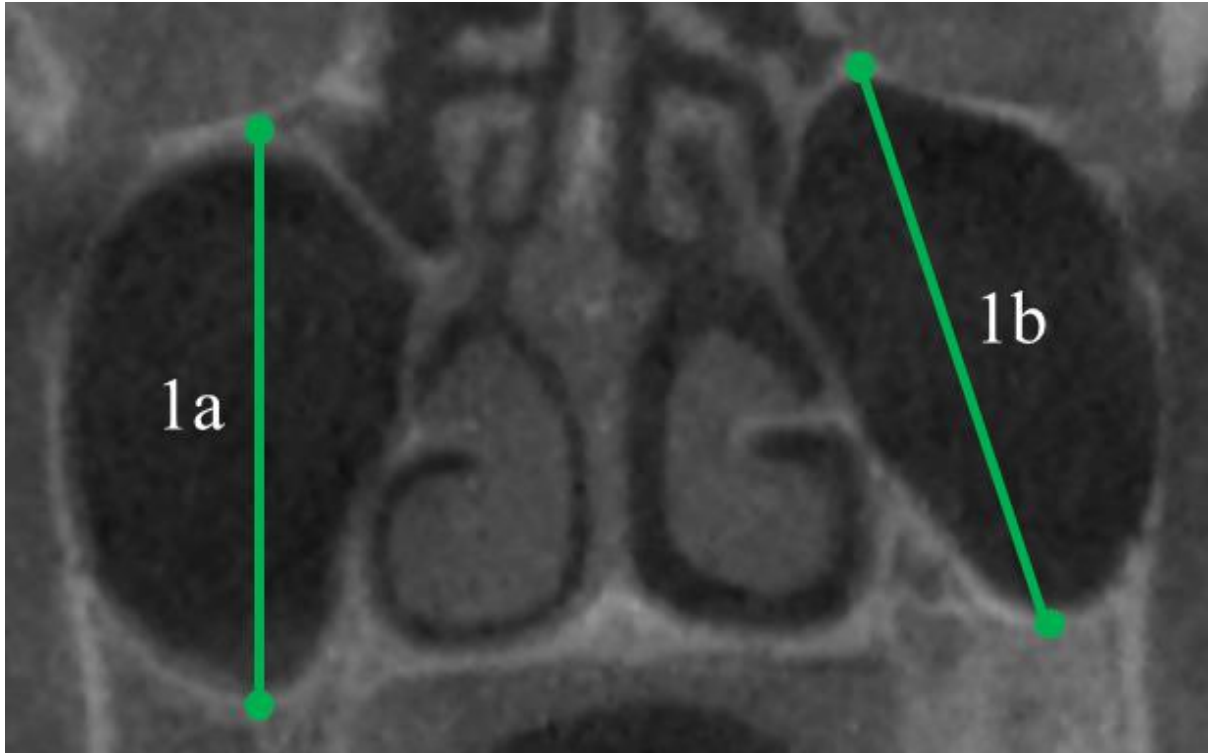
**Table 4** Table adjustment: analysis of maximum likelihood of second method (mandibular canal and foramen).

<b>Parameter</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard error</b>	<b>Wald Chi-Square</b>	<b>p value</b>
<b>PMaF</b>	0.258	0.134	3.735	0.043
<b>SMeF</b>	0.291	0.093	9.821	0.002
<b>BIAC</b>	0.414	0.151	7.458	0.006
<b>IIAC</b>	0.248	0.107	5.334	0.021
<b>Constant</b>	- 10.7	1.95	30.2	<0.0001

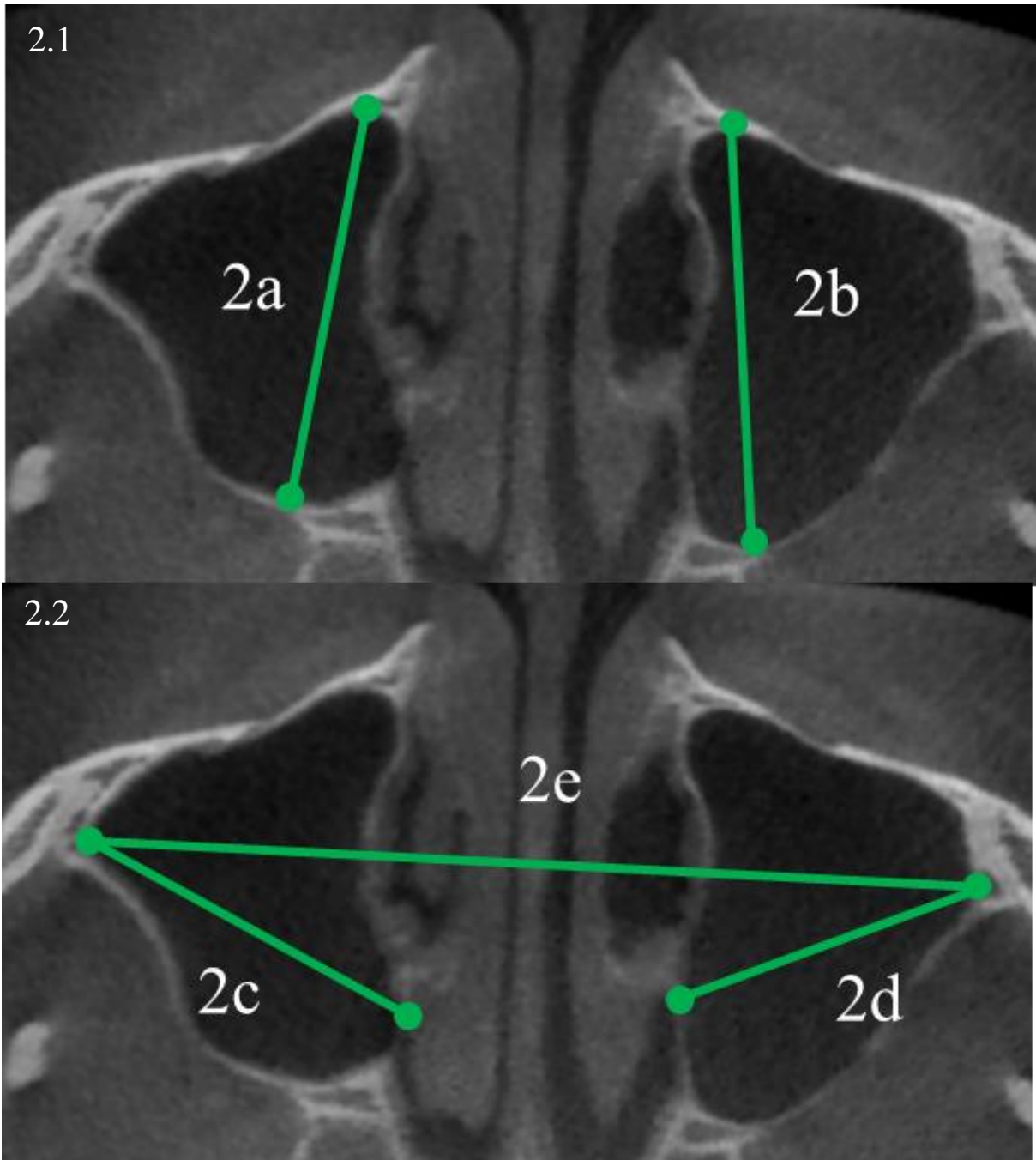


**Table 5** Table adjustment: analysis of maximum likelihood combining the two methods (Maxillary sinus; Mandibular canal and foramen).

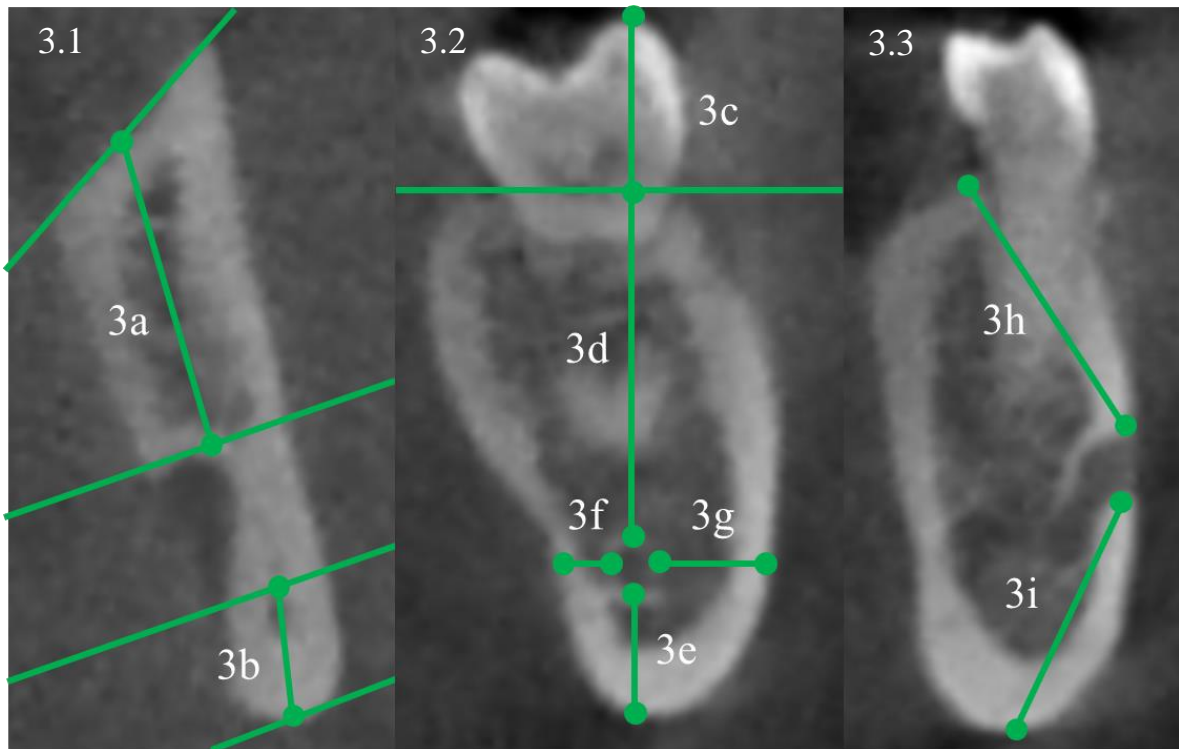
<b>Parameter</b>	<b>Estimate</b>	<b>Standard error</b>	<b>Wald Chi-Square</b>	<b>p value</b>
<b>AHMS</b>	0.186	0.057	10.6	0.0011
<b>LMSR</b>	0.182	0.082	4.9	0.0271
<b>AMaF</b>	0.293	0.099	8.8	0.0030
<b>PMaF</b>	0.434	0.135	10.3	0.0013
<b>Constant</b>	-23.1	4.06	32.3	<0.0001

**Figures**

**Figure 1:** CBCT image in the coronal view: (1a)- Height of the right maxillary sinus (HRMS)  
(1b)- Height of the left maxillary sinus (HLMS).



**Figure 2:** CBCT images in the axial views: (2.1)- (2a)- Length of the right maxillary sinus (LRMS) (2b)- Length of the left maxillary sinus (LLMS); (2.2) (2c)- Width of the right maxillary sinus (WRMS) (2d)- Width of the left maxillary sinus (WLMS); (2e)-Total width of the maxillary sinus (TWMS).



**Figure 3-** CBCT images in the axial views (**3.1**): (3a)- The distance from the mandibular foramen to the most anterior part of the mandibular ramus (AMaF); (3b)- The distance from the mandibular foramen to the most posterior part of the ramus (PMaF); In the coronal view (**3.2**) - (3c)- The distance from the upper canal to the crown of the first molar (SIIMC); (3d)- The distance from the upper canal to the alveolar ridge of the mandible: superior inferior alveolar canal (SIAC); (3e)- The distance from the bottom of the mandibular canal to the base of mandible: inferior inferior alveolar canal (IIAC); (3f)- The distance from the canal to the mandibular alveolar ridge (lingual): lingual inferior alveolar canal (LIAC); (3g)- The distance from the canal to the mandibular alveolar ridge (buccal): buccal inferior alveolar canal (BIAC) and also in coronal view (**3.3**) - (3h)- The distance from the mental foramen to the top of the alveolar ridge: superior mental foramen (SMeF) and (3i) - The distance from the mental foramen to the base of the mandible: inferior mental foramen (IMeF).

#### 4 CONCLUSÃO

Após análise dos resultados encontrados pode-se concluir que:

-Em todas as mensurações craniométricas realizadas (métodos 1 e 2) observou-se que houve diferença estatisticamente significativa entre os sexos masculino e feminino.

-As variáveis selecionadas com maior capacidade de predição sexual foram: AMSM e CMSM (primeiro método), FmaPRm, FmeSRa, CMVCA e CMBM (segundo método) e AMSM, CSMD, DFMAR e DFMPR (associação dos métodos).

- Os valores de acurácia encontrados em cada um dos métodos para predição sexual foram: 75% (primeiro método), 71,9% (segundo método) e 78,5% (associação dos dois métodos).

- Por estes motivos, as fórmulas desenvolvidas no presente estudo podem ser aplicadas para predição sexual como um método auxiliar na identificação humana na população neerlandesa.

## REFERÊNCIAS\*

- Angel JS, Mincer HH, Chaudhry J, Scarbecz M. Cone-beam computed tomography for analyzing variations in inferior alveolar canal location in adults in relation to age and sex. *J Forensic Sci.* 2011 Jan;56(1):216-9.
- Anuthama K, Shankar S, Ilayaraja V, Kumar GS, Rajmohan M, Vignesh. Determining dental sex dimorphism in South Indians using discriminant function analysis. *Forensic Sci Int.* 2011 Oct 10;212(1-3):86-9.
- Deshmukh AG, Deversh DB. Comparison of cranial sex determination by univariate and multivariate analysis. *J Anat Soc India.* 2006; 55(2): 1–5.
- Franklin D, Flavel A, Kuliukas A, Cardini A, Marks MK, Oxnard C, O'Higgins P. Estimation of sex from sternal measurements in a Western Australian population. *Forensic Sci Int.* 2012 Apr 10;217(1-3):230.e1-5.
- Gamba TO, Alves MC, Haiter-Neto F. Analysis of sexual dimorphism by locating the mandibular canal in images of cone-beam computed tomography. *Journal of Forensic Radiology and Imaging.* 2014; 2(2):72-76.
- Işcan MY. Global forensic anthropology in the 21st century. *Forensic Sci Int.* 2001 Mar 1;117(1-2):1-6.
- Işcan MY. Rise of forensic anthropology, *Yrbk. Phys. Anthropol.* 1988, 31(9): 203–230.
- Krogman WM, Işcan MY. *The human skeleton in forensic medicine.* Springfield (IL): Charles C. Thomas; 1986.
- O'Donnell C, Iino M, Mansharan K, Leditscke J, Woodford N. Contribution of postmortem multidetector CT scanning to identification of the deceased in a mass disaster: Experience gained from the 2009 Victorian bushfires. *Forensic Sci Int.* 2011 Feb 25;205(1-3):15-28.
- Papaloucas C, Fiska A, Demetriou T. Sexual dimorphism of the hip joint in Greeks. *Forensic Sci Int.* 2008 Jul 18;179(1):83.e1-3.
- Ríos L, Ovejero JI, Prieto JP. Identification process in mass graves from the Spanish Civil War I. *Forensic Sci Int.* 2010 Jun 15;199(1-3):e27-36.

---

\* 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.

Uthman AT, Al-Rawi NH, Al-Naaimi AS, Al-Timimi JF. Evaluation of maxillary sinus dimensions in gender determination using helical CT scanning. *J Forensic Sci.* 2011 Mar;56(2):403-8.

von See C, Bormann KH, Schumann P, Goetz F, Gellrich NC, Rucker M. Forensic imaging of projectiles using cone-beam computed tomography. *Forensic Sci Int.* 2009 Sep 10;190(1-3):38-

Zorba E, Moraitis K, Manolis SK. Sexual dimorphism in permanent teeth of modern Greeks. *Forensic Sci Int.* 2011 Jul 15;210(1-3):74-8.

## APÊNDICE

### Apêndice 1- MATERIAL E MÉTODOS ILUSTRATIVOS

#### SELEÇÃO DA AMOSTRA

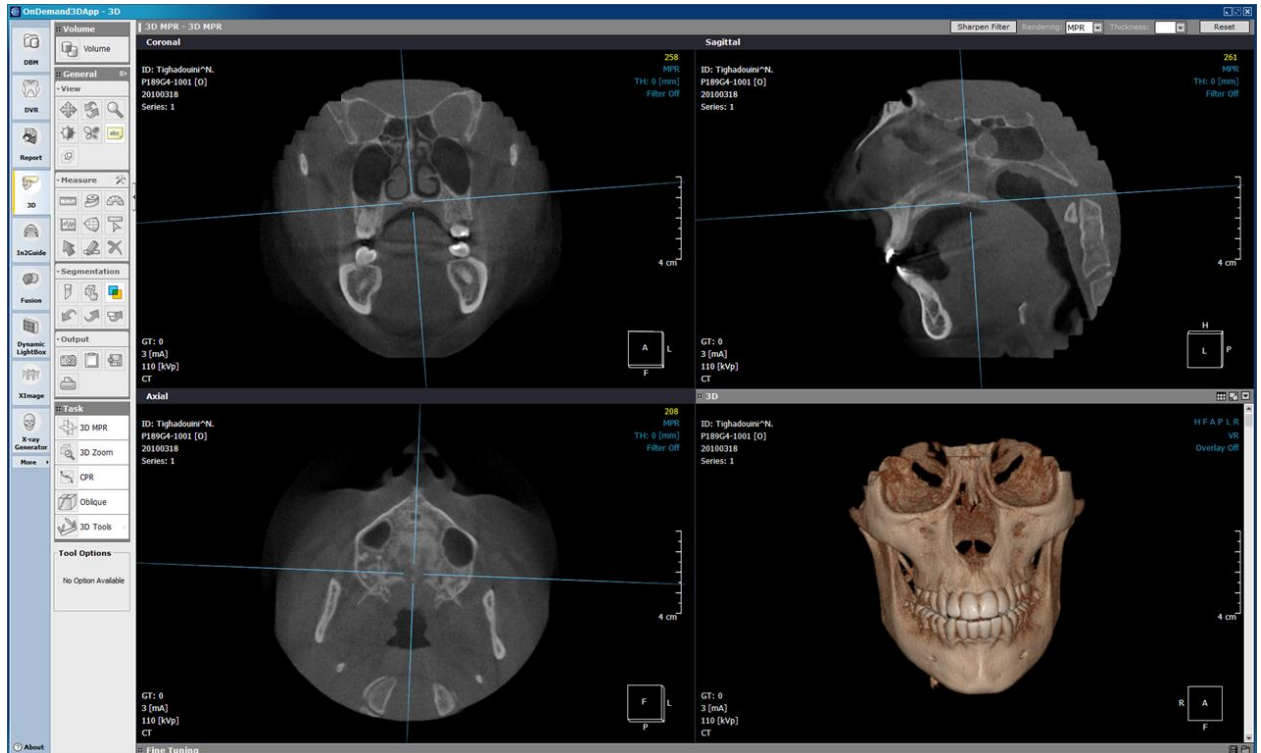
Após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas – FOP/UNICAMP - protocolo nº 58317516 (Anexo 1), foram selecionadas 245 imagens por TCFC de uma população neerlandesa, divididas em dois grupos, o primeiro com 160 imagens selecionadas para construção da fórmula (método) (80 indivíduos do sexo masculino e 80 do sexo feminino) em um segundo momento foram separadas outras 85 imagens da mesma população (43 indivíduos do sexo masculino e 42 do sexo feminino) com o intuito de testar (validar) as fórmulas construídas. Suas idades abrangeram apenas pacientes de 20 a 60 anos, divididos em 4 grupos (20-30, 31-40, 41-50 e 51-60). A seleção dos pacientes foi realizada em um arquivo de imagens na Seção de Radiologia Odontológica da “*Academic Centre for Dentistry Amsterdam*” (ACTA), localizada na cidade de Amsterdã, Países Baixos.

#### OBTENÇÃO DAS IMAGENS

As imagens por TCFC da população neerlandesa, foram adquiridas por meio do tomógrafo NewTom 5G CBCT (QR Srl, Verona, Italy), utilizando os seguintes parâmetros de aquisição: 110 kVp, 2 mA, com um voxel de 0,3 e com um FOV de 18 x 16 cm. Para todas as mensurações foram analisadas em imagens geradas por reconstrução multiplanar, pelas ferramentas próprias presentes na interface do software OnDemand3D (Cybermed, Seoul, Korea) (Figura 1). Um radiologista oral doutorando em radiologia odontológica selecionou visualmente as imagens para o estudo. A seleção foi baseada na exclusão de imagens de TCFC com qualquer tipo de condição patológica, fraturas em região de maxila e mandíbula, assim como ausência de dentes em região posterior de maxila e ausência de primeiros molares inferiores bilateralmente. Todas as imagens foram exportadas no formato de arquivo Dicom. As mesmas foram selecionadas com este FOV por permitirem a total visualização dos seios maxilares e mandíbula, visto que foram as regiões de interesse e estruturas estas fundamentais para a realização das mensurações no presente estudo.



Figura 1: Imagem da interface do software Ondemand3D.



Todas as imagens utilizadas neste estudo foram obtidas com os pacientes em posição supinada no aparelho. A posição da cabeça foi mantida pelos dispositivos próprios do mesmo. Durante o exame, os pacientes permaneceram imóveis, em máxima intercuspidação habitual. De posse das imagens tomográficas, foram realizadas medições nas mesmas.

## AVALIAÇÃO DAS IMAGENS

Foram analisadas imagens geradas por reconstrução multiplanar, pelas ferramentas próprias do software OnDemand3D (Cybermed, Seoul, Korea) em um Monitor Barco (MDRC-2124), 24,1 polegadas e com resolução de 1920x1200 pixels.

Durante a calibração, cada observador avaliou um grupo de vinte imagens após receber instruções escritas e verbais de como proceder no momento das análises. Inicialmente as mensurações foram realizadas individualmente, em seguida os dois observadores reuniram-se com o intuito de observar as diferenças encontradas e chegar a um consenso.

## **MENSURAÇÕES TOMOGRÁFICAS**

Inicialmente, os avaliadores alinharam o posicionamento da maxila e mandíbula nas imagens por TCFC com o intuito da padronização das mensurações. Esse alinhamento ocorreu da seguinte forma: primeiro foi realizado na vista sagital, posicionando a linha horizontal do cursor, presente em cada reconstrução multiplanar, englobando tanto espinha nasal anterior como espinha nasal posterior (Figura 2). Em seguida, a linha vertical do cursor na vista axial foi posicionada sobre os mesmos pontos anatômicos (Figura 3) e por fim, a linha vertical do cursor foi sobreposta ao plano sagital do indivíduo na vista coronal nas imagens por TCFC (Figura 4).

Figura 2: Imagem maximizada na vista sagital, com ilustração dos pontos anatômicos, espinha nasal anterior e espinha nasal posterior, (setas verdes), sendo sobrepostos pela linha horizontal do cursor presente no software Ondemand3D.

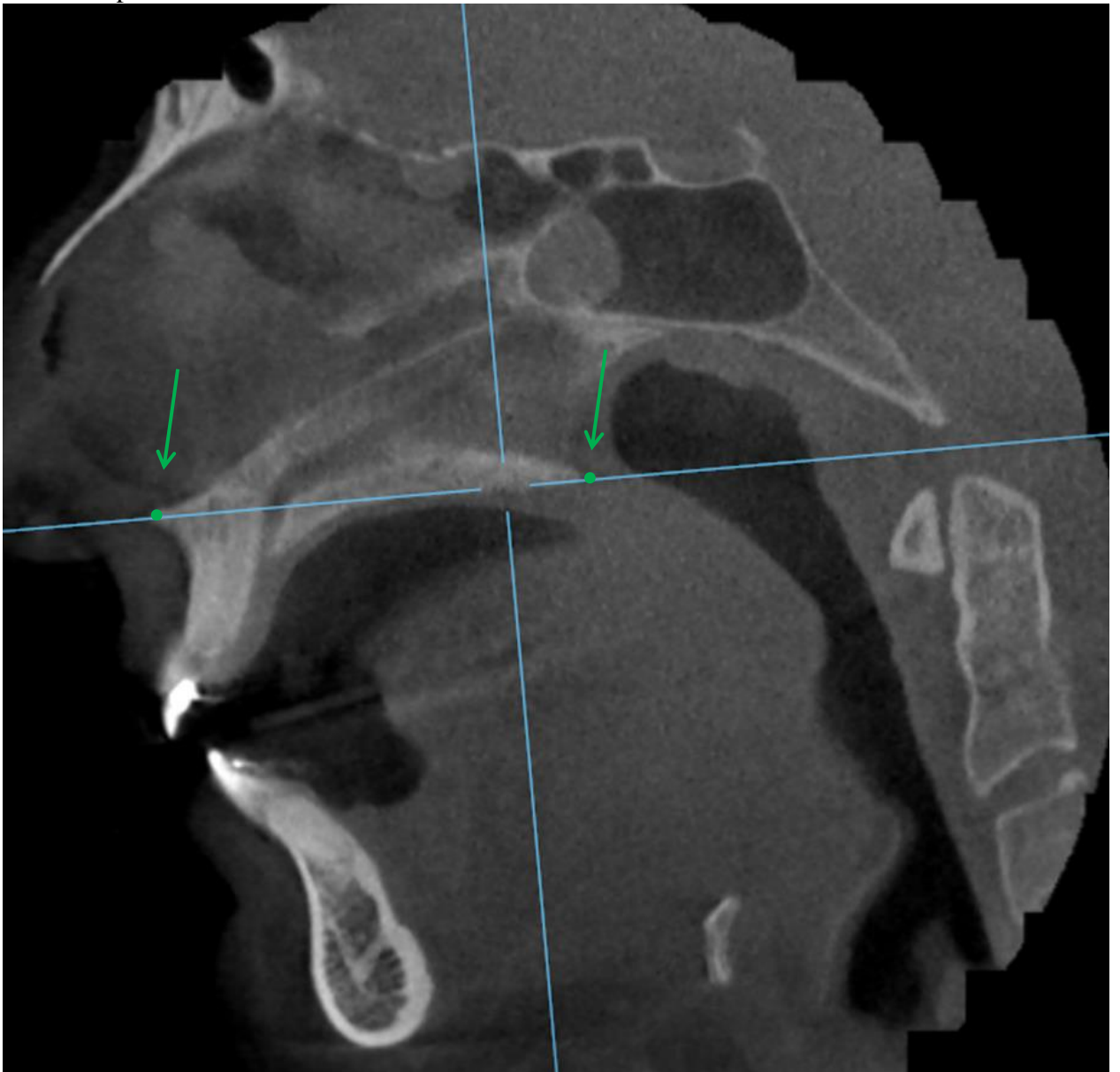


Figura 3: Imagem maximizada na vista axial, com ilustração dos pontos anatômicos espinha nasal anterior e espinha nasal posterior, sendo sobrepostos pela linha horizontal do cursor presente no software Ondemand3D.

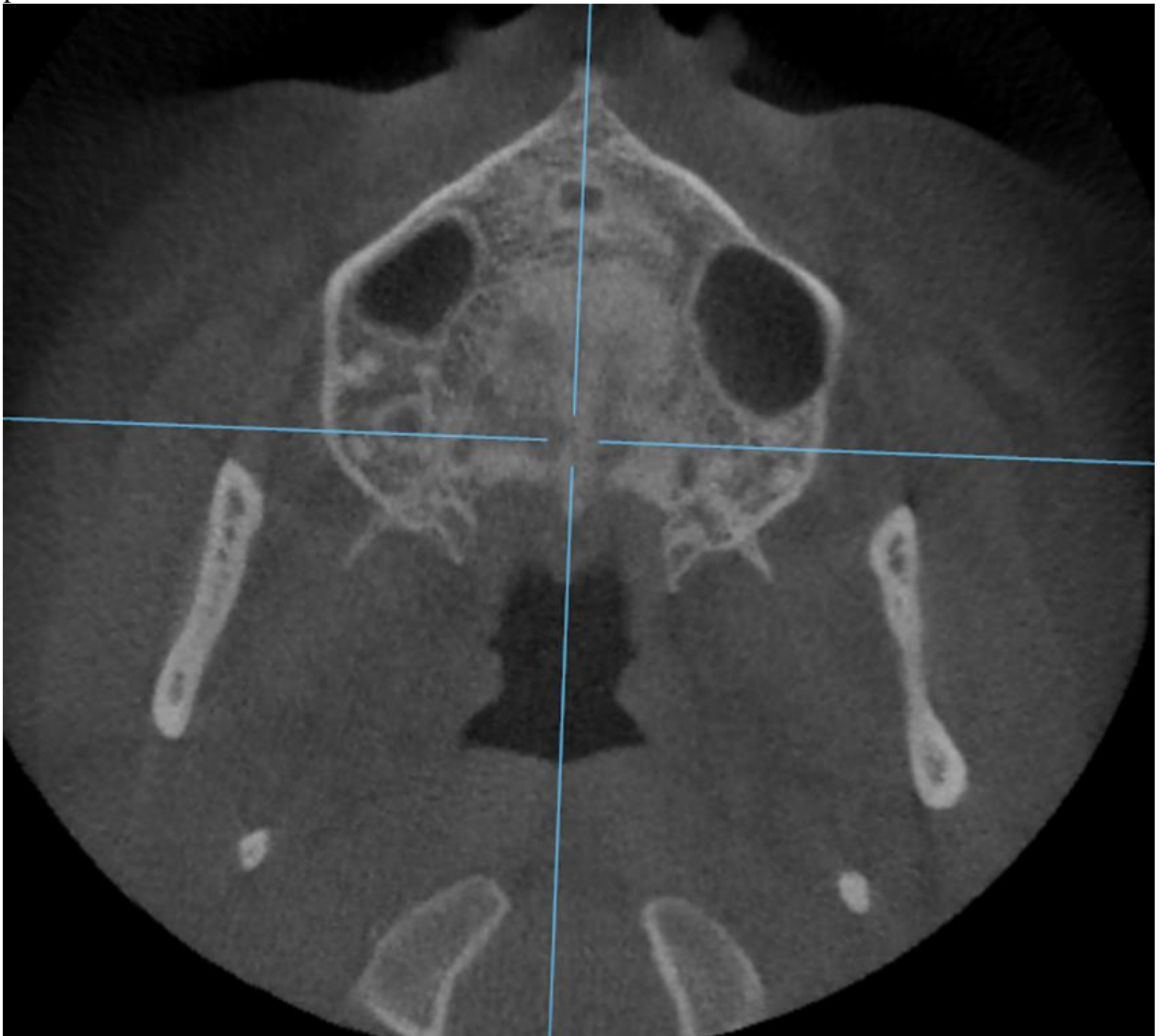


Figura 4: Imagem maximizada na vista coronal, com ilustração do plano sagital mediano, sendo sobrepostos pela linha vertical do cursor presente no software Ondemand3D.



### **1º Método (Seios Maxilares)**

Após a padronização prévia, sete mensurações foram realizadas nos seios maxilares nas vistas coronal e axial nas imagens por TCFC. Foram duas medidas realizadas na vista coronal: Altura do seio maxilar direito (ASMD) (5a) (Figura 5); Altura do seio maxilar esquerdo (ASME) (5b) (Figura 5); e cinco medidas na vista axial: Comprimento do seio maxilar direito (CSMD) (6a) (Figura 6) Comprimento do seio maxilar esquerdo (CSME) (6b); Largura do seio maxilar direito (LSMD) (7a) (Figura 7); Largura do seio maxilar esquerdo (LSME) (7b) (Figura 7) e Largura total entre os seios maxilares (LTSM) (7c) (Figura 7). As mensurações foram realizadas visando sua maior distância em altura, largura e comprimento, sendo todas realizadas por dois avaliadores cirurgiões-dentistas pós-graduandos em Radiologia Odontológica.

Figura 5: Imagem maximizada na vista coronal, com ilustração da mensuração da altura do seio maxilar do lado direito (5a) e da altura do seio maxilar do lado esquerdo (5b).

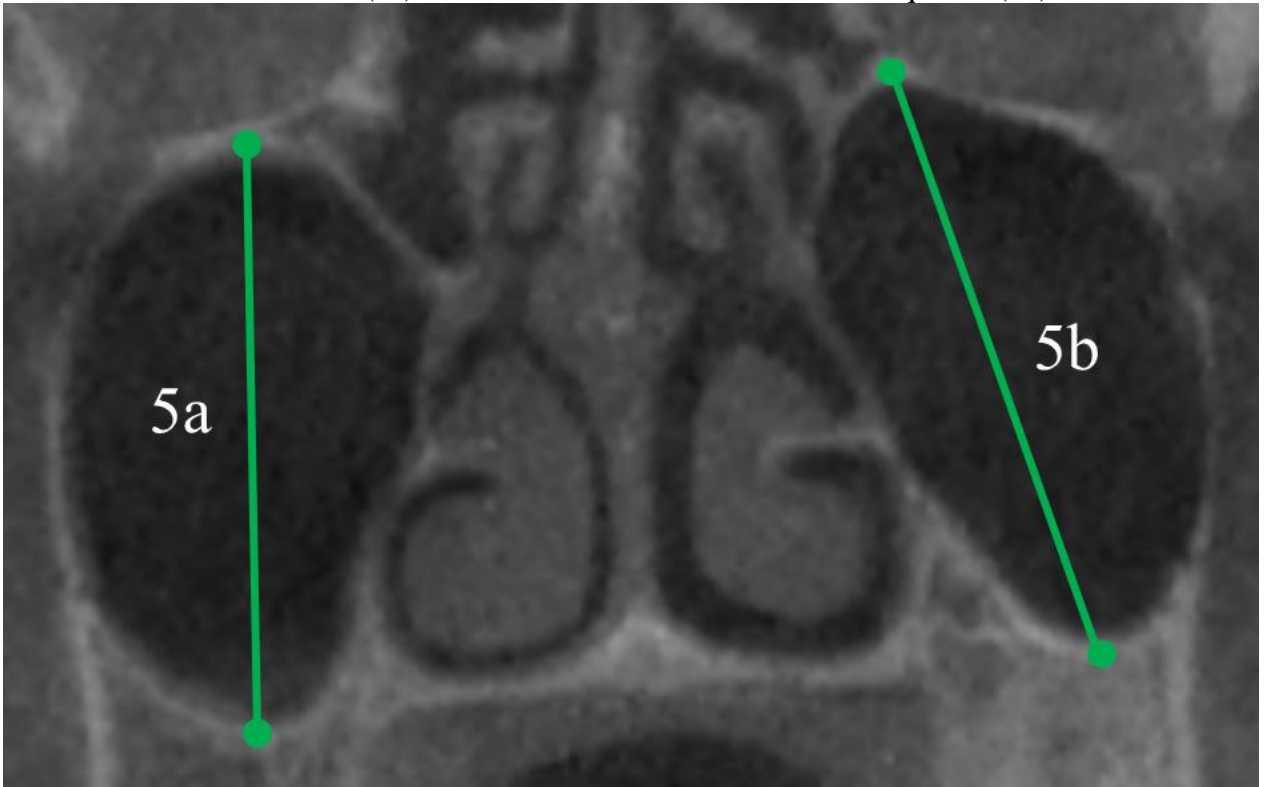
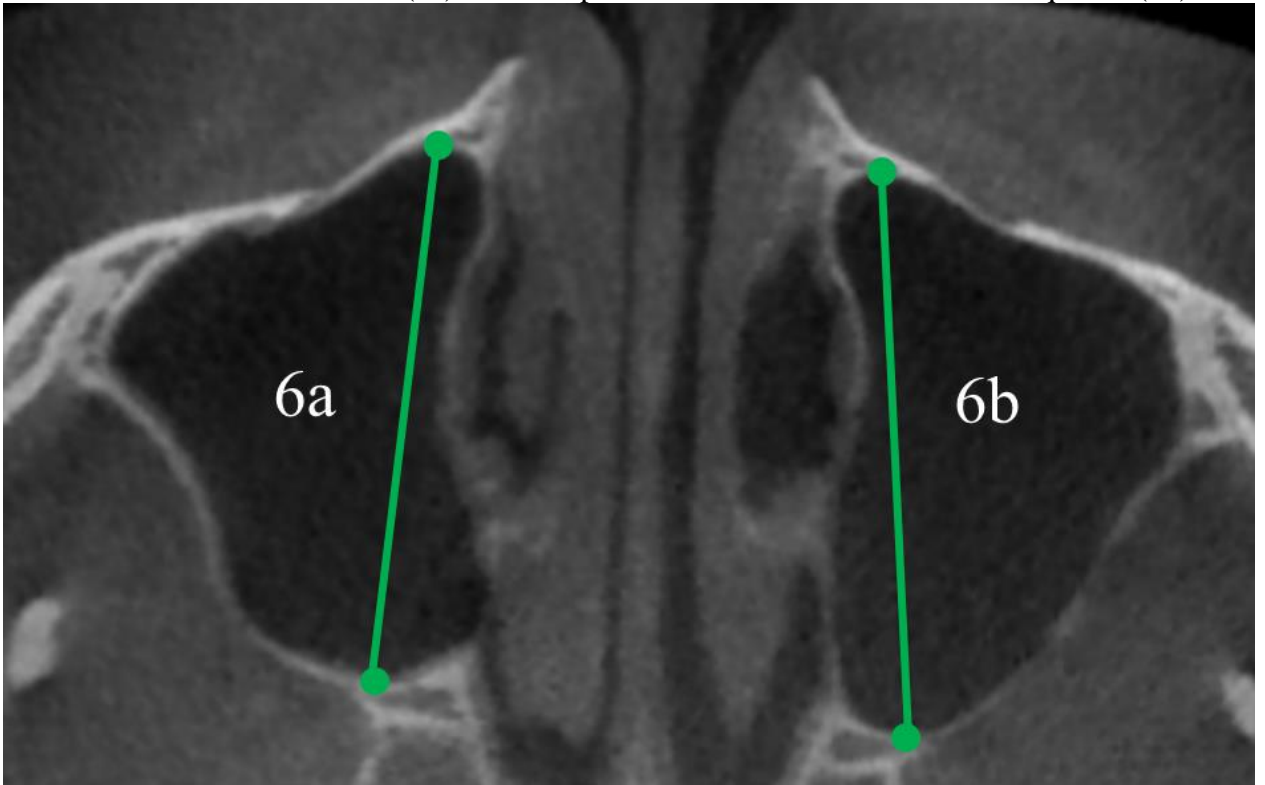
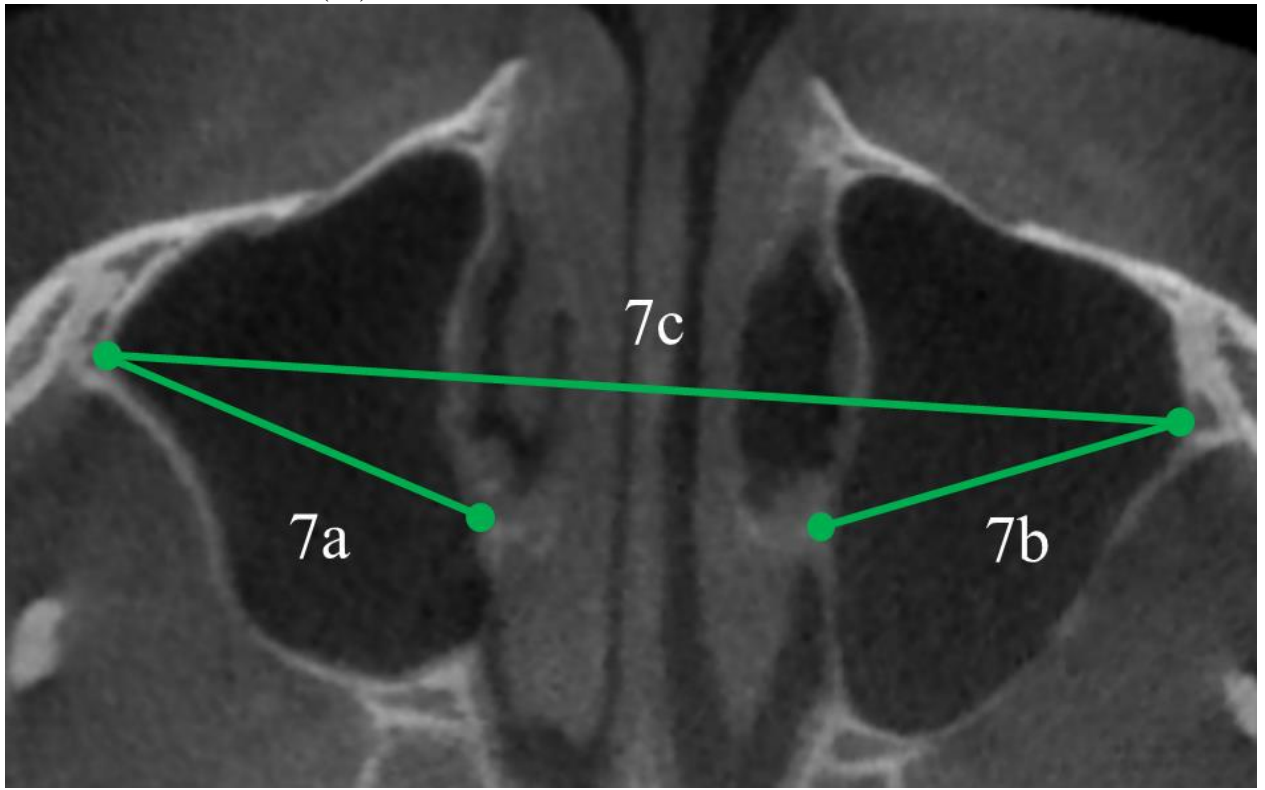


Figura 6: Imagem maximizada na vista axial, com ilustração da mensuração do comprimento do seio maxilar do lado direito (6a) e do comprimento do seio maxilar do lado esquerdo (6b).





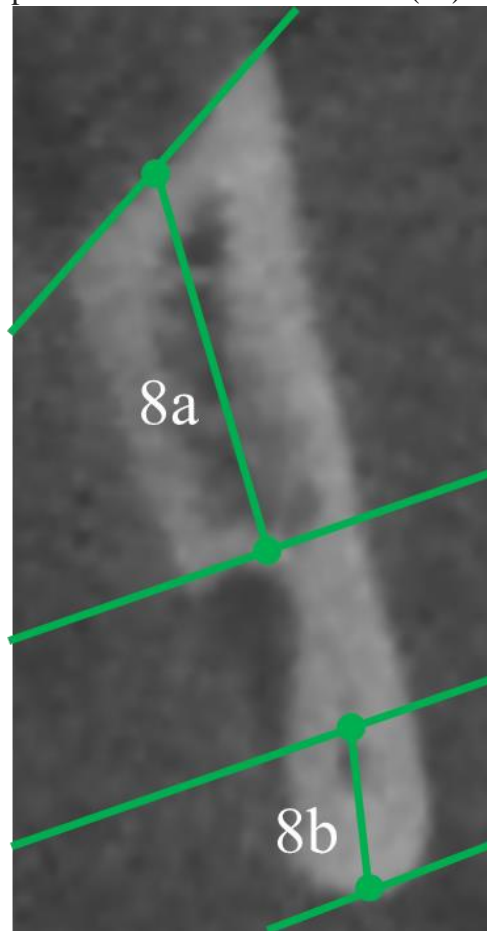
**Figura 7:** Imagem maximizada na vista axial, com ilustração da mensuração da largura do seio maxilar do lado direito (7a), largura do seio maxilar do lado esquerdo (7b) e largura total entre os seios maxilares (7c).



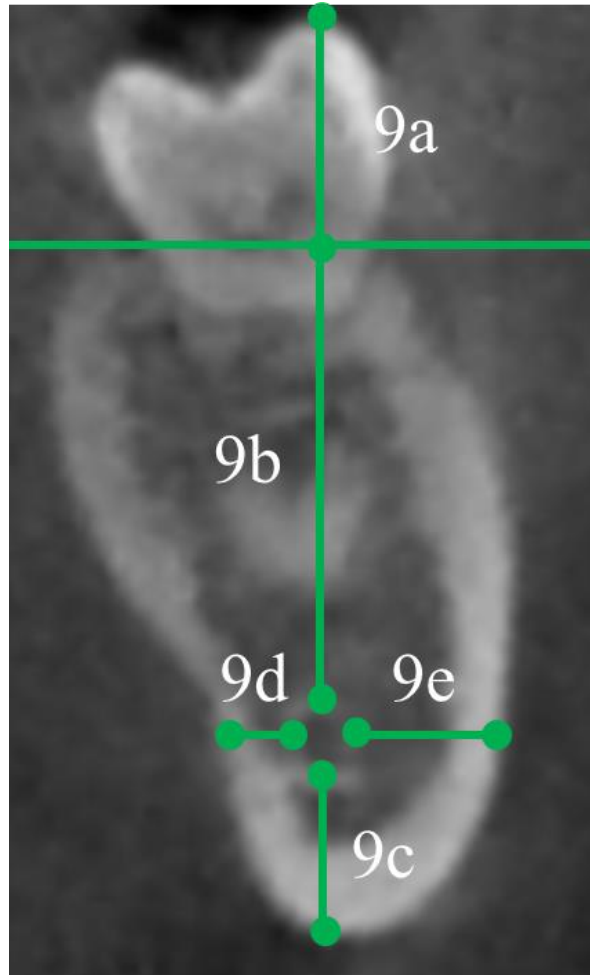
## **2º Método (Canal mandibular e forames mental e mandibular)**

Dentre as mensurações desenvolvidas no segundo método, após a mesma padronização aplicada no primeiro método, nove mensurações foram realizadas em três regiões distintas de canal mandibular (regiões de forame mandibular, primeiro molar e forame mental) nas vistas axial e coronal nas imagens por TCFC. Em região de forame mandibular foram realizadas duas medidas na vista axial: A distância do forame mandibular até à parte mais anterior do ramo mandibular (FmaARm) (8a) (Figura 8); A distância do forame mandibular até à parte mais posterior do ramo mandibular. (FmaPRm) (8b) (Figura 8). Em região de primeiro molar, foram realizadas cinco medidas também na vista coronal: A distância entre o teto do canal mandibular até a parte mais superior da coroa dentária do primeiro molar (CMS1M) (9a) (Figura 9); A distância entre o teto do canal mandibular até a parte mais superior do rebordo alveolar (CMSRa) (9b) (Figura 9); A distância entre o assoalho do canal mandibular até a base da mandíbula. (CMBM) (9c) (Figura 9); A distância do canal mandibular (porção lingual) até a porção lingual da cortical alveolar (CMLCA). (9d) (Figura 9); A distância do canal mandibular (porção vestibular) até a porção vestibular do rebordo alveolar. (CMVCA) (9e) (Figura 9). E finalizando, em região de forame mental, foram realizadas duas medidas em vistas coronal, A distância do forame mental até a parte mais superior do rebordo alveolar (FmeSRa) (10a) (Figura 10); A distância do forame mental até a base da mandíbula. (FmeBM) (10b) (Figura 10). As mensurações foram realizadas visando sua maior distância em altura, largura e comprimento, sendo realizadas da mesma forma que no primeiro método por dois observadores cirurgiões-dentistas pós-graduandos em radiologia odontológica.

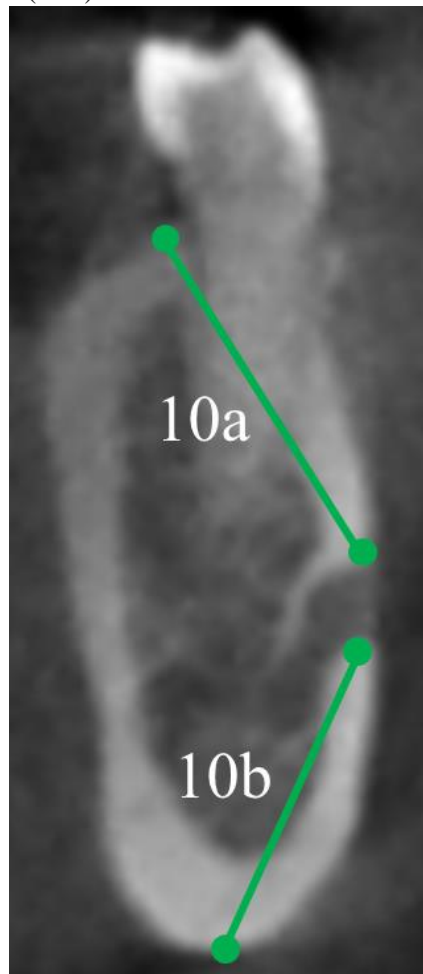
**Figura 8:** Imagem maximizada na vista axial, com ilustração da mensuração da distância do forame mandibular até à parte mais anterior do ramo mandibular (8a) e a distância do forame mandibular até à parte mais posterior do ramo mandibular. (8b).



**Figura 9:** Imagem maximizada na vista coronal, com ilustração da mensuração da distância entre o teto do canal mandibular até a parte mais superior da coroa dentária do primeiro molar (9a); A distância entre o teto do canal mandibular até a parte mais superior do rebordo alveolar (9b); A distância entre o assoalho do canal mandibular até a base da mandíbula (9c); A distância do canal mandibular (porção lingual) até a porção lingual do rebordo alveolar (9d) e a distância do canal mandibular (porção vestibular) até a porção vestibular do rebordo alveolar (9e).



**Figura 10:** Imagem maximizada na vista coronal, com ilustração da mensuração da distância do forame mental até a parte mais superior do rebordo alveolar (10a) e a distância do forame mental até a base da mandíbula (10b).



## ANEXOS

## Anexo 1- Parecer de aprovação pelo Comitê de Ética em pesquisa da FOP/UNICAMP

	<b>COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA</b> <b>FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA</b> <b>UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS</b>	
<b>CERTIFICADO</b>		
<p>O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa <b>"Associação de dois métodos craniométricos para predição sexual em imagens por tomografia Computadorizada de Feixe Cônico"</b>, protocolo nº <b>58317516</b>, dos pesquisadores <b>THIAGO DE OLIVEIRA GAMBA e SOLANGE MARIA DE ALMEIDA BOSCOLO</b> satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 21/09/2016.</p>		
<p>The Ethics Committee in Research of the Piracicaba Dental School, University of Campinas, certify that the project <b>"Association of two craniometric methods for sexual prediction in CBCT scans"</b>, register number <b>58317516</b>, of <b>THIAGO DE OLIVEIRA GAMBA and SOLANGE MARIA DE ALMEIDA BOSCOLO</b>, comply with the recommendations of the National Health Council – Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee on Sep 21, 2016.</p>		
		
<b>Profa. Fernanda Miori Pascon</b>	<b>Prof. Jacks Jorge Junior</b>	
Secretária CEP/FOP/UNICAMP	Coordenador CEP/FOP/UNICAMP	
<p>Nota: O título do protocolo aparece como fornecido pelos pesquisadores, sem qualquer edição.          Notice: The title of the project appears as provided by the authors, without editing.</p>		

Anexo 2- Documento comprobatório do envio do artigo para revista científica

---

**Submission Confirmation for Association of Two Craniometrics Methods for Sexual Prediction in Cone-Beam Computed Tomography Scans**

---

Archives of Oral Biology <ees.aob.0.3d66c3.d8ac6c51@eesmail.elsevier.com>  
Para: thiagodeo.gamba@gmail.com, thiagodeo.gamba@yahoo.com.br

17 de novembro de 2016 22:28

Archives of Oral Biology

Title: Association of Two Craniometrics Methods for Sexual Prediction in Cone-Beam Computed Tomography Scans

Authors: Thiago de Oliveira Gamba, DDS; Mayra C Yamasaki, PhD student; Francisco C Groppo, PhD; Heraldo da Silveira, PhD; Solange M Almeida, PhD; Gerard Sanderink, PhD; Erwin Berkhout, PhD

Article Type: Research Paper

Dear Thiago,

Your submission entitled "Association of Two Craniometrics Methods for Sexual Prediction in Cone-Beam Computed Tomography Scans" has been received by Archives of Oral Biology.

You may check on the progress of your paper by logging on to the Elsevier Editorial System as an author. The URL is <http://ees.elsevier.com/aob/>.

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal. Please do not hesitate to contact me if you have any queries.

Kind regards,

(On behalf of the Editors)

Archives of Oral Biology

\*\*\*\*\*

For any technical queries about using EES, please contact Elsevier Author Support at [authorsupport@elsevier.com](mailto:authorsupport@elsevier.com)