

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

Mariana Cristina Rodrigues de Carvalho

AVALIAÇÃO TOMOGRÁFICA DO SEIO FRONTAL NO DIMORFISMO SEXUAL

Belo Horizonte
2025

Mariana Cristina Rodrigues de Carvalho

AVALIAÇÃO TOMOGRÁFICA DO SEIO FRONTAL NO DIMORFISMO SEXUAL

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

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

Orientador: Prof. Dr. Amaro Ilídio Vespasiano Silva

Belo Horizonte

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

C331a Carvalho, Mariana Cristina Rodrigues de
Avaliação tomográfica do seio frontal no dimorfismo sexual / Mariana Cristina Rodrigues de Carvalho. Belo Horizonte, 2025.
64 f. : il.

Orientador: Paulo Isaias Seraidarian

Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Odontologia

1. Seio frontal. 2. Tomografia computadorizada de feixe cônico. 3. Antropologia forense. 4. Odontologia legal. 5 Caracteres sexuais. 6. Anatomia. I. Seraidarian, Paulo Isaias. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 616.314

Mariana Cristina Rodrigues de Carvalho

AVALIAÇÃO TOMOGRÁFICA DO SEIO FRONTAL NO DIMORFISMO SEXUAL

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

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA:

- 1- Profa. Dra. Cláudia Assunção e Alves Cardoso – PROMOVE
- 2- Prof. Dr. Flávio Ricardo Manzi – PUC Minas
- 3- Prof. Dr. Amaro Ilídio Vespasiano Silva – PUC Minas

DATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA: 28 de março de 2025

A dissertação, nesta identificada, foi aprovada pela Banca Examinadora

Prof. Dr. Amaro Ilídio Vespasiano Silva
Orientador

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

*Dedico a todos que de alguma forma contribuíram em minha
trajetória.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de sabedoria e inspiração.

Ao meu esposo Vinícius por sempre estar ao meu lado. Obrigada por acreditar, motivar e me impulsionar a ser minha melhor versão. Obrigada pela partilha e por ser meu companheiro em todos os momentos e etapas.

A minha amada Clarice, nossa esperança! Sua chegada nos preencheu de luz, alegria e renovo.

A minha mãe Cristina, pelo suporte e carinho. Suas palavras e sua presença sempre trazem acalento ao meu coração.

Ao meu pai Jair pelo exemplo de esperança e persistência, você vive em mim.

Aos familiares pelo carinho e por se alegrarem a cada conquista, em especial tia Elza por sempre estar presente e Serena por alegrar meus dias.

Aos colegas e amigos de Mestrado por tornarem mais leve a caminhada. Em especial as minhas amigas Lorena, Camille, Vitória e Ananda, é um privilégio dividir esse momento com vocês.

Ao professor, orientador, Amaro Ilídio Vespasiano Silva pelo apoio e direcionamento. Obrigada pela partilha do saber, pela paciência e generosidade. Sou muito grata a Deus por sua vida!

Ao professor, Flávio Ricardo Manzi pelos aprendizados e apoio ao longo dessa jornada.

Aos demais professores pelos ensinamentos e construção do saber.

Aos funcionários da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, em especial Silvania pela orientação e auxílio.

“Um pouco de ciência nos afasta de Deus. Muito, nos aproxima”.
(LOUIS PASTEUR).

“É junto dos bão que a gente fica mió!”. (G. ROSA).

RESUMO

Reconhecer a identidade pessoal de um corpo que sofreu danos devido a acidentes, traumas, violências ou em decomposição avançada não é tarefa simples. A partir dos remanescentes ósseos do esqueleto humano, é possível determinar e reconstruir o perfil biológico do indivíduo. O seio frontal, por estar localizado numa estrutura resistente e possuir particularidades anatômicas, apresenta características individuais que permite o uso de métodos forenses. Este estudo teve como objetivo analisar, numa amostra da população brasileira, a probabilidade de definir o sexo de um indivíduo através de mensurações lineares e volumétricas do seio frontal, bem como avaliar as suas características morfológicas e variações anatômicas por meio de exames de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Foram utilizados 142 exames de TCFC, sendo 51 de pacientes do sexo masculino e 91 do sexo feminino, com idades entre 20 e 70 anos. As mensurações volumétricas foram realizadas com o software ITK-SNAP 3.0®, e as mensurações lineares, morfológicas e análise de variações da anatomia, com o CS Imaging Software®. Os resultados indicaram diferenças estatisticamente significativas nas mensurações volumétricas, com os homens apresentando maior volume ($30,706 \text{ mm}^3 \pm 1,726 \text{ mm}^3$) do que as mulheres ($14,543 \text{ mm}^3 \pm 1,141 \text{ mm}^3$). As mulheres apresentaram maior angulação do seio. Nas medidas lineares, não houve diferenças significativas nas dimensões ínfero-superior e látero-lateral, mas os homens apresentaram maior medida ântero-posterior. Quanto às variações morfológicas, foram encontrados mais casos de Células, Agenesias, Extensões e Osteoma no sexo masculino e presença de Septo e Hipoplasia no seio frontal de mulheres. Assim, as mensurações do seio frontal, tanto lineares como volumétricas, além das suas características morfológicas, mostram-se úteis na determinação do sexo e identificação pessoal de indivíduos desconhecidos.

Palavras-chave: Seio frontal. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico. Identificação pessoal. Odontologia Legal. Caracteres sexuais.

ABSTRACT

Recognizing the personal identity of a body that has suffered damage due to accidents, trauma, violence or advanced decomposition is not an easy task. From the bone remains of the human skeleton, it is possible to determine and reconstruct the biological profile of the individual. The frontal sinus, because it is located in a resistant structure and has anatomical peculiarities, presents individual characteristics that allow the use of forensic methods. This study aimed to analyze, in a sample of the Brazilian population, the probability of defining the sex of an individual through linear and volumetric measurements of the frontal sinus, as well as to evaluate its morphological characteristics and anatomical variations through cone beam computed tomography (CBCT) examinations. A total of 142 CBCT examinations were used, 51 of male patients and 91 of female patients, aged between 20 and 70 years. Volumetric measurements were performed using ITK-SNAP 3.0® software, and linear and morphological measurements and analysis of anatomical variations were performed using CS Imaging Software®. The results indicated statistically significant differences in volumetric measurements, with men presenting greater volume ($30.706 \text{ mm}^3 \pm 1.726 \text{ mm}^3$) than women ($14.543 \text{ mm}^3 \pm 1.141 \text{ mm}^3$). Women presented greater sinus angulation. In linear measurements, there were no significant differences in the inferior-superior and lateral-lateral dimensions, but men presented greater anteroposterior measurements. Regarding morphological variations, more cases of cells, agenesis, extensions and osteoma were found in males and presence of septum and hypoplasia in the frontal sinus of women. Thus, measurements of the frontal sinus, both linear and volumetric, in addition to its morphological characteristics, are useful in determining the sex and personal identification of unknown individuals.

Keywords: Frontal sinus. Cone Beam Computed Tomography. Personal identification. Forensic Dentistry. Sexual characteristics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Medidas lineares no seio frontal.....	26
Figura 2: Medidas angulares no seio frontal.....	27
Figura 3: Limites para seleção da região a ser segmentada	28
Figura 4: 1º passo para a segmentação do seio frontal, no display combinado do software ITK-SNAP 3.0®	29
Figura 5: 2º passo para a segmentação do seio frontal no software ITK-SNAP 3.0®	29
Figura 6: 3º passo para a segmentação do seio frontal no software ITKSNAP 3.0®	30
Figura 7: Imagens volumétricas da reconstrução 3D do seio frontal pelo software..	31
Figura 8: Display combinado do software	31
Figura 9: Variações da anatomia encontradas no seio frontal.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Percentual
CBCT	Cone-Beam Computed Tomography
FOV	<i>Field of view</i>
ICC	Teste de correlação intraclass
mm	Milímetros
TCFC	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	OBJETIVOS	23
2.1	Objetivo geral	23
2.2	Objetivos específicos	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	Seleção da amostra	25
3.2	Obtenção das imagens.....	25
3.3	Mensurações lineares e angulares do seio frontal	25
3.4	Mensurações volumétricas do seio frontal	27
3.5	Avaliação morfológica do seio frontal	32
3.6	Análise estatística	33
4	ARTIGO CIENTÍFICO.....	35
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS	59
	ANEXO A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa	61

1 INTRODUÇÃO

O conjunto de características psíquicas, físicas e funcionais, normais ou patológicas, determinam a identidade e essa identidade define um indivíduo. A identificação humana é um desafio desde tempos remotos, sendo uma tarefa desafiadora para a humanidade (Nikam *et al.*, 2015). Além de proporcionar a identificação social o uso da ciência forense pode desempenhar um papel fundamental em casos de acidentes aéreos e rodoviários, incêndios, catástrofes e até mesmo na investigação de casos criminais. A identificação humana é primordial no processo de recompor os perfis biológicos, principalmente em indivíduos desconhecidos e sem vida (Mitsea, 2023).

As estruturas anatômicas possuem variabilidades individuais que garantem uma importante premissa no processo de identificação. Também permitem a interpretação através de diversos métodos forenses (Soares *et al.*, 2016).

Dentre os métodos mais utilizados na medicina forense podemos destacar a análise do DNA, a identificação das impressões digitais e a avaliação odontológica (Wickramasinghe *et al.*, 2022). E nos casos de inviabilidade do uso de tecidos moles, em níveis avançados de putrefação e deterioração, é possível utilizar a análise das estruturas esqueléticas remanescentes (Silva *et al.*, 2014).

Geralmente as estruturas ósseas são preservadas após violações naturais e não naturais, se mantêm disponíveis para avaliações físicas e exames de imagem. É possível comparar exames mortem e post-mortem, analisando as estruturas remanescentes, que contém informações valiosas de identificação (Mitsea *et al.*, 2023; Nikam *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2014).

O crânio possui quatro pares de seios paranasais. Os seios frontais, maxilares, esfenoidais e etmoidais, sendo eles, de grande impacto para a ciência forense. O seio frontal apresenta vasta variabilidade individual e é possível diferenciar até gêmeos monozigóticos (Howser, 2023). Podemos encontrar variações de simetria, forma, tamanho, bordas, número e presença de células e septo, por esse motivo, o seio frontal se destaca nas etapas de identificação (Caputo, 2015). Essas variações são marcantes entre indivíduos, há diferenças significativas na anatomia entre etnias, sexo e idades (Howser *et al.*, 2023).

Os seios frontais são cavidades pneumáticas, de forma irregular e comumente em pares. São localizados entre a tábua óssea interna e externa do osso frontal, sendo

limitada pelo arco superciliar e pelo osso nasal. Geralmente essas estruturas são revestidas por um mucoperiósteo e divididas por um septo ósseo (Caputo; Prado; Muglia, 2015). Não estão presentes no nascimento e podemos notá-las após 2 a 3 anos de idade, quando seu desenvolvimento se inicia (Yoshino *et al.*, 1987). Aos 20 anos sua maturação e crescimento se completa e permanece estável a partir de então, na velhice podemos observar pneumatização gradual devido a reações atróficas (Denny *et al.*, 2018). Em razão do padrão de estabilidade, nas últimas décadas, a morfologia dos seios emergiu como ferramenta de auxílio diagnóstico (Mitsea *et al.*, 2023).

Diferentes técnicas radiográficas podem ser utilizadas no estudo do seio frontal, porém as projeções bidimensionais apresentam diversas sobreposições, alterações na qualidade da formação da imagem e erros inerentes as etapas de posicionamento do paciente e processamento do filme (Yoshino *et al.*, 1987). O uso da tomografia computadorizada de feixe cônico na prática clínica apresenta resultados satisfatórios e tem se difundido como método de diagnóstico. Seu uso nos proporciona uma avaliação mais fidedigna das estruturas da face e crânio em tridimensional (Denny *et al.*, 2018). Proporcionando diversas vantagens em seu uso na Odontologia Legal e nos processos de identificação pessoal através da ciência forense (Wickramasinghe *et al.*, 2022).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar em exames de tomografia computadorizada de feixe cônico a possibilidade de determinar o sexo e variabilidade na morfologia do indivíduo por meio de análises e mensurações do seio frontal.

2.2 Objetivos específicos

- a) avaliar e comparar as medidas lineares ínfero-superior, látero-lateral, ântero-posterior e angulares do seio frontal em homens e mulheres;
- b) avaliar e comparar a morfologia do seio frontal em homens e mulher;
- c) identificar a presença de variações da anatomia;
- d) avaliar e comparar as medidas volumétricas em homens e mulheres.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, CAAE: 84477723.1.0000.5137 para apreciação e, após aprovação, em 2025, foi conduzido de acordo com as normas vigentes (ANEXO A).

3.1 Seleção da amostra

Foram utilizados 142 exames de TCFC de pacientes disponibilizados pelo Banco de exames da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, sendo 51 de indivíduos do sexo masculino e 91 do sexo feminino, com idades entre 20 e 70 anos em ambos os sexos. As imagens foram selecionadas por um cirurgião-dentista radiologista, a partir de um arquivo de exames de pacientes de uma população brasileira. Foram excluídas da amostra os exames com qualidade insuficiente para avaliação e imagens de pacientes que não apresentavam o seio frontal dentro do FOV adequado.

3.2 Obtenção das imagens

Os exames de imagem de TCFC foram obtidos através da utilização do tomógrafo I-CAT® (Imaging Sciences, Hatfield, PA, EUA), os parâmetros de exposição elegidos foram de 7 mA e 120 kV. O tempo de aquisição foi de 40s, o voxel de 0,3 mm FOV de 23x17 cm. Para adequada aquisição de imagem os pacientes foram posicionados sentados, com a cabeça fixada pelo próprio dispositivo do aparelho. Sendo que, a cabeça do paciente foi posicionada respeitando os Plano de Frankfurt paralelo ao plano horizontal e o Plano Sagital Mediano perpendicular ao plano horizontal.

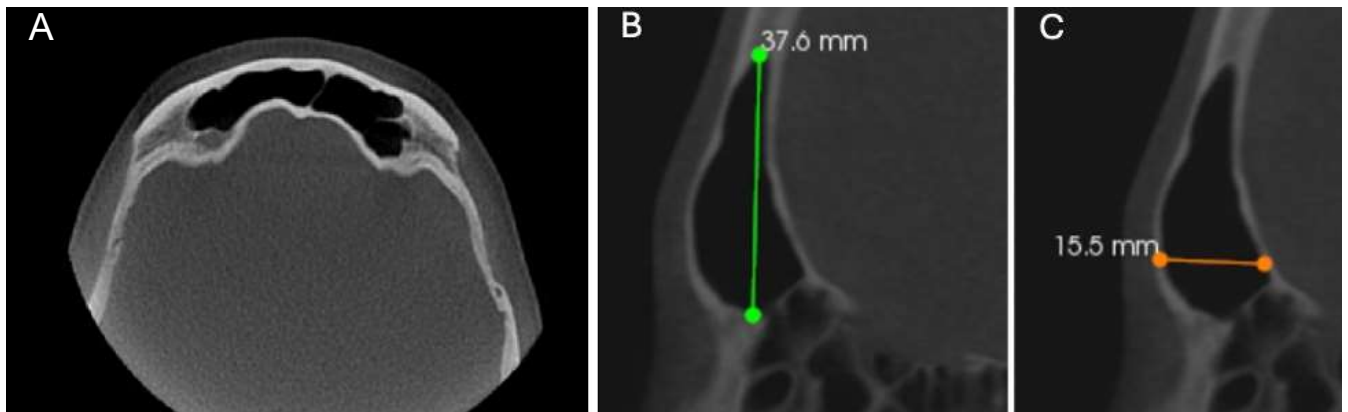
3.3 Mensurações lineares e angulares do seio frontal

Para determinar as mensurações lineares no seio frontal foram utilizadas as reconstruções multiplanares e as ferramentas próprias do software CS Imaging Software® (Carestream Dental, Atlanta, EUA).

As mensurações realizadas estão ilustradas na figura 1 e assim descritas:

- a) Mensuração látero-lateral parcial: Na presença de septo. Maior distância do ponto mais lateral da parede lateral do lado direito do seio frontal ao septo e ponto mais lateral da parede lateral do lado esquerdo do seio frontal ao septo. Mensuração látero-lateral total: Maior distância do ponto mais lateral da parede lateral do lado direito do seio frontal ao ponto mais lateral da parede lateral do lado esquerdo do seio frontal;
- b) Mensuração ínfero-superior: Maior distância do ponto mais inferior do assoalho do seio frontal ao ponto mais superior do teto do seio frontal;
- c) Mensuração ântero-posterior: Maior distância do ponto mais anterior da parede anterior do seio frontal ao ponto mais posterior da parede posterior do seio frontal.

Figura 1: Medidas lineares no seio frontal

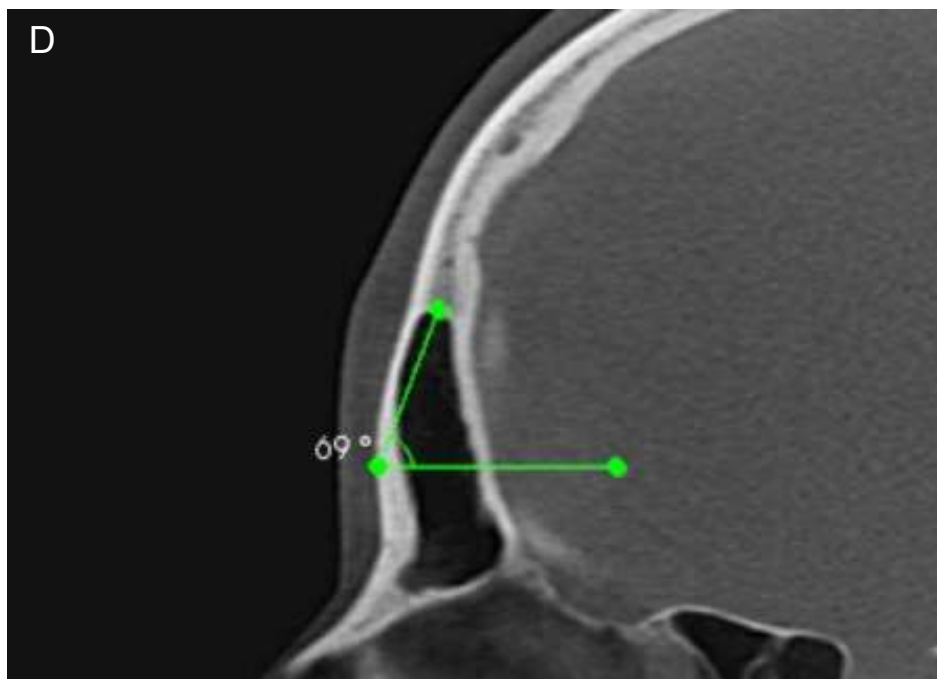


Legenda: A: Distância látero-lateral do seio frontal. B: Distância ínfero-superior do seio frontal. C: Distância ântero-posterior do seio frontal.

Fonte: Elaborado pela autora

- d) Mensuração angular: Ângulo formado entre a maior distância parede superior, anterior do seio frontal, paralelo ao plano de Frankfurt.

Figura 2: Medidas angulares no seio frontal



Legenda: D: Distância da parede superior e anterior do seio frontal, paralelo ao plano de Frankfurt.

Fonte: Elaborado pela autora

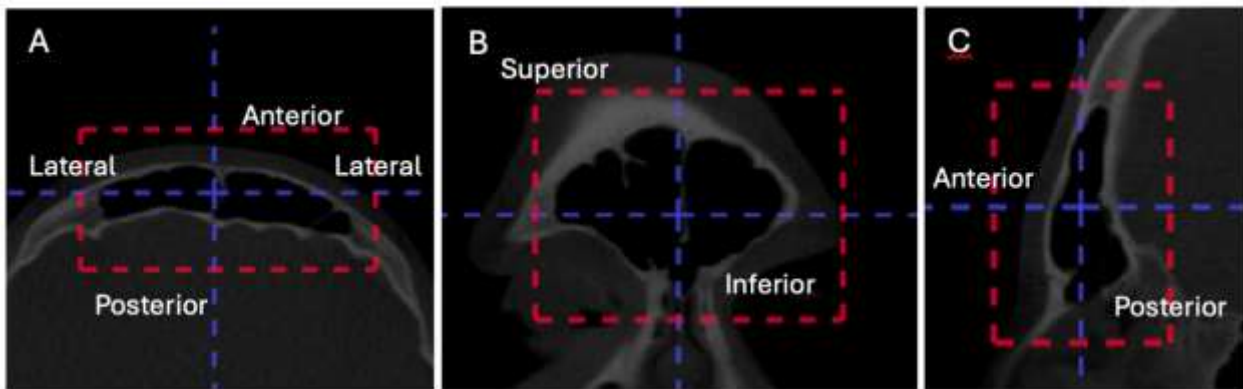
3.4 Mensurações volumétricas do seio frontal

Em relação a avaliação da mensuração volumétrica, as imagens tridimensionais foram obtidas por meio de reconstruções multiplanares, utilizando recursos próprios do software de segmentação ITK-SNAP 3.0® (Cognitica, Philadelphia, PA, EUA).

Um único examinador, cirurgião-dentista radiologista, realizou as avaliações. Esse profissional detém o conhecimento prévio sobre a anatomia tomográfica dos seios paranasais e sobre o uso do *software* utilizado.

Para realizar a reconstrução 3D a ferramenta de segmentação semiautomática foi empregada. A seleção do limite das áreas de interesse foi realizada com o uso do recurso *Snake ROI (Region of Interest)* (Fig. 3). Os limites atribuídos a demarcação foram as paredes anterior, posterior, laterais, superior e inferior do seio frontal.

Figura 3: Limites para seleção da região a ser segmentada



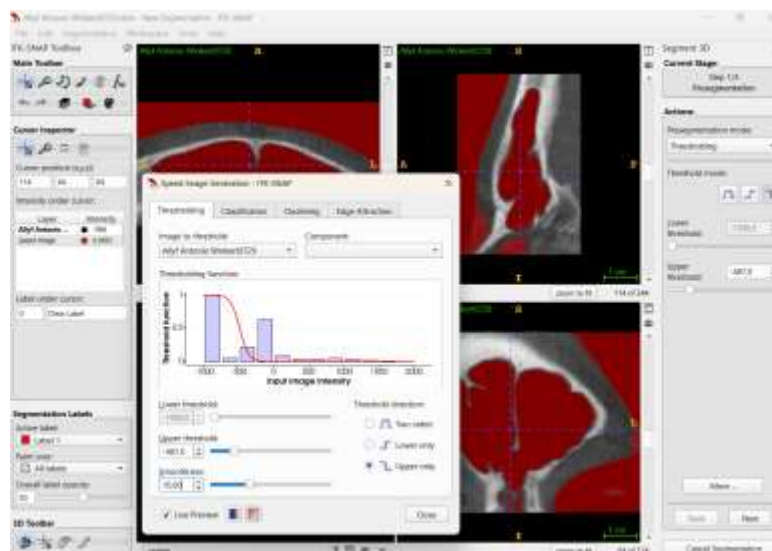
Legenda: A,B, C: Seleção do ROI e limites representados no seio frontal.

Fonte: Elaborado pela autora

A segmentação do seio frontal foi realizada no *software* em 3 passos:

- a) **1º Passo:** Para realizar a ativação do contorno da evolução através do pré-processamento da imagem, houve a seleção da ferramenta de imagem *Region competition*. Os parâmetros para preenchimento de volume segmentado foram fixados em *threshold* de -1000 ao valor mínimo, e variando de -400 a -600 ao valor máximo, o esfumaçamento fixo em 10,00. De acordo coma densidade presente nos exames esses parâmetros sofreram variações. Para a verificação do completo preenchimento do volume do seio frontal (Fig. 4) houve a utilização da opção de display combinado.

Figura 4: 1º passo para a segmentação do seio frontal, no display combinado do software ITK-SNAP 3.0®

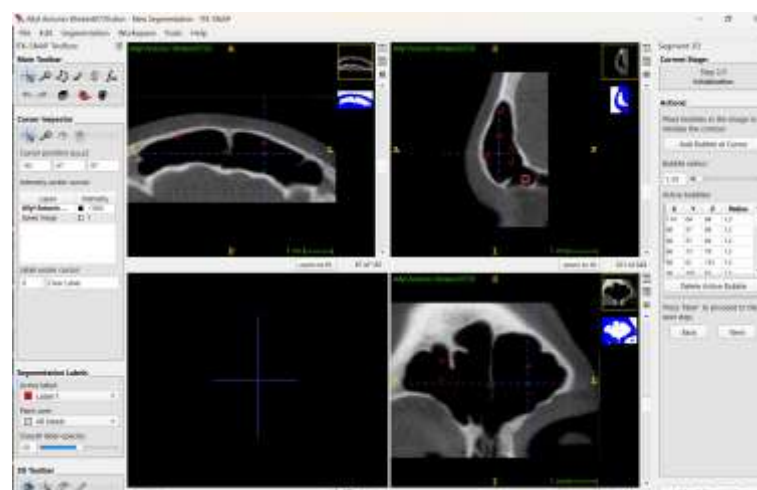


Legenda: Seleção do recurso *Region Competition*. Seleção dos valores máximo e mínimo de *threshold*, e do esfumaçamento.

Fonte: Elaborado pela autora

- b) **2º Passo:** Inserção de bolhas ajustáveis ao longo da imagem, para inicialização do contorno de evolução ativo (Fig. 5).

Figura 5: 2º passo para a segmentação do seio frontal no software ITK-SNAP 3.0®

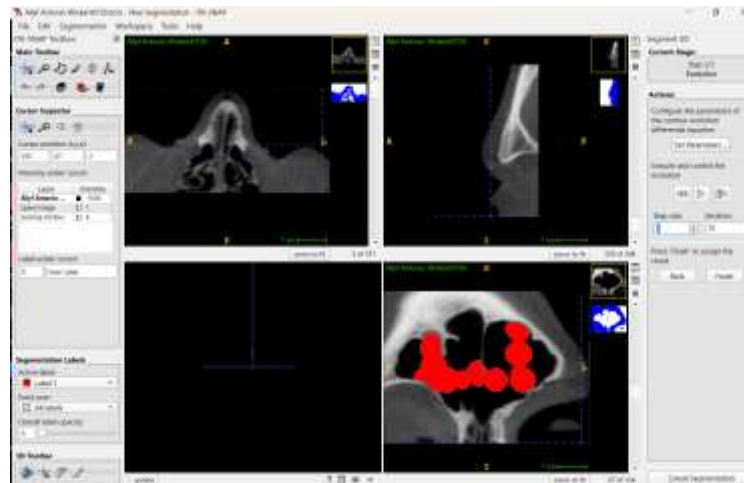


Legenda: Seio frontal visualizado nos planos axial (A), sagital (B) e coronal (C), com a presença das bolhas (em vermelho).

Fonte: Elaborado pela autora

- c) **3º Passo:** Seleção da velocidade (fixada em 2) para o preenchimento do volume. Nesse passo é possível finalizar o processo de preenchimento (Fig. 6).

Figura 6: 3º passo para a segmentação do seio frontal no software ITKSNAP 3.0®

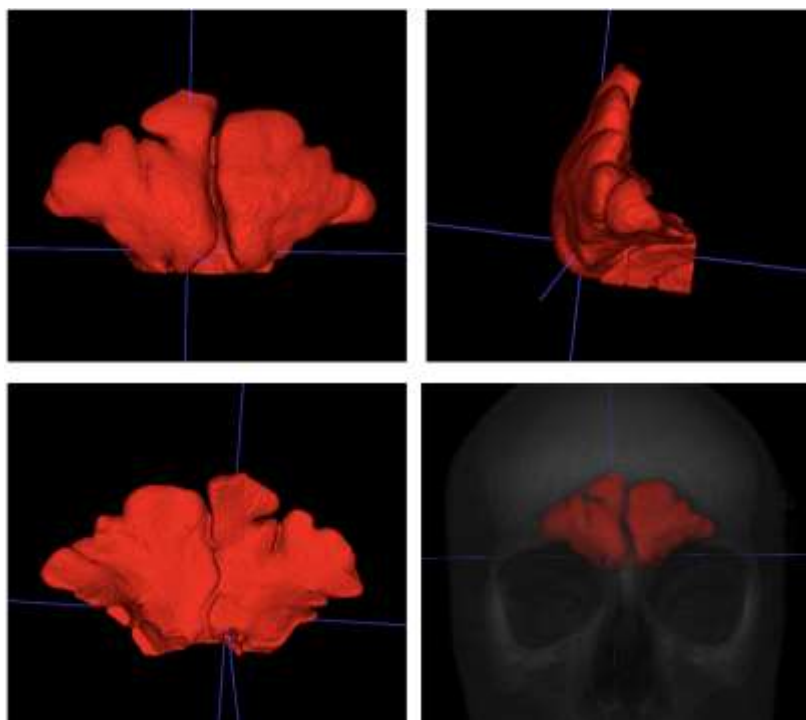


Legenda: Seio frontal visualizado nos planos axial (A), sagital (B) e coronal (C), com a seleção da velocidade de preenchimento do volume.

Fonte: Elaborado pela autora

A mensuração do volume segmentado foi elaborada pelo próprio *software* e fornecida em milímetros cúbicos (mm³) (Fig. 8). Ao finalizar a segmentação, a imagem do volume do seio frontal foi reconstruída na janela 3D do *software* (Fig. 7).

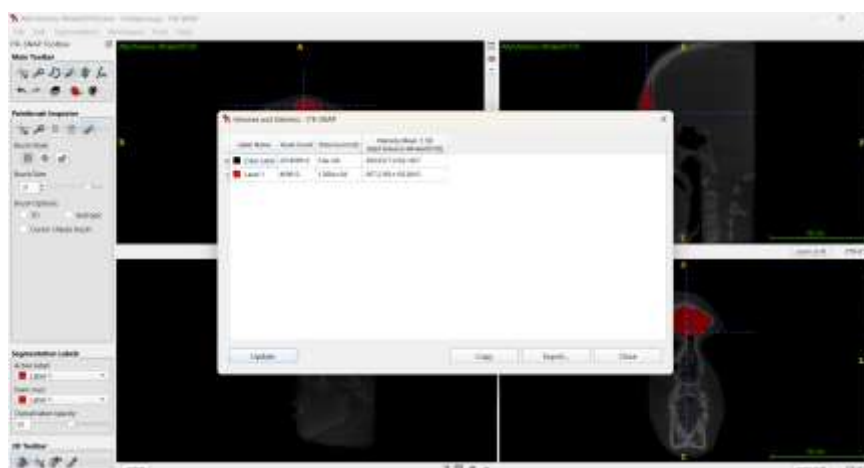
Figura 7: Imagens volumétricas da reconstrução 3D do seio frontal pelo software



Legenda: Reconstrução 3D do seio frontal em diferentes planos.

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 8: Display combinado do software



Legenda: Reconstruções multiplanares e em 3D do seio frontal. Volume do seio esfenoidal calculado pelo software em mm³.

Fonte: Elaborado pela autora

A calibração foi garantida, o examinador especialista em Radiologia e Imaginologia realizou a avaliação repetidas vezes em um grupo de 25 imagens. Essas

imagens diferiam das propostas pela pesquisa, nessa avaliação obteve valores similares entre as avaliações.

3.5 Avaliação morfológica do seio frontal

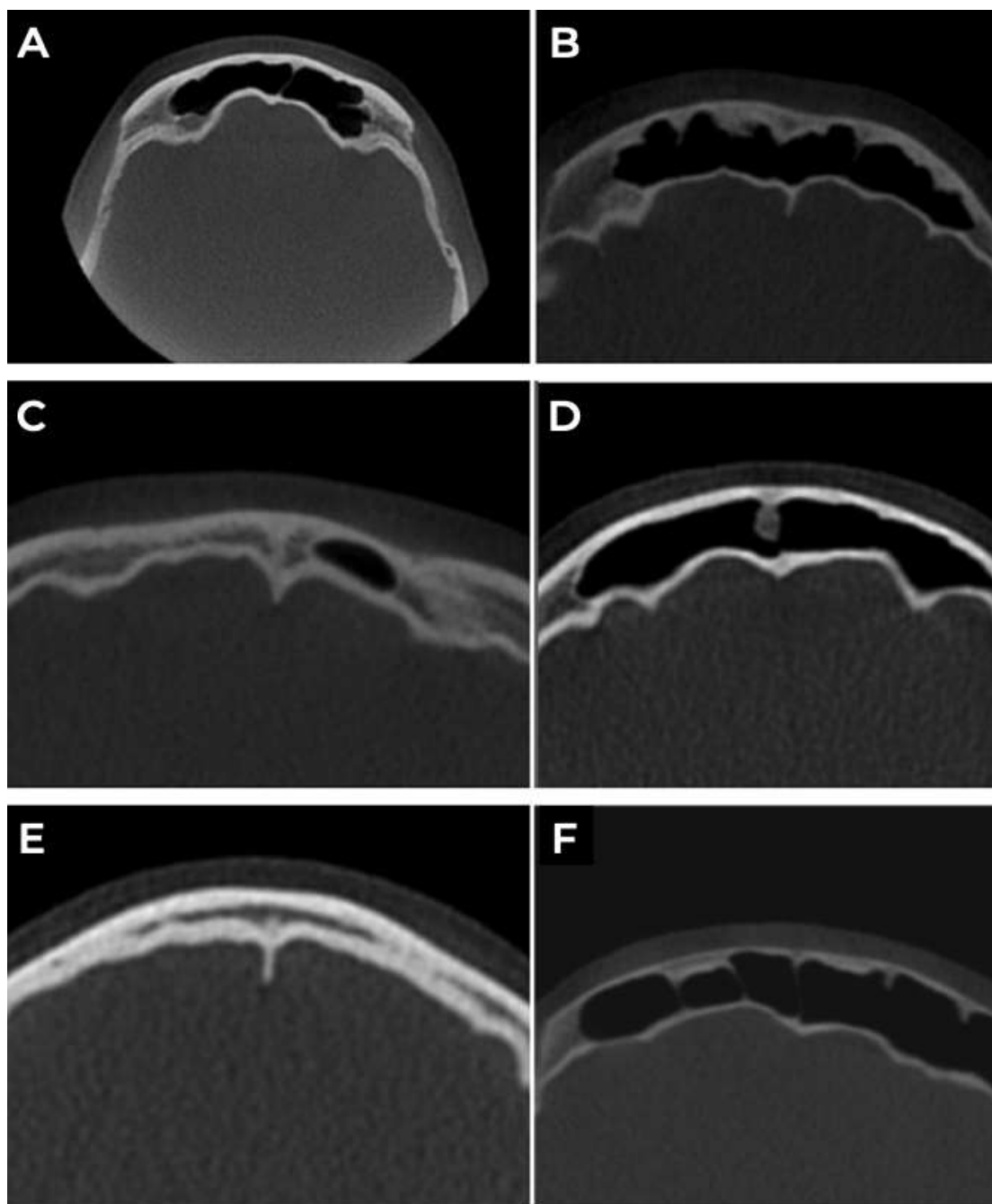
As avaliações da morfologia e a presença de variações da anatomia foram realizadas utilizando as reconstruções multiplanares do *software* CS Imaging Software® (Carestream Dental, Atlanta, EUA).

As variações analisadas estão ilustradas na figura 9 e descritas a seguir:

- a) presença de septo;
- b) presença de células;
- c) hipoplasia;
- d) osteoma;
- e) agenesia (unilateral e bilateral);
- f) extensão (parcial e total).

Apesar do achado Osteoma não ser considerado uma variação da anatomia, e sim uma patologia, foi incluído devido sua alta prevalência no seio frontal. Sendo um fator relevante no processo de identificação pessoal. Dentre os casos de Hipoplasia e Extensão do seio frontal foi realizado uma média entre os pacientes do sexo feminino e masculino através da análise dos resultados obtidos nas mensurações volumétricas. Para a classificação foi adotado o valor inferior de 1.100 mm³ para Hipoplasia e superiores a 11.100 mm³ para Extensão do seio frontal.

Figura 9: Variações da anatomia encontradas no seio frontal



Legenda: A: Septo seio frontal; B: Presença de células; C: Hipoplasia; D: Osteoma; E: Agenesia; F: Extensões.

Fonte: Elaborado pela autora

3.6 Análise estatística

Quarenta dias após o término das avaliações, todas as mensurações foram repetidas em um grupo de 30% dos exames de imagens, e houve a aplicação do teste

de correlação intraclass (ICC) com o objetivo de avaliar a concordância intraexaminador.

O teste estatístico de análise de variância (ANOVA) e o teste t de Student foram empregados para a comparação entre as médias das mensurações avaliadas no seio frontal de indivíduos dos sexos masculino e feminino. Para avaliação da morfologia e presença de variações da anatomia do seio frontal foi realizado estatística descritiva. Para a comparação da presença de variações entre sexo masculino e feminino foi utilizado o teste de Mann-Whitney. A análise estatística realizada, considerou um nível de significância de 5% ($\alpha = 0.05$).

4 ARTIGO CIENTÍFICO

Avaliação tomográfica do seio frontal no dimorfismo sexual.

Artigo formatado dentro das normas do periódico **Forensic Science International (Qualis A2)**.

As normas para submissão de artigos podem ser visualizadas no endereço eletrônico:

https://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/505512?generatepdf=true

Avaliação tomográfica do seio frontal no dimorfismo sexual.

Mariana Cristina Rodrigues de Carvalho^a, Letícia Torres Posso Moreno^b, Flávio Ricardo Manzi^b, Amaro Ilídio Vespasiano Silva^b

^a Programa de Pós-graduação em Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

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

Correspondência ao autor: Dr. Amaro Ilídio Vespasiano Silva, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Departamento de Odontologia, Av. Dom José Gaspar, 500, Prédio 46, Sala 101 – Coração Eucarístico, CEP: 30.535-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, Telefone: +55 (31) 3319-4414, E-mail: amarovespasiano@pucminas.br

RESUMO

Introdução: Reconhecer a identidade pessoal de um corpo que sofreu danos e em estados avançados de decomposição, não é tarefa simples. A partir do estudo dos remanescentes ósseos e seus reparos é possível reconstruir o perfil biológico. O objetivo do estudo foi analisar em uma amostra da população brasileira a probabilidade de definir o sexo de um indivíduo por meio avaliações tomográficas.

Material e Métodos: Foram utilizados 142 exames de TCFC, sendo 51 de pacientes do sexo masculino, e 91 pacientes do sexo feminino, com idades entre 20 e 70 anos. As mensurações volumétricas foram realizadas no software de segmentação ITK-SNAP 3.0® e as mensurações lineares e presença de variações da anatomia presentes no seio frontal foram realizadas no software CS Imaging Software®. Foram utilizados os testes ANOVA e T-Student. A estatística descritiva foi utilizada para avaliar as variações da anatomia e o teste Mann-Whitney para as comparações. Todas as análises estatísticas foram realizadas considerando um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

Resultados: Os resultados indicaram diferenças estatisticamente significativas nas mensurações volumétricas, com os homens apresentando maior volume ($30,706 \text{ mm}^3 \pm 1,726 \text{ mm}^3$) do que as mulheres ($14,543 \text{ mm}^3 \pm 1,141 \text{ mm}^3$). As mulheres apresentaram maior angulação do seio. Nas medidas lineares, não houve diferenças significativas nas dimensões ínfero-superior e látero-lateral, mas os homens apresentaram maior medida ântero-posterior. Quanto às variações morfológicas, foram encontrados mais casos de Células, Agenesias, Extensões e Osteoma no sexo masculino e presença de septo e hipoplasia no seio frontal de mulheres.

Conclusão: Portanto, as medidas lineares e volumétricas e a morfologia do frontal são instrumentos importantes e podem ser utilizados no processo de determinação do sexo e identificação pessoal de indivíduos desconhecidos.

Palavras-chave: Seio frontal. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico. Identificação pessoal. Odontologia Legal. Caracteres sexuais.

1. Introdução

O conjunto de características psíquicas, físicas e funcionais, normais ou patológicas, determinam a identidade e essa identidade define um indivíduo. A identificação humana é um desafio desde tempos remotos, sendo uma tarefa desafiadora para a humanidade [1]. Além de proporcionar a identificação social o uso da ciência forense pode desempenhar um papel fundamental em casos de acidentes aéreos e rodoviários, incêndios, catástrofes e até mesmo na investigação de casos criminais. A identificação humana é primordial no processo de recompor os perfis biológicos, principalmente em indivíduos desconhecidos e sem vida [2]. As estruturas anatômicas possuem variabilidades individuais que garantem uma importante premissa no processo de identificação. Também permitem a interpretação através de diversos métodos forenses [3].

Dentre os métodos mais utilizados na medicina forense podemos destacar a análise do DNA, a identificação das impressões digitais e a avaliação odontológica [4]. E nos casos de inviabilidade do uso de tecidos moles, em níveis avançados de putrefação e deterioração, é possível utilizar a análise das estruturas esqueléticas remanescentes [5].

Geralmente as estruturas ósseas são preservadas após violações naturais e não naturais, se mantêm disponíveis para avaliações físicas e exames de imagem. É possível comparar exames mortem e post-mortem, analisando as estruturas remanescentes, que contém informações valiosas de identificação [1,2,5].

O crânio possui quatro pares de seios paranasais. Os seios frontais, maxilares, esfenoidais e etmoidais, sendo eles, de grande impacto para a ciência forense. O seio frontal apresenta vasta variabilidade individual e é possível diferenciar até gêmeos monozigóticos [6]. Podemos encontrar variações de simetria, forma, tamanho, bordas, número e presença de células e septo, por esse motivo, o seio frontal se destaca nas etapas de identificação [7]. Essas variações são marcantes entre indivíduos, há diferenças significativas na anatomia entre etnias, sexo e idades [6].

Os seios frontais são cavidades pneumáticas, de forma irregular e comumente em pares. São localizados entre a tábua óssea interna e externa do osso frontal, sendo limitada pelo arco superciliar e pelo osso nasal. Geralmente essas estruturas são revestidas por um mucoperiósteo e divididas por um septo ósseo [7]. Não estão presentes no nascimento e podemos notá-las após 2 a 3 anos de idade, quando seu

desenvolvimento se inicia [8]. Aos 20 anos sua maturação e crescimento se completa e permanece estável a partir de então, na velhice podemos observar pneumatização gradual devido a reações atróficas [9]. Em razão do padrão de estabilidade, nas últimas décadas, a morfologia dos seios emergiu como ferramenta de auxílio diagnóstico [1,2].

Diferentes técnicas radiográficas podem ser utilizadas no estudo do seio frontal, porém as projeções bidimensionais apresentam diversas sobreposições, alterações na qualidade da formação da imagem e erros inerentes as etapas de posicionamento do paciente e processamento do filme [8].

O uso da tomografia computadorizada de feixe cônico na prática clínica apresenta resultados satisfatórios e tem se difundido como método de diagnóstico. Seu uso nos proporciona uma avaliação mais fidedigna das estruturas da face e crânio em tridimensional [9]. Proporcionando diversas vantagens em seu uso na Odontologia Legal e nos processos de identificação pessoal através da ciência forense [4].

2. Material e Métodos

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, CAAE: 84477723.1.0000.5137 para apreciação e, após aprovação, em 2025, foi conduzido de acordo com as normas vigentes.

2.1. Seleção da amostra

Foram utilizados 142 exames de TCFC de pacientes disponibilizados pelo Banco de exames da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, sendo 51 de indivíduos do sexo masculino e 91 do sexo feminino, com idades entre 20 e 70 anos em ambos os sexos. As imagens foram selecionadas por um cirurgião-dentista radiologista, a partir de um arquivo de exames de pacientes de uma população brasileira. Foram excluídas da amostra os exames com qualidade insuficiente para avaliação e imagens de pacientes que não apresentavam o seio frontal dentro do FOV adequado.

2.2. Obtenção das imagens

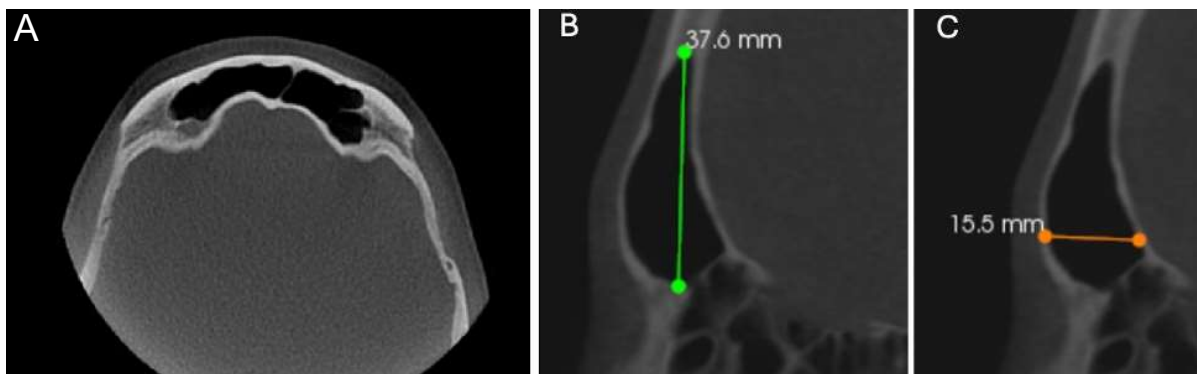
Os exames de imagem de TCFC foram obtidos através da utilização do tomógrafo I-CAT® (Imaging Sciences, Hatfield, PA, EUA), os parâmetros de exposição elegidos foram de 7 mA e 120 kV. O tempo de aquisição foi de 40s, o voxel de 0,3 mm FOV de 23x17 cm. Para adequada aquisição de imagem os pacientes foram posicionados sentados, com a cabeça fixada pelo próprio dispositivo do aparelho. Sendo que, a cabeça do paciente foi posicionada respeitando os Plano de Frankfurt paralelo ao plano horizontal e o Plano Sagital Mediano perpendicular ao plano horizontal.

2.3. Mensurações lineares e angulares do seio frontal

Para determinar as mensurações lineares no seio frontal foram utilizadas as reconstruções multiplanares e as ferramentas próprias do software CS Imaging Software® (Carestream Dental, Atlanta, EUA).

As mensurações realizadas estão ilustradas na figura 1 e assim descritas:

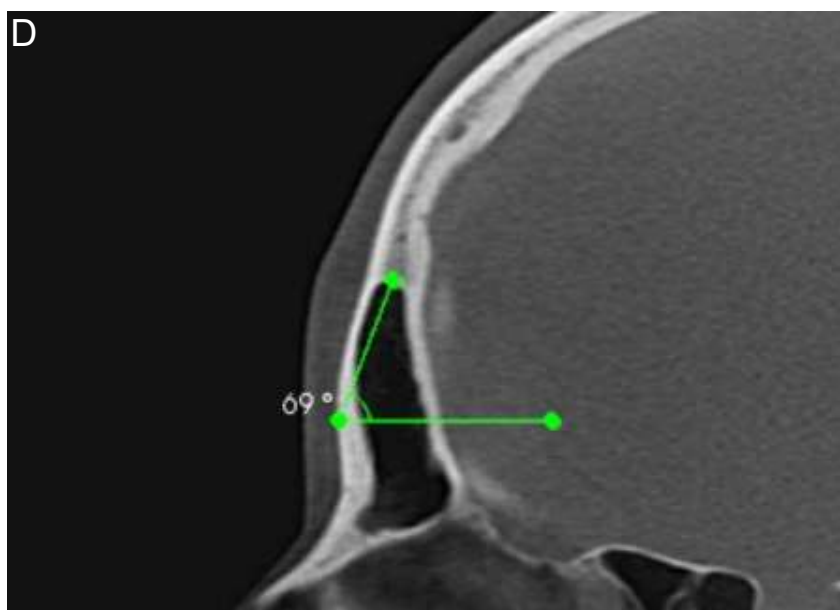
- a) Mensuração látero-lateral parcial: Na presença de septo. Maior distância do ponto mais lateral da parede lateral do lado direito do seio frontal ao septo e ponto mais lateral da parede lateral do lado esquerdo do seio frontal ao septo. Mensuração látero-lateral total: Maior distância do ponto mais lateral da parede lateral do lado direito do seio frontal ao ponto mais lateral da parede lateral do lado esquerdo do seio frontal;
- b) Mensuração ínfero-superior: Maior distância do ponto mais inferior do assoalho do seio frontal ao ponto mais superior do teto do seio frontal;
- c) Mensuração ântero-posterior: Maior distância do ponto mais anterior da parede anterior do seio frontal ao ponto mais posterior da parede posterior do seio frontal.



Legenda: A: Distância látero-lateral do seio frontal. B: Distância ínfero-superior do seio frontal. C: Distância ântero-posterior do seio frontal.

Fig.10. Medidas lineares no seio frontal

- d) Mensuração angular: Ângulo formado entre a maior distância parede superior, anterior do seio frontal, paralelo ao plano de Frankfurt.



Legenda: D: Distância da parede superior e anterior do seio frontal, paralelo ao plano de Frankfurt.

Fig. 2. Medidas angulares no seio frontal

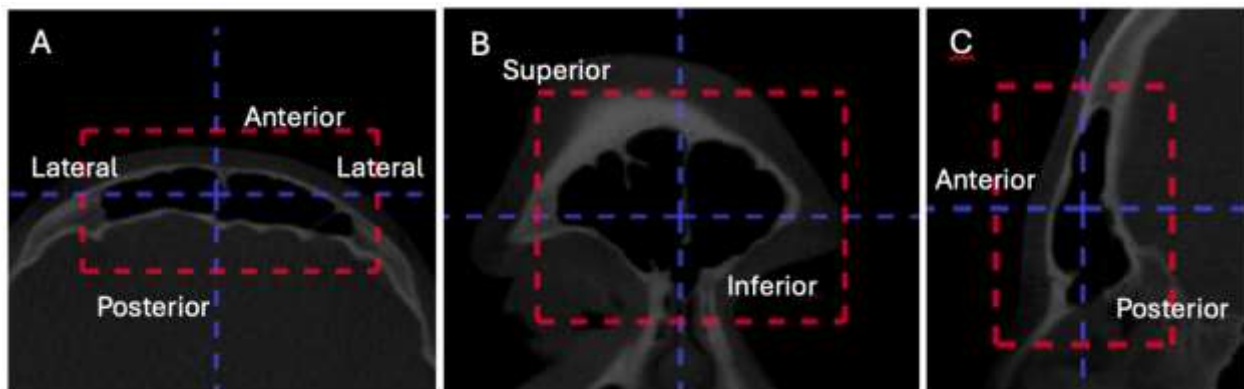
2.4. Mensurações volumétricas do seio frontal

Em relação a avaliação da mensuração volumétrica, as imagens tridimensionais foram obtidas por meio de reconstruções multiplanares, utilizando

recursos próprios do software de segmentação ITK-SNAP 3.0® (Cognitica, Philadelphia, PA, EUA).

Um único examinador, cirurgião-dentista radiologista, realizou as avaliações. Esse profissional detém o conhecimento prévio sobre a anatomia tomográfica dos seios paranasais e sobre o uso do *software* utilizado.

Para realizar a reconstrução 3D a ferramenta de segmentação semiautomática foi empregada. A seleção do limite das áreas de interesse foi realizada com o uso do recurso *Snake ROI (Region of Interest)* (Fig. 3). Os limites atribuídos a demarcação foram as paredes anterior, posterior, laterais, superior e inferior do seio frontal.



Legenda: A, B, C: Seleção do ROI e limites representados no seio frontal.

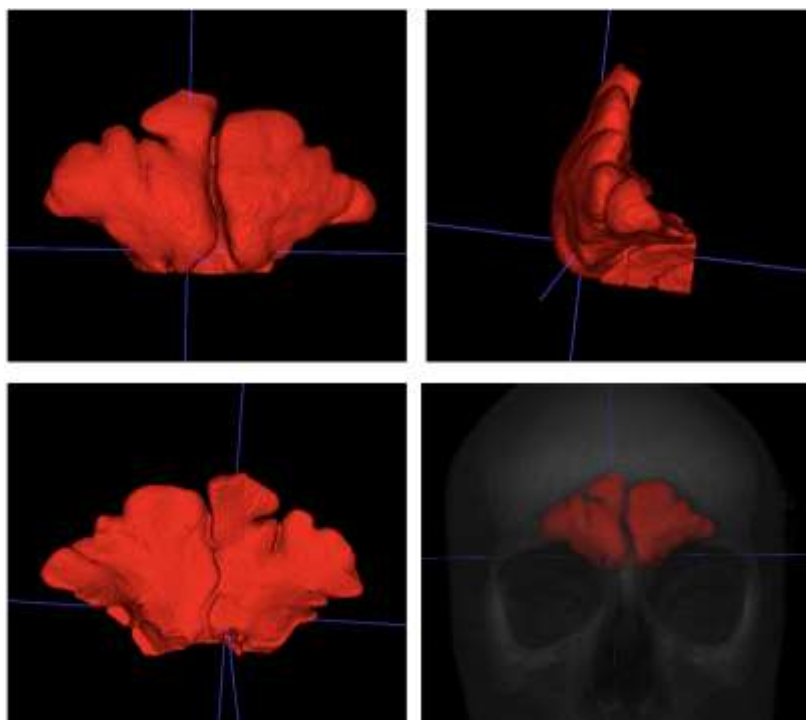
Fig. 3. Limites para seleção da região a ser segmentada

A segmentação do seio frontal foi realizada no *software* em 3 passos:

- a) **1º Passo:** Para realizar a ativação do contorno da evolução através do pré-processamento da imagem, houve a seleção da ferramenta de imagem *Region competition*. Os parâmetros para preenchimento de volume segmentado foram fixados em *threshold* de -1000 ao valor mínimo, e variando de -400 a -600 ao valor máximo, o esfumaçamento fixo em 10,00. De acordo coma densidade presente nos exames esses parâmetros sofreram variações. Para a verificação do completo preenchimento do volume do seio frontal houve a utilização da opção de display combinado;
- b) **2º Passo:** Inserção de bolhas ajustáveis ao longo da imagem, para inicialização do contorno de evolução ativo;

- c) **3º Passo:** Seleção da velocidade (fixada em 2) para o preenchimento do volume. Nesse passo é possível finalizar o processo de preenchimento.

A mensuração do volume segmentado foi elaborada pelo próprio *software* e fornecida em milímetros cúbicos (mm³). Ao finalizar a segmentação, a imagem do volume do seio frontal foi reconstruída na janela 3D do *software* (Fig. 4).



Legenda: Reconstrução 3D do seio frontal em diferentes planos.

Fig. 4. Imagens volumétricas da reconstrução 3D do seio frontal pelo *software*

A calibração foi garantida, o examinador especialista em Radiologia e Imaginologia realizou a avaliação repetidas vezes em um grupo de 25 imagens. Essas imagens diferiam das propostas pela pesquisa, nessa avaliação obteve valores similares entre as avaliações.

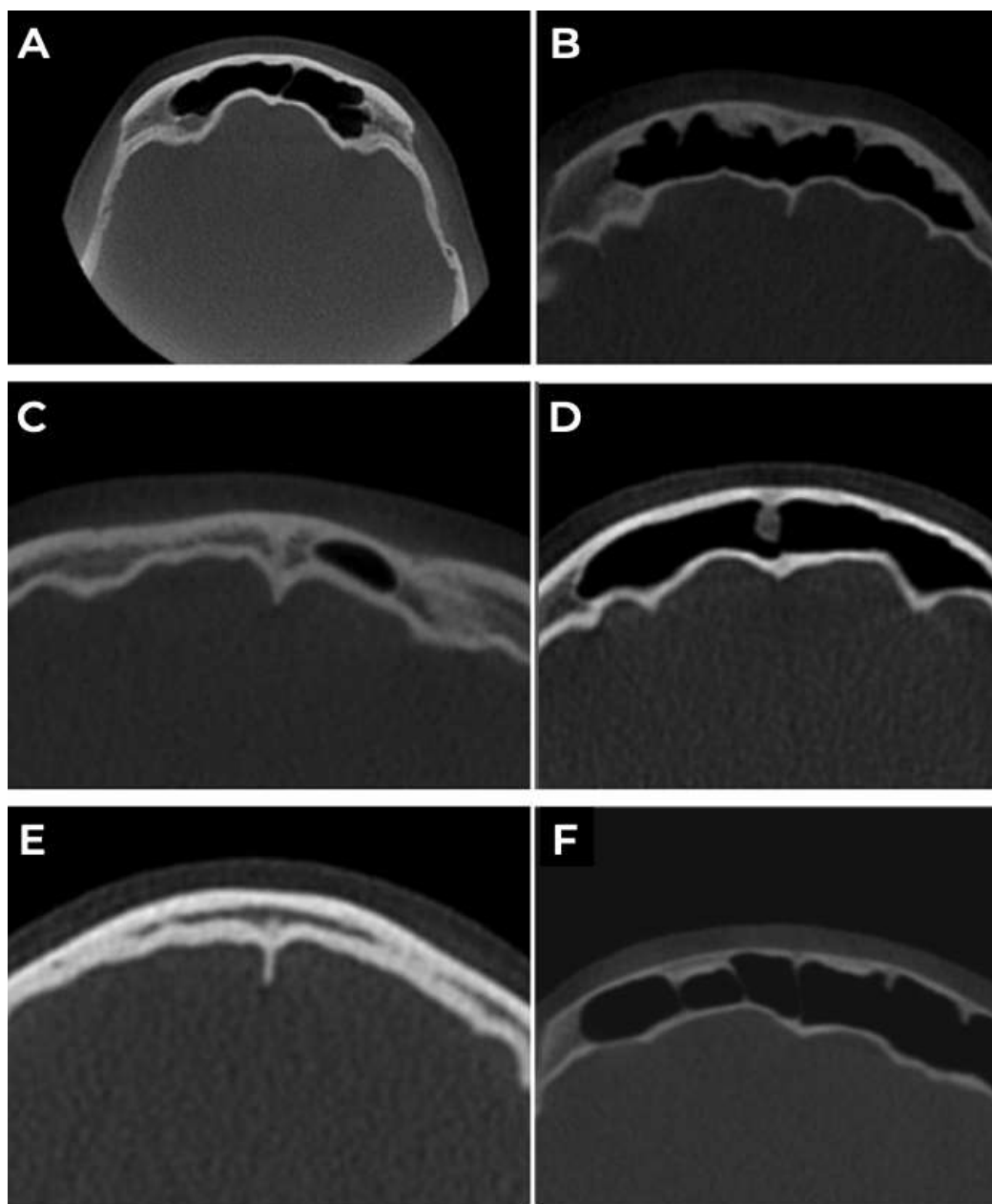
2.5. Avaliação morfológica do seio frontal

As avaliações da morfologia e a presença de variações da anatomia foram realizadas utilizando as reconstruções multiplanares do *software* CS Imaging Software® (Carestream Dental, Atlanta, EUA).

As variações analisadas estão ilustradas na figura 5 e descritas a seguir:

- g) presença de septo;
- h) presença de células;
- i) hipoplasia;
- j) osteoma;
- k) agenesia (unilateral e bilateral);
- l) extensão (parcial e total).

Apesar do achado Osteoma não ser considerado uma variação da anatomia, e sim uma patologia, foi incluído devido sua alta prevalência no seio frontal. Sendo um fator relevante no processo de identificação pessoal. Dentre os casos de Hipoplasia e Extensão do seio frontal foi realizado uma média entre os pacientes do sexo feminino e masculino através da análise dos resultados obtidos nas mensurações volumétricas. Para a classificação foi adotado o valor inferior de 1.100 mm³ para Hipoplasia e superiores a 11.100 mm³ para Extensão do seio frontal.



Legenda: A: Septo seio frontal; B: Presença de células; C: Hipoplasia; D: Osteoma; E: Agenesia; F: Extensões.

Fig. 5. Variações da anatomia encontradas no seio frontal

2.6. Análise estatística

Quarenta dias após o término das avaliações, todas as mensurações foram repetidas em um grupo de 30% dos exames de imagens, e houve a aplicação do teste de correlação intraclassa (ICC) com o objetivo de avaliar a concordância intraexaminador.

O teste estatístico de análise de variância (ANOVA) e o teste t de Student foram empregados para a comparação entre as médias das mensurações avaliadas no seio frontal de indivíduos dos sexos masculino e feminino. Para avaliação da morfologia e presença de variações da anatomia do seio frontal foi realizada estatística descritiva. Para a comparação da presença de variações entre sexo masculino e feminino foi utilizado o teste de Mann-Whitney. A análise estatística realizada, considerou um nível de significância de 5% ($\alpha = 0.05$).

3. Resultados

O coeficiente de correlação interclasse revelou uma excelente correlação de reprodutibilidade ($ICC > 1.843$, $p < 0.01$) para as mensurações lineares e volumétricas do seio frontal.

3.1. Mensurações lineares do seio frontal

Os resultados desse estudo sugerem que, ao comparar homens e mulheres não há diferenças estatísticas nas mensurações ínfero-superior e látero-lateral, mas há diferença em relação a mensuração ântero-posterior, sendo que, homens apresentaram maior distância.

Tabela 1. Média (desvio padrão) das mensurações lineares realizadas no seio frontal de indivíduos dos sexos masculino e feminino

	Medidas Lineares		
	Ínfero-superior (mm)	Látero-lateral (mm)	Ântero-posterior (mm)
Homens	33 ± 1,30	38,28 ± 2,69	15 ± 3,4
Mulheres	37,8 ± 8,92	49,33 ± 9,06	8,25 ± 1,03
Valor p	p= 0,1843	p=0,1230	p= <0,0001

Testes estatísticos ANOVA e t de Student Inferior-superior (mm) (p) = 0,1843; Látero-lateral: (p) = 0,1230; Antero-posterior: (p) = 0,0001.

De acordo com a Tabela 1, os valores médios das mensurações ínfero superiores para o sexo masculino foram 33 mm ± 1,30 mm e para o sexo feminino 37,8 mm ± 8,92 mm. Em relação as mensurações látero-lateral foram encontrados os resultados 38,28 mm ± 2,69 mm para homens e 49,33 mm ± 9,06 mm para mulheres. Já nas medidas ântero-posteriores 15 mm ± 3,4 mm no sexo masculino e 8,25 mm ± 1,03 mm no sexo feminino.

3.2. Mensurações angulares do seio frontal

Há diferenças em relação as mensurações de angulação do seio, sendo que em mulheres há maior angulação que em homens.

Tabela 2. Média (desvio padrão) das mensurações angulares realizadas no seio frontal de indivíduos dos sexos masculino e feminino

	Medidas Angulares (mm)
Homens	75 ± 6,6
Mulheres	83,93 ± 6,9
Valor p	p=0,0001

Testes estatísticos ANOVA e t de Student Angulo (mm) (p) = 0,0001;

De acordo com a Tabela 2, os valores médios das mensurações angulares do seio frontal encontrados no sexo masculino foram $75 \text{ mm} \pm 6,6 \text{ mm}$ e para o sexo feminino $83,93 \text{ mm} \pm 6,9 \text{ mm}$.

3.3. Mensurações volumétricas do seio frontal

Os resultados desse estudo sugerem que comparando homens e mulheres há diferenças estatísticas significantes referentes às mensurações volumétricas, sendo que, em homens há maior volume do que em mulheres.

Tabela 3. Média (desvio padrão) das mensurações volumétricas realizadas no seio frontal de indivíduos dos sexos masculino e feminino

	Medidas Volumétricas (mm)
Homens	$13,18 \pm 6,72$
Mulheres	$6,08 \pm 3,71$
Valor p	$p=0,0001$

Testes estatísticos ANOVA e t de Student Volume (mm) (p) = 0,0001

De acordo com a Tabela 3 em homens o seio frontal apresenta maior volume ($30,706 \text{ mm}^3 \pm 1,726 \text{ mm}^3$) do que em mulheres ($14,543 \text{ mm}^3 \pm 1,141 \text{ mm}^3$). Sendo a média (desvio padrão) no sexo masculino $13,18 \text{ mm} \pm 6,72 \text{ mm}$ e no sexo feminino $6,08 \text{ mm} \pm 3,71 \text{ mm}$.

3.4. Morfologia e variações da Anatomia do seio frontal

Há diferenças em relação a morfologia e as variações anatômicas presentes no seio frontal entre sexo feminino e masculino. Foram encontrados mais casos de Extensões, presença de Células, Agenesias e Osteoma no sexo masculino. Já no sexo feminino foram encontrados maior presença de Septo e Hipoplasia no seio frontal.

Tabela 4. Proporção das variações da Anatomia encontradas no seio frontal de indivíduos dos sexos masculino e feminino

Morfologia seio frontal	Homens	Mulheres
Septo	(19) 37,2%	(37) 40,6%
Células	(22) 43,1%	(10) 10,9%
Hipoplasia	(3) 5,8%	(9) 9,8%
Osteoma	(2) 3,9%	(3) 3,2%
Agenesia	(8) 15,6%	(10) 10,9%
Extensão	(28) 54,9%	(27) 29,6%

Teste estatístico de Mann-Whitney e estatística descritiva (p) = <0,01.

De acordo com a Tabela 4 foram encontradas características morfológicas e variações da anatomia, sendo elas, a presença de septo em 37,2% em homens e 40,6% em mulheres. Presença de células 43,1% em homens e 10,9% em mulheres. Hipoplasia 5,8% em homens e 9,8% em mulheres. Osteoma em 3,9% em homens e 3,2% em mulheres. Agenesia 15,6% em homens e 10,9% em mulheres. Extensão 54,9% em homens e 29,6% em mulheres.

4. Discussão

Em muitos cenários, os tecidos moles não se mantêm intactos, exigindo abordagens alternativas para identificação, como avaliações odontológicas e antropológicas [5,10,11]. O dimorfismo sexual manifesta-se em várias particularidades anatômicas do crânio. Em situações forenses, frequentemente, apenas uma porção do crânio pode ser recuperada. Assim, reconhecer traços cranianos específicos associados ao gênero torna-se uma habilidade valiosa [12]. A população brasileira foi eleita devido a carência de estudos robustos e relatos na literatura sobre o uso das mensurações do seio frontal no processo de elaboração de perfil biológico, identificação de indivíduos desconhecidos e dimorfismo sexual no país.

A tomografia computadorizada de feixe cônico tornou-se uma ferramenta prevalente na prática clínica devido à sua confiabilidade. Esta técnica permite uma representação tridimensional mais precisa das estruturas craniofaciais [9]. Além disso, apresenta múltiplos benefícios quando aplicada na Odontologia Legal, desde custos

operacionais relativamente baixos a qualidade e boa resolução das imagens, desempenhando um papel primordial nos procedimentos de identificação por meio da ciência forense. Por esse motivo, emergiu como excelente como ferramenta de auxílio diagnóstico [2,4,13]. A tomografia de feixe cônico, apesar de suas vantagens, ainda apresenta pouca aplicabilidade e uso nos processos de identificação humana, favorecendo assim, um cenário de estudo e aprofundamento.

O seio frontal é uma componente dos seios paranasais e é situado no osso frontal. Consiste em uma cavidade aérea de contorno irregular, recoberta por tecido mucoso. Podemos notar variações de tamanho entre o seio frontal direito e esquerdo, sendo que, essas alterações ocorrem devido à disposição não uniforme e assimétrica do septo que divide esses dois seios. É a última cavidade paranasal a se formar após o nascimento. Pode ser observado em radiografias a partir dos 8 anos de idade e, por volta dos 12 anos, já apresenta uma expansão considerável [4,13]. Ao atingir os 20 anos, o seio frontal conclui seu processo de maturação e crescimento, mantendo-se constante a partir desse momento. No entanto, durante o envelhecimento, uma tendência de pneumatização crescente é observada, oriunda de processos atróficos [9,11]. A fim de assegurar o desenvolvimento e maturação do seio frontal, foram utilizados exames de imagem que contemplaram pacientes de 20 a 70 anos no presente estudo.

O agrupamento de atributos mentais, corporais e funcionais, regulares ou anormais, estabelecem a individualidade, e essa singularidade caracteriza uma pessoa [1]. A associação dos traços específicos presentes no corpo com informações coletadas durante a vida do indivíduo como a verificação de impressões digitais, análise de DNA, estudos antropológicos e outras estratégias, contribui para o reconhecimento do indivíduo. Portanto, é essencial desenvolver e melhorar os métodos forenses os tornando precisos e confiáveis, sendo indispensáveis por razões sociais e legais [3,4,13]. O índice de correlação intraclasse desse estudo foi de 0,99, indícios representativos de reprodutibilidade.

Da mesma forma que as impressões digitais são distintas para cada pessoa, a estrutura do seio frontal é notoriamente complexa e singular. De fato, essa individualidade é tão distinta que estudos foram conduzidos para utilizar essas variações na distinção de gêmeos monozigóticos.

O mecanismo de drenagem do seio frontal também apresenta uma complexidade significativa. Devido a uma ampla gama de variações anatômicas

associadas a esse sistema de drenagem, é visto como uma das formações anatômicas mais sofisticadas e complexas na região da cabeça e do pescoço. Assim, sua aplicação pode ser empregada em comparações, tornando a identificação um processo direto, ágil e incontestável [6,9,12]. A individualidade dessa estrutura e a presença de variações da anatomia, são informações valiosas no processo de reconhecimento pessoal. Por esse motivo, o uso do seio frontal nos processos de identificação pessoal deve ser fidelizado.

Caputo et al.⁷ realizaram um estudo no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto que utilizou 203 tomografias computadorizadas de seios da face. Nesse estudo mesuraram o volume do seio frontal e realizaram mensurações lineares de homens e mulheres de idades variadas, entre 07 e 66 anos. Sendo que, os exames que apresentavam patologias e alterações anatômicas foram excluídos. As variações da anatomia e morfologia são aspectos importantes na avaliação do seio frontal e podem nos fornecer informações valiosas a cerca do reconhecimento pessoal, foram encontradas nos exames de imagem diversas, como a presença de septo em 37,2% em homens e 40,6% em mulheres. Hiperplasia em 45,0% em homens e 6,5% em mulheres. Globulações 43,1% em homens e 10,9% em mulheres. Hipoplasia 5,8% em homens e 9,8% em mulheres. Osteoma 3,9% em homens e 3,2% em mulheres. Agenesia 15,6% em homens e 10,9% em mulheres. Extensão 9,8% em homens e 23,0% em mulheres. Na atual pesquisa, foram excluídos apenas exames de imagem com qualidade insuficiente ou que não apresentavam o seio frontal dentro do FOV adequado.

Em relação as mensurações lineares foram avaliadas 3 medidas, coronal, sagital e axial e as mensurações volumétricas foram realizadas através de um software chamado Mimics (Materialise), versão 10.1. Nesse estudo não houve diferenças estatisticamente significativas nas distâncias ântero-posterior no plano sagital, látero-lateral total no plano axial, látero-lateral total no plano coronal. Porém, houve diferenças entre os lados para as medidas da altura máxima no plano sagital e distância ântero-posterior no plano axial. Nesse estudo não houve avaliação angular do seio frontal [7]. Na presente pesquisa os resultados encontrados, sugerem que, ao comparar homens e mulheres não há diferenças estatísticas significativas nas mensurações ínfero-superior e látero-lateral, mas há diferença em relação a mensuração ântero-posterior, sendo que, homens apresentaram maior distância. As

diferenças angulares entre sexo podem ser atribuídas as características esqueléticas e anatômicas representativas de cada sexo.

Segundo Mitsea et al.² em sua revisão sistemática, avaliaram evidências científicas para determinar se as dimensões e volume do seio frontal são ferramentas eficazes no processo de dimorfismo sexual e identificação humana. Totalizando 718 participantes, sendo 359 homens e 359 mulheres incluídos na pesquisa. A mensuração volumétrica e a altura do seio frontal foram estatisticamente significativamente maiores em homens do que em mulheres. Dessa forma, podem ser utilizados como um método complementar adicional [2]. Os resultados desse estudo sugerem que comparando homens e mulheres há diferenças estatísticas significantes referentes às mensurações volumétricas, sendo que, em homens há maior volume do que em mulheres em acordo com os achados da literatura.

A determinação do sexo a partir de remanescentes esqueléticos é uma etapa crucial na formação de um perfil biológico preciso, pois tal procedimento descarta a possibilidade de pertencimento ao gênero biológico oposto. Nessa avaliação, o foco recai sobre o crânio e a pelve. Quando ambos são avaliados conjuntamente, pode-se alcançar uma acurácia de classificação de até 98%, enquanto a análise somente da pelve pode atingir uma precisão de até 95% [13]. No presente estudo foi possível determinar diferenças estatisticamente significantes em diversos parâmetros avaliadas, reafirmando o uso de mensurações lineares, angulares e volumétricas nos processos de identificação pessoal e dimorfismo sexual.

Ao visitar a literatura encontramos estudos como Mitsea et al.² e Choit et al.² que reforçam a utilização do seio frontal como ferramenta para o dimorfismo sexual. Em ambos há concordância com os resultados obtidos na presente pesquisa, na revisão sistemática de Mitsea é notório que a altura e volume do seio frontal de homens são estatisticamente maiores do que em mulheres. Já no estudo de Choit, a análise morfológica tridimensional de 130 exames de TCFC identificou uma precisão de 80% através do uso das análises realizadas no seio frontal para a determinação de sexo. Sendo assim, o uso da análise do seio frontal nos processos de identificação pessoal e dimorfismo sexual é um método forense confiável, principalmente nos casos em que não há preservação de outros reparos [2, 14].

5. Conclusão

Por meio da análise das medidas volumétricas, lineares e da morfologia presente no seio frontal, é possível determinar o dimorfismo sexual.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Referências

- [1] SS Nikam, RM Gadgil, AR Bhoosreddy, KR Shah, VU Shirsekar, Personal identification in forensic science using uniqueness of radiographic image of frontal sinus, *J Forensic Odontostomatol*, 33 (2015) 1-7, 2015.
- [2] A Mitsea, N Christoloukas, A Rontogianni, C Angelopoulos, Contribution of morphology of frontal sinuses (Linear and Volumetric Measurements) to gender identification based on Cone Beam Computed Tomography Images (CBCT): a systematic review, *J Pers Med*, 13 (2023) 480. <https://doi.org/10.3390/jpm13030480>.
- [3] CB Soares, MS Almeida, PM Lopes, RV Beltrão, AA Pontual, FM Ramos-Perez et al., Human identification study by means of frontal sinus imaginological aspects, *Forensic Sci Int*, 262 (2016), 183-189. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.03.030>.
- [4] C Wickramasinghe, AN Vadysinghe, S Kodikara, J Udupihilla, Frontal sinus pattern analysis for human identification using non-contrast computed tomography images: A Sri Lankan experience. *SAGE Open Med*, 10 (2022) 20503121221143628. <https://doi.org/10.1177/20503121221143628>. eCollection 2022.
- [5] RF Silva, CG Vaz, ML Domiciano, A Franco, CABCM Nunes, MM Prado, Radiographic alterations of the frontal sinus morphology according to variations of the vertical angle in posteroanterior radiographs of the skull, *Acta Sci Health Sci*, 36 (2014) 113-117.
- [6] LA Howser, AJ Jones, SB Sreenath, JY Ting, EA Illing, Frontal sinus anatomy variations in race and sex using the international frontal sinus anatomy classification, *Ear Nose Throat J*, 20 (2023) 1455613231185701. <https://doi.org/10.1177/01455613231185701>. Online ahead of print.
- [7] IGC Caputo, Prado FB, Muglia VF, Análise de seio frontal para uso em identificação humana, *Braz J Forens Sci Med Law Bioeth*, 5 (2015) 42-52. [https://doi.org/10.17063/bjfs5\(1\)y201542](https://doi.org/10.17063/bjfs5(1)y201542).
- [8] M Yoshino, S Miyasaka, H Sato, S Seta, Classification system of frontal sinus patterns by radiography. its application to identification of unknown skeletal remains, *Forensic Sci Int*, 34 (1987) 289-299. [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(87\)90041-7](https://doi.org/10.1016/0379-0738(87)90041-7).

- [9] C Denny, AS Jacob, J Ahmed, S Natarajan, A Binnal, N Sujir, Frontal sinus as an aid in gender identification in forensic dentistry: A retrospective study using cone beam computed tomography. *World J Dent*, 9 (2018) 34-37. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10015-1503>.
- [10] JMCA Azevedo, A eficácia dos métodos de diagnose sexual em antropologia forense, 2008, Dissertação (Mestrado em Medicina Legal e Ciências Forenses), Universidade de Lisboa, Lisboa, 2008.
- [11] RR Thottungal, Z Obertova, A Flavel, D Franklin, Sex estimation of frontal sinus volume from computed tomography scans in a Western Australian adult population, *Anthropol Anz*, 81 (2023) 161-167. <https://doi.org/10.1127/anthranz/2023/1718>.
- [12] AF Gomes, TF Gamba, MC Yamasaki, FC Groppo, FH Neto, RF Possobon, Development and validation of a formula based on maxillary sinus measurements as a tool for sex estimation: a cone beam computed tomography study, *Int J Legal Med*. 133 (2018) 1-9. <https://doi.org/10.1007/s00414-018-1869-6>.
- [13] RK Kanthem, VR Guttikonda, S Yeluri, G Kumari, Sex determination using maxillary sinus, *J Forensic Dent Sci*, 7 (2015) 163-167. <https://doi.org/10.4103/0975-1475.154595>.
- [14] IGG Choi, EF Duailibi-Neto, TL Beaini, RLB da Silva, I Chilvarquer, The frontal sinus cavity exhibits sexual dimorphism in 3D cone-beam CT images and can be used for sex determination, *J Forensic Sci*, 63 (2018) 692–698. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13601>.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos, houve um crescimento significativo nos casos de óbitos relacionados a criminalidade e acidentes. Nessas situações, muitas vezes a identificação dos indivíduos em que a identificação dos indivíduos se torna desafiadora.

Esse aumento está fortemente relacionado ao avanço da criminalidade e aos acidentes característicos do cenário moderno. Diante disso, estudos científicos têm mostrado que é possível distinguir o sexo de indivíduos utilizando medidas lineares, volumétricas e a presença de extensões dos seios paranasais em diferentes populações.

Este estudo busca reforçar essas descobertas por meio da análise do seio frontal em tomografias computadorizadas de feixe cônico realizadas em uma amostra da população brasileira. Os achados desta pesquisa confirmam que a diferenciação sexual pode ser obtida a partir de análises volumétricas, lineares e morfológicas do seio frontal em exames de tomografia computadorizada de feixe cônico.

REFERÊNCIAS

- ALFAWZAN, A. A. *et al.* Assessment of skeletal maturity in a sample of the saudi population using cervical vertebrae and frontal sinus index: a cephalometric study using artificial intelligence. **Cureus**, v. 15, n. 7, p. e.41811, July 2023.
- AZEVEDO, J. M. C. A. **A eficácia dos métodos de diagnose sexual em antropologia forense**. 2008. Dissertação (Mestrado em Medicina Legal e Ciências Forenses) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2008.
- CAPUTO, I. G. C.; PRADO, F. B.; MUGLIA, V. F. Análise de seio frontal para uso em identificação humana. **Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical law and Bioethics**, v. 5, n. 1, p. 42-52, 2015.
- CHOI, I. G. G.; DUAILIBI-NETO, E. F.; BEAINI, T. L.; DA SILVA, R. L. B.; CHILVARQUER, I. The frontal sinus cavity exhibits sexual dimorphism in 3D cone-beam CT images and can be used for sex determination. **Journal of Forensic Sciences**, v. 63, n. 3, p. 692–698, 2018.
- DENNY, C *et al.* Frontal sinus as an aid in gender identification in forensic dentistry: A retrospective study using cone beam computed tomography. **World Journal of Dentistry**, v.9, n. 1, p. 34-37, Feb. 2018.
- GOMES, A. F. *et al.* Development and validation of a formula based on maxillary sinus measurements as a tool for sex estimation: a cone beam computed tomography study. **International Journal of Legal Medicine**, v. 133, p. 1241-1249, 2019.
- HOWSER, L. A. *et al.* Frontal sinus anatomy variations in race and sex using the international frontal sinus anatomy classification. **Ear, Nose, & Throat Journal**, v. 20, p. 1455613231185701, July 2023.
- KANTHEM, R. K. *et al.* Sex determination using maxillary sinus. **Journal of Forensic Dental Sciences**, v. 7, n. 2, p.163-167, May/Aug. 2015.
- MITSEA, A. *et al.* Contribution of Morphology of Frontal Sinuses (Linear and Volumetric Measurements) to gender identification based on Cone Beam Computed Tomography Images (CBCT): a systematic review. **Journal of Personalized Medicine**, v. 13, n. 3, p. 480, Mar. 2023.
- NIKAM, S. S. *et al.* Personal identification in forensic science using uniqueness of radiographic image of frontal sinus. **Journal of Forensic Odonto-Stomatology**, v. 33, n. 1, p. 1-7, July 2015.

SILVA, R. F. *et al.* Radiographic alterations of the frontal sinus morphology according to variations of the vertical angle in posteroanterior radiographs of the skull. **Acta Scientiarum - Health Sciences**, v. 36, n. 1, p. 113-117, Jan./June 2014.

SOARES, C. B. R. B. *et al.* Human identification study by means of frontal sinus imaginological aspects. **Forensic Science International**, v. 262, p. 183-189, May 2016.

THOTTUNGAI, R. R. *et al.* Sex estimation of frontal sinus volume from computed tomography scans in a Western Australian adult population. **Anthropologischer Anzeiger**, v. 81, n.2, p. 161-167, Mar. 2024.

WICKRAMASINGHE, C. *et al.* Frontal sinus pattern analysis for human identification using non-contrast computed tomography images: A Sri Lankan experience. **SAGE Open Medicine**, v. 10, p. 20503121221143628, Dec. 2022.

YOSHINO, M. *et al.* Classification system of frontal sinus patterns by radiography. its application to identification of unknown skeletal remains. **Forensic Science International**, v. 34, n4, p. 289-299, Aug. 1987.

ANEXO A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO LINEAR E MORFOLÓGICA DO SEIO FRONTAL EM EXAMES DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO DE UMA POPULAÇÃO DE BELO HORIZONTE

Pesquisador: MARIANA CRISTINA RODRIGUES DE CARVALHO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 84477723.1.0000.5137

Instituição Proponente: SOCIEDADE MINEIRA DE CULTURA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.411.693

Apresentação do Projeto:

Reconhecer a identidade pessoal de um corpo que sofreu danos devido a acidentes, traumas e violências e em estados avançados de decomposição não é tarefa simples. A partir dos remanescentes ósseos do esqueleto humano é possível determinar e reconstruir o perfil biológico desses indivíduos. A determinação sexual tem sido amplamente utilizada nesse processo, por meio do uso do reconhecimento e análise das estruturas esqueléticas remanescentes. O seio frontal além de possuir diversas particularidades anatômicas, se localiza em uma estrutura resistente, que permite o uso de sistemas biométricos forenses e conferem características individuais que podem ser utilizadas no estudo. A presente pesquisa tem como objetivo analisar a probabilidade de definir o sexo de um indivíduo através de mensurações lineares do seio frontal. Para realizar a pesquisa serão utilizados 300 exames de tomografia computadorizada de feixe cônico com idade entre 20 e 70 anos. Os exames de imagem serão selecionados por um dentista especialista em Radiologia e Imaginologia. Para realizar as mensurações lineares será utilizado o software CS Imaging. Serão utilizados 300 exames de imagem (tomografias computadorizadas de feixe cônico), disponibilizados pelo Banco de exames da PUC Minas, sendo 150 exames de imagem de homens e 150 de mulheres. Os exames de imagem de TCFC serão obtidos através da utilização do tomógrafo I-CAT® (Imaging Sciences, Hatfield, PA, EUA). Para adequada aquisição de imagem os pacientes serão

Endereço: Av. Itaú, n° 525 - Prédio 80, sala 201

Bairro: Coração Eucarístico

CEP: 30.535-901

UF: MG

Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3319-4517

Fax: (31)3319-4517

E-mail: cep.propg@pucminas.br



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -
PUC/MG



Continuação do Parecer: 7.411.693

posicionados sentados, com a cabeça fixada pelo próprio dispositivo do aparelho. Para determinar as mensurações lineares no seio frontal serão utilizadas as reconstruções multiplanares e as ferramentas próprias do software CS Imaging Software® (Carestream Dental, Atlanta, EUA). O examinador irá realizar a avaliação de um grupo de exames de imagens distintas das incluídas no estudo para comparar e analisar os valores obtidos, dessa forma, garantido a calibração.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

- Avaliar em exames de tomografia computadorizada de feixe cônico a possibilidade de determinar o sexo e variabilidade na morfologia do indivíduo por meio de análises lineares do seio frontal.

Objetivos Secundários:

- Avaliar e comparar as medidas lineares infero-superior, látero-lateral e ântero-posterior do seio frontal em homens e mulheres;
- Avaliar e comparar a morfologia do seio frontal em homens e mulher;
- Identificar a presença de variações da anatomia.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: O paciente não será submetido a riscos, visto que os exames analisados já serão realizados por outras finalidades odontológicas e este estudo visa apenas analisar os exames. Todas as medidas de radioproteção serão seguidas e o paciente não será submetido a doses de radiação sem o devido acompanhamento. Os arquivos dos exames de imagem foram renomeados com numerais, sendo assim, impossibilita a identificação. Essa medida foi adotada a fim de proteger a identidade dos indivíduos cujas imagens serão utilizadas.

Benefícios: Através do uso dos exames de imagem desses pacientes será possível analisar as dimensões, morfologias e variações da anatomia do seio frontal, sendo de grande valia e contribuição para ciência e para os processos de identificação humana.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo atende aos requisitos éticos da pesquisa envolvendo seres humanos. Foi solicitada dispensa do TCLE com base na seguinte justificativa: "Os exames pertencem ao arquivo do banco de imagens da PUC MINAS. Esses pacientes realizaram os exames com outras finalidades e já assinaram um TCLE para receber os atendimentos e tratamentos. O presente

Endereço: Av. Itaú, n° 525 - Prédio 80, sala 201
 Bairro: Coração Eucarístico CEP: 30.535-901
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE
 Telefone: (31)3319-4517 Fax: (31)3319-4517 E-mail: cep.propg@pucminas.br



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -
PUC/MG



Continuação do Parecer: 7.411.693

estudo se trata apenas da análise das estruturas do selo frontal e da análise dos dados obtidos dessas estruturas. É uma análise apenas dos exames de imagem do banco de arquivos da PUC MINAS e não será realizada qualquer intervenção ou procedimento nesses pacientes".

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

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

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto e tendo em vista as Resoluções que norteiam a pesquisa envolvendo Seres Humanos consideramos o protocolo de pesquisa SEM PENDÊNCIAS, devendo o pesquisador acatar as orientações conforme o disposto no Parecer Consubstanciado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa e CEP, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS n.º 466, de 2012, e na Norma Operacional n.º 001, de 2013, do CNS, manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2238733.pdf	23/02/2025 12:04:36		Aceito
Outros	taidoismariana.pdf	23/02/2025 12:04:15	MARIANA CRISTINA RODRIGUES DE CARVALHO	Aceito
Outros	cartarespostadois.pdf	23/02/2025 12:03:42	MARIANA CRISTINA RODRIGUES DE CARVALHO	Aceito
Outros	cartarespostamariana.pdf	05/11/2024 15:15:36	MARIANA CRISTINA RODRIGUES DE CARVALHO	Aceito
Outros	tcudmariana.pdf	05/11/2024 15:14:11	MARIANA CRISTINA RODRIGUES DE CARVALHO	Aceito
Outros	taimariana.pdf	05/11/2024 15:12:33	MARIANA CRISTINA RODRIGUES DE CARVALHO	Aceito
Folha de Rosto	folhaderostomariana.pdf	05/11/2024 15:08:21	MARIANA CRISTINA RODRIGUES DE CARVALHO	Aceito
Projeto Detalhado	projeto brochadura marianapuc.pdf	30/10/2023	MARIANA CRISTINA	Aceito

Endereço: Av. Itaú, n.º 525 - Prédio 80, sala 201

Bairro: Coração Eucarístico

CEP: 30.535-901

UF: MG

Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3319-4517

Fax: (31)3319-4517

E-mail: cep.propg@pucminas.br



Continuação do Parecer: 7.411.693

/ Brochura Investigador	projeto brochadura marianapuc.pdf	14:46:36	RODRIGUES DE CARVALHO	Acelto
----------------------------	-----------------------------------	----------	--------------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 26 de Fevereiro de 2025

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

Endereço: Av. Itaú, nº 525 - Prédio 80, sala 201
Bairro: Coração Eucarístico CEP: 30.535-901
UF: MG Município: BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3319-4517 Fax: (31)3319-4517 E-mail: cep.propg@pucminas.br