



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE CLÍNICA E ODONTOLOGIA PREVENTIVA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

JULYANA DE ARAÚJO OLIVEIRA

**ESTIMATIVA DO SEXO A PARTIR DO SEIO FRONTAL EM HUMANOS ATRAVÉS DE
UMA FÓRMULA PREDITIVA E UM SISTEMA DE REDE NEURAL ARTIFICIAL: UMA
ANÁLISE COMPARATIVA**

Recife
2023

JULYANA DE ARAÚJO OLIVEIRA

**ESTIMATIVA DO SEXO A PARTIR DO SEIO FRONTAL EM HUMANOS ATRAVÉS DE
UMA FÓRMULA PREDITIVA E UM SISTEMA DE REDE NEURAL ARTIFICIAL: UMA
ANÁLISE COMPARATIVA**

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Doutor em Odontologia. Área de concentração: Clínica Integrada.

Orientador (a): Prof^a Dr^a. Maria Luiza dos Anjos Pontual

Coorientador (a): Prof. Dr^a. Andrea dos Anjos Pontual

Recife

2023

Catálogo na fonte:
Bibliotecária: Kyria Macedo, CRB4:1693

O48e	Oliveira, Julyana de Araújo Estimativa do sexo a partir do seio frontal em humanos através de uma fórmula preditiva e um sistema de rede neural artificial: uma análise comparativa /Julyana de Araújo Oliveira. – 2023. 86 f. : il., tab. Orientadora: Maria Luiza dos Anjos Pontual. Coorientadora: Andrea dos Anjos Pontual. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-graduação em Odontologia. Recife, 2023. Inclui referências e anexo. 1. Redes Neurais de Computação. 2. Seio Frontal. 3. Caracteres Sexuais. 4. Odontologia Legal. I. Pontual, Maria Luiza dos Anjos (orientadora). II. Pontual, Andrea dos Anjos (coorientadora). III. Título. 617.6 CDD (23.ed.) UFPE (CCS 2024 - 115)
------	--

JULYANA DE ARAUJO OLIVEIRA

**ESTIMATIVA DO SEXO A PARTIR DO SEIO FRONTAL EM HUMANOS ATRAVÉS
DE UMA FÓRMULA PREDITIVA E UM SISTEMA DE REDE NEURAL ARTIFICIAL:
UMA ANÁLISE COMPARATIVA**

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Doutor em Odontologia. Área de concentração: Clínica Integrada.

Aprovado em: 18/10/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Deborah Queiroz de Freitas (Examinador Externo)
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Prof. Dr^a. Marcia da Fonseca Silveira (Examinador Externo)
Universidade de Pernambuco - UPE

Prof. Dr.^a Maria Luiza dos Anjos Pontual (Presidente)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Dr. Victor de Aquino Wanderley (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Dr.^a Laíse Nascimento Correia Lima (Examinador Externo)
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Dedico este trabalho ao meu filho Heitor Galvão, que apesar da pouca idade, me ensina todos os dias a importância do foco e da determinação.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por abençoar o meu caminho e me dar forças para não desistir diante das adversidades.

À **Ana Maria Gonzaga de Araújo**, pelo amor e zelo incondicional que tem por mim, e por ser um exemplo de mulher e mãe no qual me inspiro todos os dias de minha vida.

Ao meu esposo **Pedro Manoel**, por toda a paciência, amor e compreensão, sendo alguém que sempre dividiu responsabilidades, dores, vitórias e uma infinidade de alegrias comigo.

A minha irmã, **Adryana Cavalcanti**, o meu exemplo de força feminina. Eu amo você!

A toda minha **família**, pela história que construímos e pela fortaleza que nos tornamos através do amor.

À **Universidade Federal de Pernambuco**, especialmente ao **Programa de Pós-Graduação em Odontologia**, pela oportunidade a mim disponibilizada, com viabilização de espaço físico, equipamentos e recursos humanos.

À professora **Maria Luiza dos Anjos Pontual**, por sua excelente orientação, sempre disponível para sanar quaisquer dúvidas e realizar os direcionamentos do trabalho.

Aos amigos **Nathalia**, **Helly** e **Lucas**, integrantes do grupo de pesquisa do qual participo, obrigada por todo apoio prestado, bem como por toda a dedicação durante nossos estudos. Hoje temos uma bela amizade consolidada.

A **Maria Alice Andrade Calazans**, **Felipe Alberto Barbosa Simão Ferreira** e ao professor **Francisco Madeiro**, por todo conhecimento compartilhado, sem eles essa pesquisa não seria possível.

À minha querida amiga **Laís Vasconcelos**, pela amizade fiel construída desde a graduação.

A todos os **colegas** do curso de Doutorado, pela ótima convivência e pelos momentos vivenciados.

Aos **professores** do Programa de Pós-graduação em Odontologia (UFPE), pela dedicação, empenho e disponibilidade para partilharem o conhecimento.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa, o meu sincero agradecimento.

*"Sem a curiosidade que me move, que me inquieta,
que me insere na busca, não aprendo nem ensino."*

Paulo Freire

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar, através de exames de Tomografias Computadorizadas de Feixe Cônico (TCFC's), a estimativa do sexo em humanos a partir de características morfológicas e métricas do seio frontal (SF). Dois métodos de predição foram adotados: uma fórmula de regressão logística multivariada fundamentada em avaliações humanas e uma Rede Neural Artificial (RNA) de três camadas, cada uma com cinco neurônios, utilizando-se a função de ativação Rectified Linear Unit (ReLU). Dois examinadores previamente calibrados realizaram a avaliação morfológica e métrica de 1000 TCFC's de indivíduos com idade superior ou igual a 20 anos, balanceadas em relação ao sexo. Adotou-se, como parâmetros de avaliação morfológica, a presença dos seios frontais, septo interseio, quantidade de septos intrasseios e número de festonamentos. Para a avaliação métrica, foram mensuradas a altura e largura de cada seio, largura total, comprimento anteroposterior (CPA) e cálculo do Índice do Seio Frontal. 80,0% da amostra utilizada foi submetida aos testes Shapiro-Wilk, Qui-quadrado de Pearson e Mann-Whitney e foi realizado modelo de regressão logística multivariada ($p \leq 0,05$). As validações foram realizadas utilizando a amostra restante (200) para análise de curva ROC (Receiver Operating Characteristic) e matriz de confusão. O sistema de classificação baseado em aprendizagem de máquina consistiu em uma RNA treinada com 80,0% do banco de dados, e os 20,0% restantes foram utilizados como conjunto de teste. Para os dois métodos, foram obtidos valores de especificidade, sensibilidade, acurácia, recall, precisão, F1-Score e valores preditivos positivo e negativo. As medidas utilizadas nas fórmulas de regressão e redes neurais foram altura frontal, comprimento AP e largura total. Em relação à análise morfológica, o sexo masculino apresentou maior quantidade de reparos anatômicos quando comparado ao feminino. Quanto à avaliação métrica, o sexo masculino apresentou maiores valores, em ambos os seios frontais. Para o sexo masculino, a largura total em milímetros obteve média de 61,49 (DP= $\pm 15,51$), enquanto no sexo feminino, a média foi de 52,47 (DP= $\pm 16,57$). No SF direito, a média do CPA para o sexo masculino foi de 10,52 (DP= $\pm 3,31$), enquanto no sexo feminino foi de 7,01 (DP= $\pm 2,46$). Resultados semelhantes do CPA foram encontrados no SF esquerdo, com média de CPA de 10,79 (DP= $\pm 3,44$) para o sexo masculino e 7,51 (DP= $\pm 2,46$) para o sexo feminino ($p < 0,001$). Ambos os métodos exibiram dimorfismo sexual. A RNA revelou especificidade (78,64), sensibilidade (78,85), acurácia (81,5%), recall (53,31%), precisão (84,54%), escore F1 (63,08%), preditivo positivo (84,54%) e preditivo negativo (78,64%) superior à fórmula preditiva (73%, 73%, 73%, 50%, 73%, 59,35, 73% e 73%, respectivamente). Portanto, ambos os métodos, particularmente a RNA, podem potencialmente apoiar a tomada de decisão na prática clínica odontológica no cenário forense brasileiro.

Palavras-chave: modelos de redes neurais; seio frontal; odontologia legal; caracteres sexuais.

ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate, through Cone Beam Computed Tomography (CBCT) examinations, the estimation of sex in humans based on morphological and metric characteristics of the frontal sinus (SF). Two prediction methods were adopted: a multivariate logistic regression formula based on human assessments and a three-layer Artificial Neural Network (ANN), each with five neurons, using the Rectified Linear Unit (ReLU) activation function. Two previously calibrated examiners carried out the morphological and metric evaluation of 1000 CBCT scans of individuals aged 20 years or older, balanced according to sex. The presence of frontal sinus, intersinus septum, number of intrasinus septum and number of scalloping were adopted as morphological evaluation parameters. For metric evaluation, the height and width of each breast, total width, anteroposterior length (CPA) and calculation of the Frontal Sinus Index were measured. 80.0% of the sample used was subjected to the Shapiro-Wilk, Pearson Chi-square and Mann-Whitney tests and a multivariate logistic regression model was performed ($p \leq 0.05$). Validations were performed using the remaining sample (200) for ROC (Receiver Operating Characteristic) curve analysis and confusion matrix. The machine learning-based classification system consisted of an ANN trained with 80.0% of the database, and the remaining 20.0% was used as a test set. For both methods, specificity, sensitivity, accuracy, recall, precision, F1-Score and positive and negative predictive values were obtained. The measurements used in the regression formulas and neural networks were frontal height, AP length and total width. Regarding morphological analysis, males showed a greater number of anatomical repairs when compared to females. Regarding the metric evaluation, males presented higher values in both frontal sinuses. For males, the total width in millimeters had an average of 61.49 (SD=±15.51), while for females, the average was 52.47 (SD=±16.57). In the right SF, the mean CPA for males was 10.52 (SD=±3.31), while for females it was 7.01 (SD=±2.46). Similar CPA results were found in the left SF, with a mean CPA of 10.79 (SD=±3.44) for males and 7.51 (SD=±2.46) for females ($p < 0.001$). Both methods exhibited sexual dimorphism. The ANN revealed specificity (78.64), sensitivity (78.85), accuracy (81.5%), recall (53.31%), precision (84.54%), F1 score (63.08%), positive predictive (84.54%) and negative predictive (78.64%) higher than the predictive formula (73%, 73%, 73%, 50%, 73%, 59.35, 73% and 73%, respectively). Therefore, both methods, particularly ANN, can potentially support decision-making in clinical dental practice in the Brazilian forensic setting.

Keywords: artificial neural network; frontal sinus; forensic dentistry; sexual characters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Avaliação da morfologia do seio frontal em corte coronal. A: Septo interseio; B: Septo intrasseio. Nota-se, através das setas vermelhas, a presença dos festonamentos.	39
Figura 2 –	Avaliação da morfologia do seio frontal em corte coronal. A: Septo interseio; C: Septo intrasseio completo. Setas indicam festonamentos.	40
Figura 3 –	Seios frontais visualizados em secção coronal. A: altura máxima do seio direito; B: largura máxima do seio direito; C: altura máxima do seio esquerdo; D: largura máxima do seio esquerdo.	41
Figura 4 –	Seios frontais visualizados em secção coronal. E: distância entre os pontos mais altos dos seios; F: distância entre o ponto mais alto do seio direito e seu limite máximo lateral; G: distância entre o ponto mais alto do seio esquerdo e seu limite máximo lateral; H: largura total dos seios.	41
Figura 5 –	Seios frontais visualizados em secção axial: comprimento anteroposterior do seio direito; J: comprimento anteroposterior do seio esquerdo.	42
Figura 6 –	Esquema de representação de um perceptron simples.	43
Figura 7 –	Fórmula demonstrativa da Precisão. (VP): Verdadeiros positivos; (FP): Falsos positivos.	45
Figura 8 –	Fórmula demonstrativa do Recall. (VP): Verdadeiros positivos; (FN): Falsos negativos.	45
Figura 9 –	Fórmula demonstrativa do F1-score.	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Curva ROC do modelo de regressão logística.	54
Gráfico 2 –	Estabelecimento do ponto de corte para o modelo de regressão logística.	55
Gráfico 3 –	Matriz de confusão resultante do modelo de rede neural desenvolvido a partir de mensurações do seio frontal, em que A corresponde ao sexo masculino e B, ao sexo feminino.	57
Gráfico 4 –	Área sob a curva (AUC) do modelo proposto pela rede neural artificial, considerando mensurações da altura (SFD e SFE), largura (SFD, SFE e total) e profundidade (SFD e SFE) do seio frontal na estimativa do sexo.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Parâmetros para a estimativa do sexo utilizando seio frontal e/ou características cranianas em pesquisas no campo da Odontologia Forense.	14
Tabela 2 –	Descrição das variáveis utilizadas na avaliação morfológica do seio frontal.	38
Tabela 3 –	Distribuição da faixa etária e variáveis categóricas morfológicas (presença ou ausência dos seios frontais e septo interseio, tipo de septo e desvio de septo) quanto ao sexo.	47
Tabela 4 –	Distribuição das variáveis categóricas morfológicas: número de septos intrasseios (incompletos e completos) e festonamentos nos seios frontais direito (SFD) e esquerdo (SFE).	49
Tabela 5 –	Distribuição das variáveis categóricas morfológicas: número de septos intrasseios (incompletos e completos) e festonamentos nos seios frontais direito (SFD) e esquerdo (SFE).	50
Tabela 6 –	Distribuição da média, desvio padrão e mediana das variáveis numéricas (objetivas) em relação ao sexo.	51
Tabela 7 –	Resultados da regressão logística e área sob a curva para o estabelecimento da função discriminante do sexo a partir da média da altura do SFD e SFE, média do CPA do SFD e SFE e largura total do seio frontal.	53
Tabela 8 –	Matriz de confusão resultante do modelo de regressão com amostra teste	53
Tabela 9 –	Parâmetros avaliados do modelo de regressão e rede neural artificial obtidos com a amostra teste.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPA	Comprimento Anteroposterior
ISF	Índice do Seio Frontal
FSH	Altura máxima do Seio Frontal
FSW	Largura máxima anteroposterior do Seio Frontal
IA	Inteligência Artificial
RNA	Rede Neural Artificial
SF	Seio Frontal
SFC	Seio Frontal Central
SFD	Seio Frontal Direito
SFE	Seio Frontal Esquerdo
TC	Tomografia Computadorizada
TCFC	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	METODOLOGIA	20
2.1	Delineamento do estudo	20
2.2	Local de pesquisa	36
2.3	Universo e amostra	36
2.4	Procedimentos para a coleta de dados	36
2.4.1	Aspectos éticos	36
2.4.2	Calibração dos examinadores e classificação das imagens tomográficas	37
2.4.3	Tratamento e formação do banco de imagens	37
2.4.3.1	Avaliação morfológica do seio frontal	37
2.4.3.2	Avaliação métrica do seio frontal	40
2.4.4	Proposta baseada no uso de Rede Neural Artificial (RNA)	42
2.4.5	Análise estatística	43
3	RESULTADOS	46
3.1	Aspectos morfológicos do Seio Frontal	46
3.2	Aspectos métricos do Seio Frontal	51
3.2.1	Resultados da regressão logística multivariada para estimativa do sexo masculino	52
3.3	Proposta baseada no uso de Rede Neural Artificial (RNA) para a estimativa do sexo masculino a partir das variáveis métricas	55
3.4	Comparação entre os métodos de estimativa do sexo através do modelo de regressão e Rede Neural Artificial	59

4	CONCLUSÕES	60
	ARTIGO	61
	REFERÊNCIAS	78
	ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP	82

1 INTRODUÇÃO

O estudo do dimorfismo sexual tem sua relevância estabelecida nas Ciências Forenses para fins de identificação humana (FRANKLIN et al., 2012). Essa estimativa é mais eficaz na população adulta, uma vez que sofre menor influência de fatores hormonais evidentes na puberdade, os quais estão intrinsecamente relacionados ao desenvolvimento dos ossos, incluindo o crânio e suas estruturas anatômicas (AKHALAGHI et al., 2016).

Os seios da face são cavidades pneumáticas existentes em alguns ossos do crânio e se relacionam diretamente com a cavidade nasal. A nomenclatura desses reparos anatômicos se dá de acordo com os ossos nos quais estão localizados, salientando-se ainda que 10% da população pode não apresentar um dos seios, ou tê-los de forma unificada (WOOD, 2006). Os seios frontais se localizam entre as lâminas externa e interna do frontal, posterior aos arcos superciliares e à raiz do nariz. Observa-se uma grande variação de tamanho e apresentação entre os indivíduos, e suas paredes raramente são lisas, encontrando-se cristas em forma de foice na parede superior (MOORE, 2001; MADEIRA, 2004).

O desenvolvimento do seio frontal inicia na 4ª semana de gestação, embora se torne visível através de imagens a partir do 6º ano de vida. O seu desenvolvimento é regulado pelo crescimento cerebral e facial, findando-se quando o indivíduo atinge cerca de 20 anos de idade (MOORE; ROSS, 2017). Este seio é uma estrutura de morfologia única para cada indivíduo, ou seja, adequa-se ao requisito biológico da unicidade enquanto método de identificação (MOTAWEL et al., 2016). Adicionalmente, o seio frontal também atende aos requisitos da perenidade, pois resiste às adversidades do tempo após a morte por ser constituído de tecido mineralizado. Apresenta, também, imutabilidade, uma vez que tem constância de suas características morfológicas durante a vida, à exceção da ocorrência de traumas e/ou doenças crônicas (CARVALHO, 2009; SILVA, 2009; BUYUK; KARAMAN; YASA, 2017).

O emprego da Tomografia Computadorizada (TC) vem contribuindo na realização de estudos mais criteriosos e detalhados do seio frontal (WORMALD, 2006; ALMEIDA PRADO et al., 2021) por permitir avaliações multiplanares e tridimensionais sem sobreposição de estruturas. Desta forma, houve um aumento no número de estudos de avaliações morfométricas em Odontologia Legal que

utilizaram essa modalidade de imagem na avaliação dos seios frontais, sendo considerado um exame bem sucedido na identificação humana, facilitando o trabalho de antropólogos e patologistas forenses (KHANPETCH et al., 2012; ALMEIDA PRADO et al., 2021; ELBESHLAWY; HELALY, 2020).

Pesquisadores de uma Faculdade de Medicina da Turquia definiram um sistema simples de identificação de pessoas utilizando tomografias computadorizadas dos seios frontais e discutiram a possibilidade de adicionar medidas do seio a esse sistema. O sistema FSS avaliou características básicas como presença ou ausência do seio (F), septos intrasseio e interseio (S) e festonamentos (S). Esse sistema permitiu identificar 93% da amostra sem a análise das medidas e 98%, adicionando-se a análise das medidas dos seios. Posteriormente, esses mesmos autores utilizaram essa mesma modalidade de imagem para determinar a prevalência e as características morfológicas dos seios frontais numa população adulta, verificando diferenças estatisticamente significativas entre sexo, idade e, ainda, comparando os resultados a estudos prévios com outras populações (TATLISUMAK et al., 2007; TATLISUMAK et al., 2008).

Em 2010, um estudo, envolvendo uma população iraquiana, testou o sistema FSS na identificação de pessoas usando tomografias computadorizadas dos seios frontais e outras medidas do crânio. Foram mensurados o comprimento máximo do crânio, a altura próstio-bregma e a largura máxima do crânio. Participaram do estudo 90 indivíduos com idade variando entre 20 e 49 anos. Os resultados obtidos mostraram que a capacidade dimórfica dos seios frontais foi de 76,9%, aumentando a acurácia para 85,9% quando adicionadas as medidas dos crânios. Considerou-se, portanto, que o estudo do seio frontal para a determinação do sexo é promissor e que mensurações do crânio podem aumentar a capacidade preditiva desse método (UTHMAN et al., 2010).

Em uma população egípcia, pesquisadores examinaram o seio frontal em 53 tomografias computadorizadas de feixe cônico de crânios de 53 indivíduos adultos. Os autores mensuraram a altura, largura e profundidade de cada seio frontal e encontraram uma acurácia de 76,7% em relação a determinação do sexo (MOTAWEI et al., 2016).

Posteriormente, um estudo realizado em tomografias computadorizadas de feixe cônico e exames radiográficos cefalométricos, avaliou medidas do seio frontal em 100 em adultos egípcios. A largura máxima anteroposterior do seio frontal e a

altura máxima foram mensuradas, e então o Índice do Seio Frontal (razão entre altura máxima e largura máxima anteroposterior) foi calculado. Para a análise de regressão logística, a largura máxima anteroposterior dos exames cefalométricos foi o único preditor de sexo na faixa etária maior ou igual a 18 anos. De acordo com a equação obtida, 68% dos homens e 64% das mulheres foram previstos corretamente com uma precisão geral de 66%, indicando que o seio frontal deve ser usado com cautela para a estimativa do sexo, tomando-se por base a referida amostra populacional (ELBESHLAWY; HELALY et al., 2020).

Em um estudo mais recente da população egípcia, o potencial preditivo dos seios frontais e maxilares quanto ao sexo foi avaliado em 100 tomografias computadorizadas de indivíduos com idades entre 21 e 57 anos. Uma função discriminante foi testada em um grupo de 50 exames tomográficos, obtendo-se uma acurácia média de 94% para o seio frontal e de 92% para o seio maxilar. Diante dos resultados, os autores concluíram que os seios frontais têm potencial para apoiar a determinação do sexo entre os egípcios, devendo ser testado em novas populações para aprimoramento do método (IBRAHIM et al., 2021).

Tomando-se por base uma população grega, outro estudo explorou a variabilidade do volume dos seios frontais em 102 tomografias computadorizadas de indivíduos com idade superior a 18 anos. Modelos 3D do crânio foram construídos para cálculo do volume, sendo encontrados valores médios de $9,220\text{mm}^3$ para o sexo masculino e $5,880\text{mm}^3$ para o sexo feminino. Os autores ressaltaram que, embora existam diferenças estatísticas entre os sexos, elas não são suficientes para serem usadas como indicador de sexo no mundo, considerando as variações populacionais (ALMEIDA PRADO et al., 2021).

No Brasil, um estudo avaliou a confiabilidade da tomografia computadorizada de feixe cônica para determinação do sexo em uma população da região Sul do país. A amostra consistiu em 130 exames que reconstituíram tridimensionalmente o seio frontal. Tal estrutura anatômica foi analisada em uma visão frontal, lateral e basal. Uma acurácia de 80% foi obtida através de um modelo de regressão logística, o qual se fundamentou, principalmente, na vista basal (CHOI et al., 2018). No mesmo ano, uma pesquisa realizada na China, mensurou área e índice do seio frontal (relação entre altura e profundidade) em radiografias cefalométricas de 475 adultos. O estudo desenvolveu uma função discriminante que apresentou acurácia preditiva de 76,6% em relação ao sexo (LUO et al., 2018).

Portanto, estudos envolvendo amostras superiores a 500 exames ainda são raros na literatura, o que gera, por sua vez, limitações estatísticas relacionadas principalmente às técnicas de regressão logística. Outro fato a ser considerado está no treinamento especializado dos examinadores para a análise criteriosa dos exames de TC, os quais exigem maior expertise no manuseio de *softwares* especializados na avaliação das imagens (BIRDALET al., 2016).

A variação da percepção de tons de cinza, somada a outros fatores como fadiga, estresse e distração do examinador, podem culminar em uma avaliação errônea dos exames por imagem. Para reduzir essas limitações, podem-se utilizar ferramentas computacionais de automatização, fornecendo melhores resultados de classificação de padrões de imagens e diagnósticos diversos.

Deste modo, o uso da interdisciplinaridade entre a Odontologia e as Ciências da Computação pode ser capaz de proporcionar melhores resultados, viabilizando rapidez e praticidade nos diagnósticos em saúde e demais fins forenses. Dentre essas ferramentas, destaca-se o aprendizado de máquina, uma área da Inteligência Artificial (IA) que tem como objetivo a detecção de padrões de determinados conjuntos de dados. Esse reconhecimento pode ser utilizado para o algoritmo “aprender” a executar uma tarefa sozinho ou desenvolver sistemas inteligentes (LECUN et al., 2015; SILVA; OLIVEIRA; PITHON, 2018).

Dentre os algoritmos de aprendizado de máquina, estão as Redes Neurais Artificiais (RNA), cuja finalidade é modelar o neurônio biológico, simulando o seu comportamento durante a resolução de problemas computacionais complexos, como, por exemplo, a classificação de amostras em problemas não lineares. Tal conceito foi inicialmente proposto por McCulloch e Pitts, em 1960. Juntos, estes pesquisadores desenvolveram um modelo matemático capaz de representar um neurônio biológico, também chamado de neurônio artificial ou perceptron, o qual simula a decisão se um sinal deve seguir ou não (HAYKIN et al., 2009).

A computação neural é definida como o estudo de redes de neurônios adaptáveis, os quais, através de um processo de treinamento (ou aprendizado) por um conjunto de exemplos, são capazes de armazenar conhecimento experimental e, assim, torná-lo disponível para uso. Isso pode ser traduzido no fato de que a rede neural, ao ser exposta a um determinado conjunto de dados, é capaz de gerar conhecimento através do mesmo, além de reproduzir tomadas de decisão frente a dados semelhantes àqueles a ela expostos.

Ao final da década de 80, o Instituto Americano de Engenharia Eletroeletrônica convocou a primeira conferência em redes neurais, localizada em San Diego, Califórnia. Cerca de 200 autores apresentaram seus artigos, os quais apresentavam estudos baseados nas células neurais do cérebro humano. Essa nova forma de computação, oposta à computação tradicional fundamentada na programação, é definida como uma cultura interdisciplinar, baseada na forma como o cérebro aprende (ALEKSANDER; MORTON, 1990).

Na Odontologia, o desenvolvimento de redes neurais tem sido abordado em estudos recentes, com a finalidade de melhorar o diagnóstico de cáries em imagens radiográficas, bem como na identificação de cistos e tumores odontogênicos (VALIZADEH et al., 2015; RONNEBERGER et al., 2015; POEDJIASTOETI; SUEBNUKARN, 2018; MOHAMMAD et al., 2022; PUTRA et al., 2022). Na Odontologia Legal, estudos envolvendo as redes neurais e aprendizado de máquina ainda são escassos na literatura. Apesar disso, o emprego de redes neurais nessa área é promissor e pode aperfeiçoar os processos de identificação, principalmente em relação às características antropológicas do indivíduo, tais como sexo e idade (SILVA; OLIVEIRA; PITHON, 2018; ARIJI et al., 2019; ALVES et al., 2023).

Um estudo realizado no Brasil, envolvendo as temáticas de dimorfismo sexual através do seio frontal e redes neurais e/ou aprendizado de máquina, avaliou o dimorfismo sexual a partir de uma amostra de 255 radiografias cefalométricas do seio frontal. Usando a metodologia de Luo et al. (2018), os autores mensuraram a área, altura e largura máxima, bem como a relação entre tais variáveis (índice do seio frontal). A fórmula discriminante gerada pela avaliação de profissionais apresentou uma acurácia de 70,20%, enquanto o resultado da rede neural foi de 73,3%. O estudo apontou a limitação do exame radiográfico bidimensional utilizado. Adicionalmente, a amostra empregada no estudo foi reduzida, o que pode ter influenciado nos resultados da rede neural, pois 70% dos exames foi utilizado para o treinamento da rede e 30% para a validação (ALVES et al., 2023).

Dessa forma, o objetivo neste trabalho é avaliar o potencial do seio frontal na estimativa do sexo, utilizando uma amostra consistente de Tomografias Computadorizadas de Feixe Cônico (TCFC's) provenientes de brasileiros, comparando a acurácia de uma fórmula preditiva obtida a partir de mensurações e classificações realizadas por examinadores calibrados, com um sistema redes neurais, construído a partir dos mesmos parâmetros.

2 METODOLOGIA

2.1 Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo de banco de dados secundário (executado a partir de um acervo de imagens tomográficas) e quantitativo, que apresenta como vantagens a sua rapidez e objetividade, sendo uma boa opção para descrever e analisar as características dos eventos de uma determinada população, obtendo, dessa forma, informações relevantes com tempo e recursos limitados (PEREIRA, 2008).

Os principais artigos utilizados para embasar o referido estudo estão catalogados na Tabela 1 e foram obtidos a partir de pesquisa nas bases de dados ScienceDirect, MedLine e Pubmed, a partir dos seguintes descritores “Frontal Sinus”, “Sex Dimorphism” e/ou “Machine Learn”.

Tabela 1- Parâmetros para a estimativa do sexo utilizando seio frontal e/ou características cranianas em pesquisas no campo da Odontologia Forense.

ARTIGO	AUTOR /ANO	APLICAÇÃO	POPULAÇÃO/AMOSTRA	FIGURAS DE MÉRITO	APRENDIZAGEM DE MÁQUINA/ OBSERVAÇÕES
Use of the frontal sinus to evaluate sexual dimorphism in a Brazilian sample	Alves et al., 2023	Dimorfismo sexual através do seio frontal.	Amostra brasileira de 255 radiografias cefalométricas laterais, entre 20 e 40 anos de idade, sendo 132 do sexo feminino e 123 do sexo masculino.	Foram avaliadas: Altura máxima (FSH), largura máxima/profundidade (FSW), índice do Seio Frontal (ISF - razão entre altura máxima e profundidade) e Área (S). Foi desenvolvida uma fórmula discriminante que apresentou acurácia de 69,9% para o sexo feminino, 71, 21% para o sexo masculino, e acurácia total de 70,20% . OBS: Os autores também testaram a fórmula utilizada no estudo de Luo et al. (2018), no entanto, obtiveram baixa acurácia, sendo o fato atribuído às divergências dos fenótipos populacionais.	Sim. Através de rede neural obteve-se acurácia de 75,47% (sexo masculino), 71,14% (sexo feminino) e 73,3% (acurácia total). Para a árvore de decisão o estudo demonstrou acurácia de 69,91% (sexo masculino), 69,01% (sexo feminino) e acurácia total de 69,41%).
Sexual Dimorphism of Frontal Sinus: A 2-Dimensional Geometric Morphometric Analysis on Lateral Skull Radiographs	Zulkiflee et al., 2022	Dimorfismo sexual através do seio frontal, usando o método de morfometria geométrica bidimensional (2D).	A amostra consistiu em 453 radiografias laterais do crânio de malaios adultos, incluindo 228 homens e 225 mulheres.	Um total de oito marcos 2D foram aplicados manualmente, delineando (contornando) o seio frontal em radiografias laterais do crânio usando o software TPS Dig2 (versão 2.31), dentre eles, o ponto mais alto da parede posterior do seio, a glabella e o násio. A análise de variância (ANOVA) revelou diferenças significativas no tamanho e forma do seio (valor $p < 0,05$) entre os sexos. A Análise da Função Discriminante (DFA) demonstrou uma acurácia de classificação de 78,5% nos homens e 82,7% nas mulheres, com uma média de 80,6% .	

Development and validation of a new formula for sex estimation based on multislice computed tomographic measurements of maxillary and frontal sinuses among Brazilian adults	Mendonça et al., 2021	Acurácia das medidas do seio maxilar (SM) e frontal (FS) na estimativa do sexo.	Amostra brasileira de 140 TC multislice oriundas de indivíduos adultos, com idades variando de 18 a 40 anos, divididos igualmente em relação ao sexo.	Usando tomografia computadorizada multislice (TCM), buscou desenvolver e validar uma nova fórmula para estimativa do sexo. Foram realizadas as seguintes mensurações: Seio maxilar: profundidade (distância máxima entre a parede anterior e posterior); altura máxima; largura máxima e largura individual de cada seio. Seio Frontal: Altura máxima, profundidade e largura máxima. ▪ O sexo masculino apresentou maiores valores médios de altura, largura e profundidade, tanto para a análise do FS quanto do MS ($p < 0,05$). O MS apresentou maior potencial preditivo (61% -74%) quando comparado ao SF (58%-69%). ▪ A largura máxima do MS exibiu maior precisão (74%), e a fórmula discriminante desenvolvida a partir dos parâmetros mais significativos, apresentou sensibilidade de 80%, especificidade de 95,5% e precisão de 87,5%. Os parâmetros utilizados na fórmula foram: altura, largura e profundidade do FS, Largura do MS, média aritmética da largura do MS direito e MS esquerdo, e média aritmética da profundidade do MS direito e esquerdo. Uma AUC estatisticamente significativa de 0,757 foi obtida.	Não. Um examinador calibrado realizou todas as avaliações em uma sala com pouca luz. O mesmo estava livre para modificar o brilho da tela durante a análise. Presença de cegamento.
Frontal sinus as an identity and sex indicator	Almeida Prado et al., 2021	Dimorfismo sexual através do seio frontal, e capacidade de identificação positiva através da simulação de técnica de sobreposição ante-mortem e post-mortem.	Amostra grega que consistiu em 102 imagens de TC, sendo 50 do sexo masculino e 52 do sexo feminino, de 19 a 101 anos.	Os pesquisadores utilizaram a reconstrução 3D do crânio e do seio frontal, usando o software AMIRA. Os mesmos também selecionaram onze TC's, de forma aleatória, para simular imagens 2D frontais e laterais para estudo do sexo e da identificação positiva por sobreposição. Os resultados	Não.

inferenciais **confirmaram que o volume do seio frontal masculino (9,220 mm³) foi maior quando comparado ao sexo feminino (5.880 mm³), com $p < 0,001$.** Os autores não realizaram regressão para obter formula preditiva.

OBS: Na identificação positiva da simulação de sobreposição ante-mortem e post-mortem, a visão frontal apresentou sensibilidade e especificidade de 80 e 90%, respectivamente, enquanto a visão lateral apresentou sensibilidade de 60% e especificidade de 99,32%.

Predictability of sex from Frontal sinus in Nepalese population	Singh, Paudel e Menezes, 2021	Dimorfismo sexual através do seio frontal	Uma amostra de 100 TCFC oriundas de indivíduos nascidos no Nepal foi utilizada, sendo 50 exames do sexo masculino (idade média de 34,74 anos) e 50 do sexo feminino (idade média de 35,34 anos).	Foram mensurados: profundidade (comprimento anteroposterior), altura e largura máximas total e bilateral, bem como o volume do seio. A média de todas as medidas foi maior para p sexo masculino, com $p < 0,001$. Quando todas as variáveis citadas foram consideradas, a função discriminante apresentou acurácia de 80% . Menores valores de acurácia foram encontrados quando a função discriminante utilizou cada variável isolada: Altura máxima (65,6%); profundidade (73,3%), largura (76,7%) e volume (70%).	Não.
Frontal sinus index for sex estimation: Is it possible?	ElBeshlawy; Helaly, 2020	Dimorfismo sexual através do seio frontal.	Amostra egípcia de 200 imagens, sendo 100 radiografias cefalométricas laterais e 100 imagens de TCFC. A amostra foi organizada em subgrupos, de acordo com a idade, da seguinte maneira: • Abaixo de 18 anos: ▪ 50 imagens cefalométricas: consistindo de 25 mulheres (12-17 anos; mediana: 15) e 25 homens (10-17 anos; mediana: 14). ▪ 50 exames de CBCT: consistindo	Foram avaliadas: Altura máxima (FSH), largura máxima/profundidade (FSW), índice do Seio Frontal (ISF - razão entre altura máxima e profundidade) e Área (S). ▪ Apenas o subgrupo maior ou igual a 18 anos apresentaram variáveis significantes em relação ao sexo, tanto em CBCT como para radiografias cefalométricas. ▪ Para o grupo CBCT, apenas o FSH apresentou significância estatística,	Não. Examinadores: radiologistas.

- em 25 mulheres (10-17 anos; mediana: 15) e 25 homens (9-17 anos; mediana: 14).
 - Com 18 anos ou mais:
 - 50 imagens cefalométricas: consistindo de 25 mulheres (18-28 anos; mediana: 21) e 25 homens (18-27 anos; mediana: 24).
 - 50 exames de CBCT: consistindo em 25 mulheres (18-28 anos; mediana: 21)
- enquanto para o grupo das cefalométricas, apenas as variáveis FSW e ISF apresentaram significância, com $p < 0,05$, mesmo assim atuaram como preditores ruins (**AUC: 0,61 e 0,66, respectivamente**).
- O FSH cefalométrico foi a única variável utilizada em regressão logística (Sexo = $2,991 - 0,2059$ FSW), a ser avaliada em pacientes com idade maior ou igual a 18 anos, que apresentou precisão global de **66%**.

Comparative study of the reliability of frontal and maxillary sinuses in sex identification using multidetector computed tomography among Egyptians	Ibrahim et al., 2020	Dimorfismo sexual através do seio frontal e seio maxilar.	Amostra egípcia, usando imagens de TC. O estudo foi realizado em 100 exames, sendo 50 do sexo masculino e 50 do sexo feminino, com idade de 21 a 57 anos.	Os autores avaliaram os seguintes parâmetros, tanto para o seio frontal (FS) quanto para o seio maxilar (MS), nos lados direito e esquerdo: diâmetro anteroposterior (profundidade); diâmetro transversal (largura máxima); diâmetro céfalocaudal (altura máxima) e volume. Os autores desenvolveram função discriminante. Os achados mostraram diferenças significativas entre homens e mulheres quanto à altura direita e esquerda, tamanho e largura do seio maxilar esquerdo ($p < 0,5$). Todas as medidas nos seios frontais foram significativamente diferentes entre ambos os sexos. A função discriminante foi testada em um grupo de 50 TC, com acurácia média de 94% para o seio frontal (96% em homens e 92% em mulheres) e acurácia média de 92% para o seio maxilar (92% para homens e 92% para mulheres).	Não.
Data mining for sex estimation based on cranial measurements	Toneva et al., 2020	Dimorfismo sexual através de medidas cranianas. O estudo objetivou desenvolver modelos de classificação	Amostra proveniente da Bulgária, constituída de 393 CT, 169 do sexo masculino e 224 do sexo feminino. Todos os indivíduos tinham idade superior a 18 anos na época do	Os autores usaram uma abordagem tridimensional do crânio, no qual, 47 pontos de referência foram demarcados, para facilitar a mensuração linear de distâncias diversas.	Sim. JRIP, Ridor, Árvore de decisão.

eficientes para a estimativa do sexo, através de algoritmos simbólicos de ML (Machine Learning). Os autores também buscaram comparar a capacidade preditiva de modelos ML com modelos desenvolvidos a partir de regressão logística.

exame.

Para a técnica de aprendizagem de máquina, a amostra foi dividida em conjunto treino (358 indivíduos, sendo 151 do sexo masculino e 207 do sexo feminino) e conjunto teste (35 indivíduos, sendo 18 do sexo masculino e 17 do sexo feminino).

Três algoritmos de mineração de dados foram aplicados: os de indução de regras (JRIP e Ridor) e a árvore de decisão (J48). A melhor acurácia (**91,9%**) foi alcançada por um conjunto de regras aprendidas pelo algoritmo JRIP através de dados construídos pela aplicação do algoritmo de seleção "GeneticSearch" voltado para medições cranianas padrão. Sua precisão foi ainda melhor do que as taxas de classificação alcançadas pelos modelos de regressão logística.

The application of frontal sinus index and frontal sinus area in sex estimation based on lateral cephalograms among Han nationality adults in Xinjiang	Luo et al., 2018	Dimorfismo sexual através do seio frontal.	Amostra chinesa, de Xinjiang. Descendentes de 3 gerações da mesma nacionalidade, entre 20 e 40 anos. Foram utilizados 475 exames de radiografias cefalométricas laterais, 246 do sexo masculino e 229 do sexo feminino.	Foram avaliadas: Altura máxima (FSH), largura máxima/profundidade (FSW), índice do Seio Frontal (ISF - razão entre altura máxima e profundidade) e Área (S). Foi desenvolvida uma fórmula discriminante que apresentou acurácia de 76,6% .	Não. Apenas 1 examinador, avaliou 3x o mesmo parâmetro durante a calibração intraexaminador.
The Frontal Sinus Cavity Exhibits Sexual Dimorphism in 3D Cone-beam CT Images and can be Used for Sex Determination	Choi et al., 2018	Dimorfismo sexual através do seio frontal.	Amostra brasileira, constituída de 130 exames de TCBC, sendo 65 pacientes do sexo masculino e 65 do sexo feminino, com idades variando entre 20 a 78 anos.	Imagens 3D do volume da cavidade do seio frontal foram reconstruídas, e as vistas frontal, lateral e basal foram importadas para o software Image J, onde vários parâmetros bidimensionais foram analisados, como área, perímetro, retângulo delimitador, área ocupada, diâmetro de Fere, ajuste de elipse, circularidade, proporção e solidez. Inicialmente, três regressões logísticas foram usadas para avaliar a importância de cada uma das visões dos seios frontais, separadamente. O modelo discriminante obtido considerando a visão frontal obteve acurácia de 0,70. Já o modelo que utilizou as variáveis basais, obteve acurácia de 0,769. A precisão do modelo final, considerando o volume total do seio, subiu para 0,80 , mostrando que, para essa população específica, tal	Não.

variável é considerada relevante.

Human identification study by means of frontal sinus: imaginological aspects	Soares et al., 2016	Avaliou a aplicabilidade dos parâmetros de identificação humana estabelecidos por Tatlisumak et al., (2007), tanto em CBCT quanto em radiografias extrabucais da região do seio frontal.	A amostra constituiu-se de um total de 26 crânios secos. Foram adquiridas radiografias posteroanterior, cefalométrica de perfil (telerradiografia) e tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), a fim de comparar a reprodutibilidade dos parâmetros de Tatlisumak et al., (2007) entre os diferentes tipos de exame.	As características do seio frontal foram analisadas por meio do Teste Kappa de Cohen (para variáveis categóricas) e a correlação de concordância de Lin (CCC) foi utilizada para variáveis quantitativas. Valores aceitáveis de intervariabilidade do método foram encontrados apenas para as variáveis categóricas. Valores pobres de concordância foram verificados quando as variáveis envolviam mensuração. Não houve avaliação de função discriminante e nem acurácia nesta pesquisa.	Não. Participaram do estudo dois examinadores, calibrados, em duas sessões distintas com intervalo de 15 dias.
Assessment of frontal sinus dimensions using CBCT to determine sexual dimorphism amongst Egyptian population	Motawei et al., 2016	Dimorfismo sexual através do seio frontal.	Os autores examinaram TCFC's de de crânios de 53 indivíduos egípcios (29 do sexo masculino e 29 do sexo feminino) na faixa etária de 20 a 58 anos.	Os autores avaliaram altura máxima, largura máxima total e de cada seio (direito e esquerdo), bem como profundidade (comprimento anteroposterior) do seio direito e esquerdo, e distância entre os pontos mais altos dos dois seios. Foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os sexos, com maiores mensurações observadas para o sexo masculino, a exceção da última variável citada. Uma função discriminante foi desenvolvida, apresentando acurácia de 76,7% .	Não.

2.2 Local de pesquisa

A pesquisa foi realizada na Clínica de Radiologia no Departamento de Clínica e Odontologia Preventiva da Universidade Federal de Pernambuco- UFPE.

2.3 Universo e amostra

O Universo foi composto por 1730 imagens de tomografias computadorizadas de feixe cônico de um arquivo de exames de pacientes atendidos num serviço privado de Radiologia da cidade João Pessoa, Paraíba, no período de janeiro de 2018 a janeiro de 2022, catalogadas quanto o sexo e idade. Como rotina de tal serviço, após a aquisição, todas as imagens são exportadas para um banco de dados próprio. As imagens tomográficas foram transferidas para HD externo do pesquisador responsável, mediante supervisão de um funcionário da clínica radiológica, com posterior avaliação. O anonimato dos pacientes foi preservado. No final, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão foram incluídas 1000 imagens tomográficas balanceadas em relação ao sexo.

Foram incluídos os exames de pacientes com idade a partir de 20 anos de nacionalidade brasileira. Como critérios de exclusão, enquadraram-se: tomografias computadorizadas que apresentaram sinais de anomalias do desenvolvimento do crânio, patologias e/ou lesões de qualquer natureza na região do seio frontal e exames digitais que, após análise preliminar, não apresentaram boa qualidade diagnóstica.

2.4 Procedimentos para a coleta de dados

2.4.1 Aspectos éticos

Esta pesquisa seguiu Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde que regulamenta a pesquisa envolvendo seres humanos, sendo realizada após aprovação de seu projeto pelo Comitê de Ética em

Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco (CEP-CCS-UFPE). O mesmo, foi registrado no CAAE (Certificado de Apresentação e Apreciação Ética) sob número 58438622.4.0000.5208 (ANEXO A) e aprovado no Parecer n. 5.491.678.

Além disso, o serviço privado de Radiologia, localizado em João Pessoa-PB, registrou em documento escrito um termo de autorização de uso de dados, uma vez que a coleta utilizou o acervo imaginológico da referida Instituição.

2.4.2 Calibração dos examinadores e classificação das imagens tomográficas

Foram selecionadas 20 Tomografias Computadorizadas de feixe cônico distribuídas uniformemente quanto ao sexo, para fins de treinamento e calibração dos examinadores na classificação do seio frontal. As imagens foram avaliadas duas vezes por dois pesquisadores, em ambiente escurecido e silencioso, num intervalo de duas semanas, a fim de verificar os aspectos de confiabilidade da classificação.

Cada examinador contou com o auxílio de um monitor de 15.6 polegadas, empregando o software OnDemand3DTM (Cybermed, Coreia do Sul) para acessar a imagem e realizar as avaliações. Além disso, a fim de evitar a fadiga visual, foram examinadas no máximo dez tomografias por dia. A confiabilidade intraexaminador e interexaminador foi determinada a partir do teste Kappa de Cohen e Índice de Correlação Intraclass (ICC), obtendo-se resultado quase perfeito (0,811-1,00).

2.4.3 Tratamento e formação do banco de imagens

Os seios frontais das imagens tomográficas que atenderam aos critérios de inclusão e exclusão foram avaliados através do software OnDemand (Microsoft Windows®, Redmond, Washington, EUA) de acordo com a análise subjetiva e objetiva proposta por Tatlisumak et al. (2007).

2.4.3.1 Avaliação morfológica do seio frontal

Realizou-se uma avaliação morfológica do seio frontal, baseada no sistema FSS, o qual se deu através do estudo de três características básicas: F (presença ou

ausência do seio frontal direito, esquerdo e central); S (presença ou ausência de septo interseio) e S (avaliação dos festonamentos). Além disso, os septos intrasseios também foram analisados em relação à quantidade e morfologia (completos ou incompletos). Essas variáveis foram classificadas segundo a tabela 2.

Tabela 2- Descrição das variáveis utilizadas na avaliação morfológica do seio frontal.

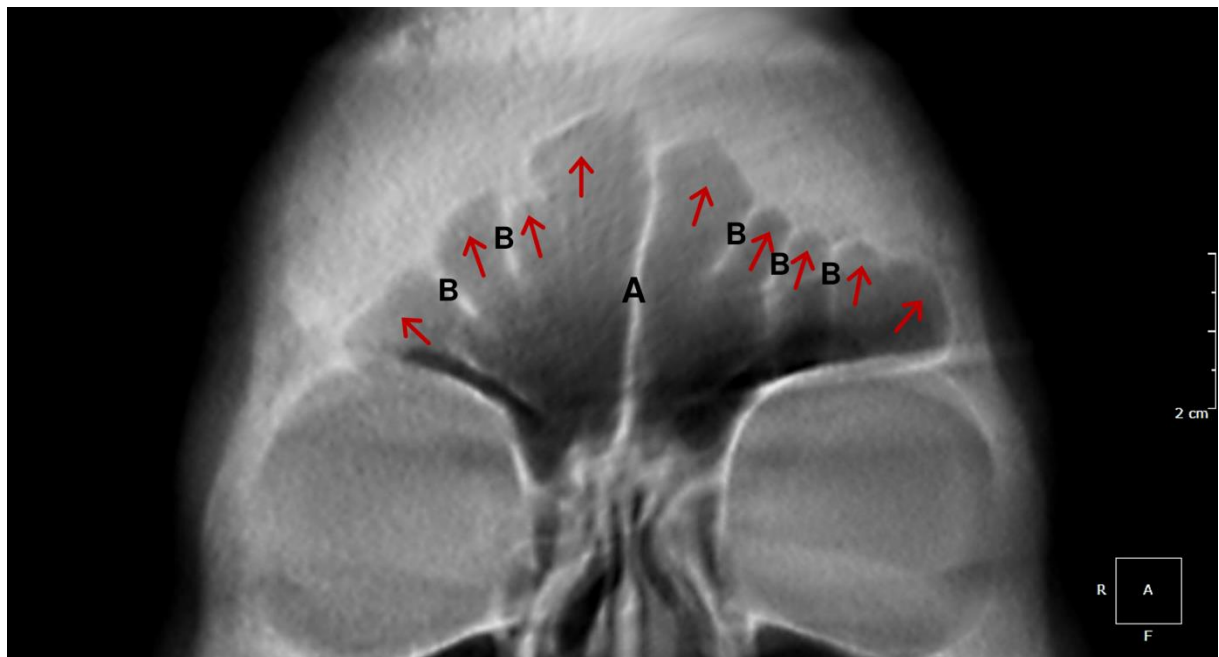
Código da variável	Descrição da variável	Classificação
PresencaSFD	Se há a presença de Seio Frontal Direito	1 - Sim 2 - Não
PresencaSFE	Se há a presença de Seio Frontal Esquerdo	1 - Sim 2 - Não
PresencaSFC	Se há a presença de Seio Frontal Central	1 - Sim 2 - Não
PresencaSeptoInterS	Se há a presença de Septo Interseio	1 - Sim 2 - Não
TipoSeptoInterS	O Tipo de Septo Interseio	1 - Completo 2 -Incompleto
TipoDoDesvioSeptoInterS	O tipo do desvio do Septo Interseio	1 - Lado Direito 2 - Lado Esquerdo 3 - Ausência de desvio
N_SeptoIntraS_ID	Número de Septos Interseio Incompletos do Seio Direito	2 Dígitos
N_SeptoIntraS_IE	Número de Septos Interseio Incompletos do Seio Esquerdo	2 Dígitos
N_SeptoIntraS_CD	Número de Septos Interseio Completos do Seio Direito	2 Dígitos
N_SeptoIntraS_CE	Número de Septos interseio Completos do Seio Esquerdo	2 Dígitos
N_FestonamentoSFD	Número de Festonamentos do Seio Frontal Direito	2 Dígitos
N_FestonamentoSFE	Número de Festonamentos do Seio Frontal Esquerdo	2 Dígitos

Os aspectos subjetivos do seio frontal foram avaliados na secção coronal, como demonstram a figura 1 e a figura 2. Em tais cortes, os examinadores observaram com clareza as características do septo interseio, presença ou ausência das variáveis acima descritas, bem como posição e formato. Nos casos em que algumas dessas variáveis morfológicas não foram visualizadas com nitidez, utilizou-

se a reconstrução tridimensional, com pesquisa dos detalhes anatômicos envolvidos em outros cortes (axial e sagital).

Em caso de ausência de septo interseio, os seios foram considerados como únicos. Considerou-se como completo o septo que se estendeu da margem superior à inferior em pelo menos uma secção coronal, e incompleto, aquele que não seguiu esse parâmetro. Adotou-se como desvio de septo interseio aquele que ultrapassou 5mm a partir da linha média. Quando, aparentemente, existiram dois septos interseio, o mais central foi considerado como referência. Já os septos interseio que se bifurcaram em sua trajetória, foram contabilizados como únicos.

Figura 1- Avaliação da morfologia do seio frontal em corte coronal. A: Septo interseio; B: Septo intrasseio. Nota-se, na ponta das setas vermelhas, a presença dos festonamentos.



Fonte: Produção própria

Figura 2- Avaliação da morfologia do seio frontal em corte coronal. A: Septo interseio; C: Septo intrasseio completo. Setas indicam festonamentos.

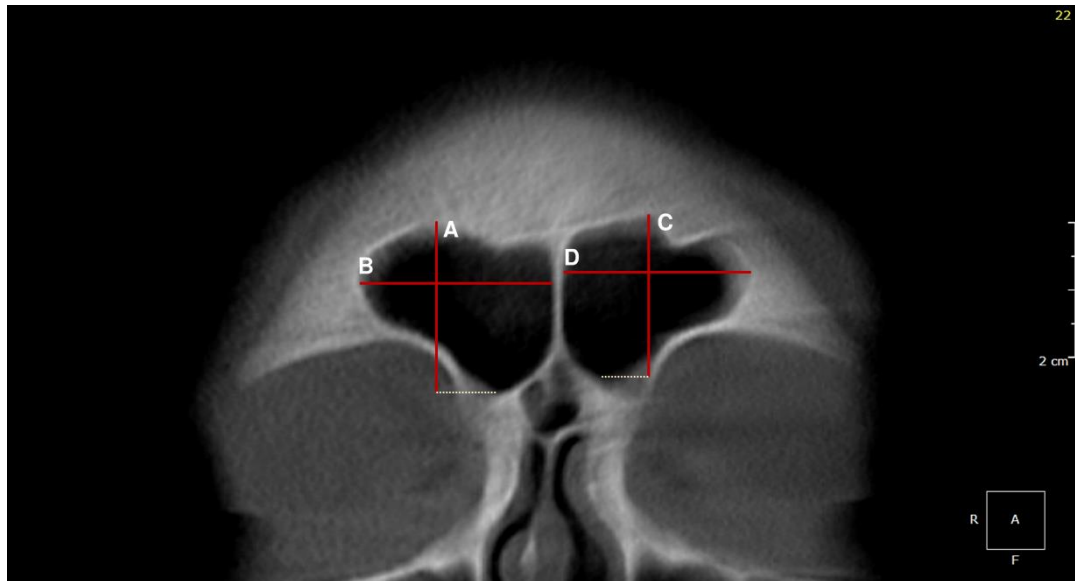


Fonte: Produção própria

2.4.3.2 Avaliação métrica do seio frontal

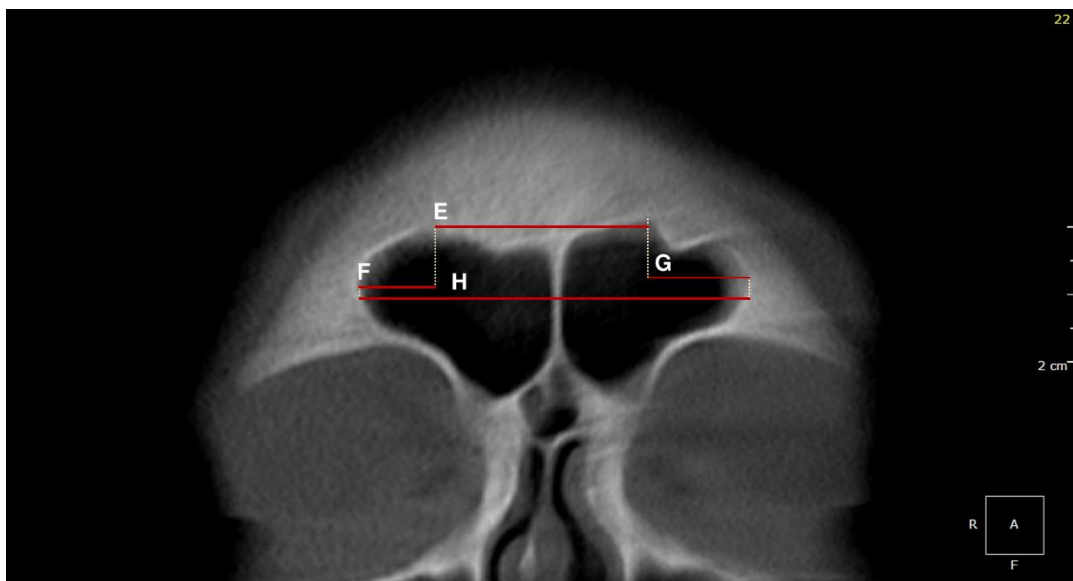
Conforme exemplificado nas Figuras 3 e 4, foram mensurados, no plano coronal, largura e altura máximas de cada seio (direito e esquerdo), largura total, distância entre os pontos mais altos dos seios (direito e esquerdo) e distância entre o ponto mais alto e o limite lateral máximo de cada seio. No plano axial (Figura 5), mensurou-se o comprimento anteroposterior de cada seio. Além dessas variáveis, foi calculado o índice do seio frontal, dado pela razão entre a maior altura e o maior comprimento anteroposterior do seio.

Figura 3- Seios frontais visualizados em secção coronal. A: altura máxima do seio direito; B: largura máxima do seio direito; C: altura máxima do seio esquerdo; D: largura máxima do seio esquerdo.



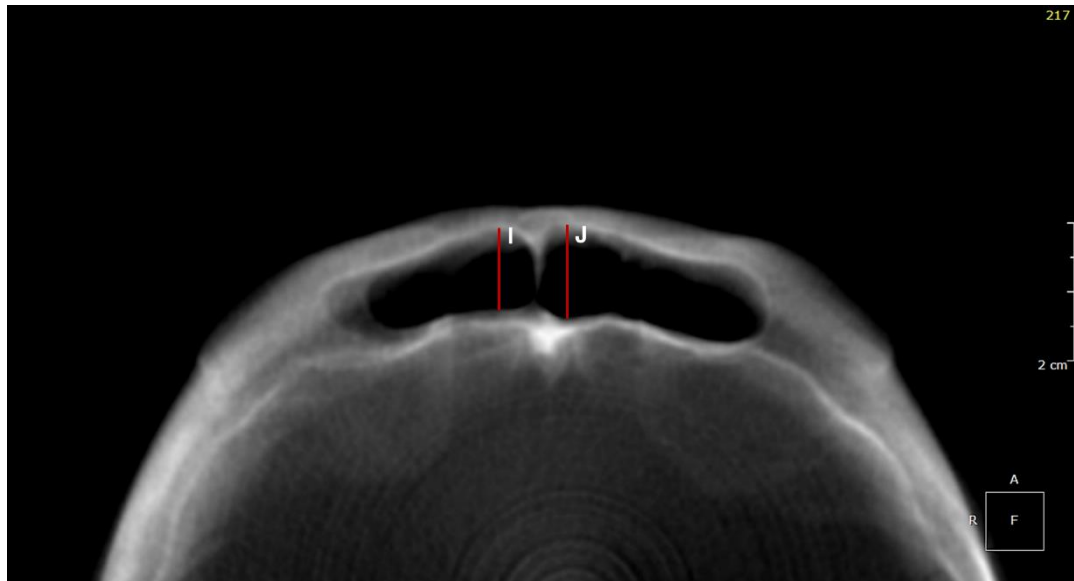
Fonte: Produção própria

Figura 4- Seios frontais visualizados em secção coronal. E: distância entre os pontos mais altos dos seios; F: distância entre o ponto mais alto do seio direito e seu limite máximo lateral; G: distância entre o ponto mais alto do seio esquerdo e seu limite máximo lateral; H: largura total dos seios.



Fonte: Produção própria

Figura 5- Seios frontais visualizados em secção axial: comprimento anteroposterior do seio direito; I: comprimento anteroposterior do seio esquerdo.



Fonte: Produção própria

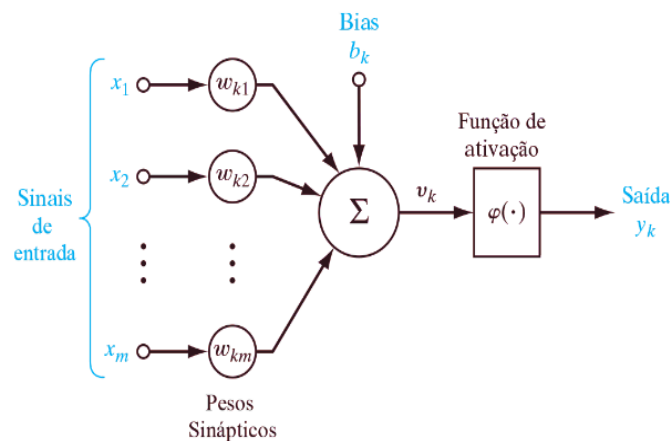
Todas as mensurações da avaliação objetiva dos seios foram expressas em milímetros, considerando duas casas decimais. Como vantagem da utilização das tomografias computadorizadas, para casos em que os limites máximos para a altura ou largura de cada seio não foram encontrados em uma mesma secção da imagem, foi utilizada a reconstrução tridimensional.

2.4.4 Proposta baseada no uso de rede neural artificial (RNA)

As etapas posteriores à formação do banco de 1000 imagens incluíram a construção de um modelo de rede neural, baseado em alguns dos parâmetros objetivos do seio frontal: a altura máxima, a profundidade do seio (comprimento anteroposterior), a largura máxima de cada seio e a largura total. Sabe-se, portanto, que a rede neural é construída a partir de modelos matemáticos que simulam o comportamento do neurônio biológico, o qual, nesse caso, é chamado de perceptron (figura 6). Na apresentação esquemática da figura abaixo, o conjunto “ $x_1; x_2; \dots; x_m$ ” são os sinais de entrada, enquanto “ $w_{k1}; w_{k2}; \dots; w_{km}$ ” são os pesos associados às entradas, “ b_k ” é o bias, que tem efeito de aumentar ou reduzir a entrada da rede, “ j ”

é a função de transição do neurônio e “y” representa a saída. O parâmetro “j” é conhecido como função de ativação.

Figura 6- Esquema de representação de um perceptron simples.



Fonte: Haykin et al., (2009)

Para a proposta da rede neural, a amostra foi dividida de maneira balanceada entre os sexos, em dois conjuntos, o conjunto treino e o conjunto teste. O conjunto treino utilizou 80% da amostra, ou seja, 800 exames, sendo 400 do sexo feminino e 400 do sexo masculino. Tal conjunto representou a etapa de aprendizado, na qual a rede é treinada para que os pesos “w” sejam ajustados através de um algoritmo de treinamento (BISHOP, 2006). O conjunto teste consistiu, por sua vez, na utilização de 200 exames (100 de cada sexo) para apurar a acurácia e precisão da rede utilizada.

A rede neural foi proposta com três camadas, cada uma com cinco neurônios, utilizando a função de ativação Rectified Linear Unit (ReLU). Em relação ao número máximo de iterações, foram consideradas 500 épocas com o solver Adam. Além disso, foi definido um valor de 0,001 para o parâmetro alpha, o qual corresponde a um fator de regularização para evitar o overfitting.

2.4.5 Análise estatística

Os dados foram analisados descritivamente por meio das frequências absolutas e percentuais (variáveis categóricas) e através da obtenção da média, desvio padrão e mediana (variáveis numéricas). Para a comparação entre os sexos,

utilizou-se o teste Qui-quadrado de Pearson (para as variáveis categóricas) e o teste de Mann-Whitney (para as variáveis numéricas). A escolha do teste de Mann-Whitney ocorreu devido à ausência de normalidade. A verificação da normalidade foi realizada pelo teste de Shapiro-Wilk.

Com o objetivo de se prever o sexo dos pesquisados foi ajustado um modelo de regressão logística com 3 variáveis entre 4 variáveis independentes (média dos lados das variáveis: altura, largura e CPA, além da variável largura total), sendo escolhido o modelo que apresentasse o maior valor da concordância de classificação do modelo. Tal qual a proposta da RNA, a amostra foi dividida em dois conjuntos balanceados em relação ao sexo, sendo o primeiro destinado à obtenção da fórmula discriminante ($n=800$) e o segundo ($n=200$), para a validação da mesma. Dos resultados do modelo, foram estimados os valores de: “OR”, valores de significância das variáveis, aceitação do modelo, área sob a curva, curva ROC de cada variável e do modelo, sensibilidade, especificidade, precisão máxima (Figura 7), recall (Figura 8) e F1 Score (Figura 9). O F1-Score utiliza tanto a taxa de Precisão quanto o Recall, sendo considerado a média harmônica entre a ambos, multiplicado pela constante 2.

A margem de erro utilizada na decisão dos testes estatísticos foi de 5% e os intervalos foram obtidos com 95% de confiança. Os dados foram digitados na planilha EXCEL e os programas utilizados para obtenção dos cálculos estatísticos foram o IMB® SPSS® na versão 25.0 e STATA® na versão 13.0.

Para análise estatística dos dados obtidos a partir da rede neural artificial, um gráfico da curva ROC e a área sobre a curva (AUC) foi obtido, bem como um gráfico demonstrativo da matriz de confusão, no qual são observadas as taxas de falso positivo, verdadeiro positivo, falso negativo e verdadeiro negativo para ambos os sexos. Para avaliar a aplicabilidade da rede, dados referentes à Precisão máxima, Recall máximo e F1-score também foram calculados e analisados. Para a confecção da rede neural, os valores métricos de ambos os seios (direito e esquerdo) foram adotados: altura máxima, comprimento anteroposterior (CPA) e largura máxima. Além destas mensurações, a largura total também foi utilizada.

A viabilidade da RNA foi avaliada através de uma Matriz de confusão e dos valores de Acurácia. A curva ROC e a Área sob a curva (AUC) também foram

obtidas, bem como os valores de Especificidade, Precisão máxima, Recall e F1-Score.

Figura 7- Fórmula demonstrativa da Precisão. (VP): Verdadeiros positivos; (FP): Falsos positivos.

$$Precisão = \frac{VP}{(VP + FP)}$$

Fonte: Produção própria

Figura 8- Fórmula demonstrativa do Recall. (VP): Verdadeiros positivos; (FN): Falsos negativos.

$$Recall = \frac{VP}{(VP + FN)}$$

Fonte: Produção própria

Figura 9- Fórmula demonstrativa do F1-score.

$$F1 = 2 * \frac{Precisão * Recall}{(Precisão + Recall)}$$

Fonte: Produção própria

3 RESULTADOS

Como caracterização da amostra estudada, a mesma foi distribuída igualmente entre os sexos, com 38,5% pertencente à faixa etária de 20 a 39 anos, 37,4% com idades entre 40 e 59 anos, e 24,1% com 60 anos ou mais.

3.1 Aspectos morfológicos do Seio Frontal

A tabela 3 mostra a distribuição da amostra quanto à presença e/ou ausência de algumas variáveis categóricas (seio frontal direito, seio frontal esquerdo, seio central, e septo interseio). A tabela aponta ainda a classificação do tipo de septo interseio (completo ou incompleto) e o tipo de desvio (para o lado esquerdo ou direito) quando este estava presente. Os seios frontais direito e esquerdo estiveram presentes em 95,0% e 96,1% da amostra, respectivamente. Já o seio central foi encontrado em apenas 6,1% da amostra. O septo interseio estava presente em maior parte dos exames avaliados (94,2%), sendo o tipo completo de maior prevalência (86,2%). Em relação à presença/ausência de SFD, SFE, SFC, septo interseio e tipo de septo interseio, não houve diferença significativa entre os sexos. No entanto, houve significância estatística para o tipo de desvio de septo, com tendência de o sexo masculino apresentar desvio para o lado esquerdo (22,0%) e o feminino, apresentar desvio para o lado direito (28,3%).

Tabela 3- Distribuição de variáveis categóricas morfológicas (presença dos seios

Variável	Sexo		Grupo total (800) n (%)	Valor p
	Masculino (400) n (%)	Feminino (400) n (%)		
Seio frontal direito				
Presença	382 (95,5)	378 (94,5)	760 (95,0)	p ⁽¹⁾ = 0,516
Ausência	18 (04,5)	22 (05,5)	40 (05,0)	
Seio frontal esquerdo				
Presença	386 (96,5)	383 (95,7)	769 (96,1)	p ⁽¹⁾ = 0,583
Ausência	14 (03,5)	17 (04,2)	31 (03,9)	
Seio frontal central				
Presença	20 (05,0)	29 (07,2)	49 (06,1)	p ⁽¹⁾ = 0,185
Ausência	380 (95,0)	371 (92,8)	751 (93,9)	
Septo interseio				
Presença	380 (95,0)	374 (93,5)	754 (94,2)	p ⁽¹⁾ = 0,362
Ausência	20 (05,0)	26 (06,5)	46 (05,8)	
Tipo de septo interseio				
Completo	348 (87,0)	342 (85,5)	690 (86,2)	p ⁽¹⁾ = 0,947
Incompleto	32 (13,0)	32 (14,5)	64 (13,8)	
Tipo do desvio septo				
Lado direito	67 (21,8)	87 (28,3)	154 (25)	p ⁽¹⁾ = 0,042*
Lado esquerdo	88 (22,0)	64 (16,0)	152 (19,0)	
Ausência de desvio	225 (56,2)	223 (55,7)	448 (56,0)	

frontais e septo interseio, tipo de septo e desvio de septo) quanto ao sexo.

(*) Diferença significativa a 5%
Teste Qui-quadrado de Pearson.

De acordo com a tabela 4, percebe-se que a maioria da amostra não apresentou septos intrasseios incompletos, tanto para o SFD (47,3%) quanto para o SFE (43,2%). Quando presentes, os septos intrasseios foram encontrados em maior número em indivíduos do sexo masculino. No SFD, 36,9% da amostra do sexo masculino apresentou dois ou mais septos incompletos, enquanto 18,8% apresentaram esses reparos no sexo feminino. Esse mesmo padrão foi observado para o SFE (35,3% da amostra do sexo masculino *versus* 26,5% para o sexo feminino).

A maior parte da amostra também não apresentou septos completos, tanto no SFD (79,6%), quando no SFE (78,7%), sendo estes mais raros que os septos incompletos nos exames avaliados. Quando presentes, um maior número foi observado no sexo masculino, tanto no SFD quanto no SFE, alcançando percentuais de 24,2% e 24,8%, respectivamente.

Em relação à variável quantidade de festonamentos do SFD, a maioria da amostra estudada apresentou de 3 a 4 reparos anatômicos (41,1%). Nessa subclassificação, o sexo masculino obteve maior percentual (42,5%) em detrimento do sexo feminino (39,8%). Percebe-se que, à exceção do número de festonamentos do SFE, houve diferença estatisticamente significativa para todas as demais variáveis categóricas avaliadas.

Tabela 4- Distribuição das variáveis categóricas morfológicas: número de septos intrasseios (incompletos e completos) e festonamentos nos seios frontais direito (SFD) e esquerdo (SFE).

Variável	Sexo		Grupo total (800) n (%)	Valor p
	Masculino (400) n (%)	Feminino (400) n (%)		
Nº septos intrasseios				
Incompletos (SFD)				p ⁽¹⁾ < 0,001*
Nenhum	192 (40,0)	259 (54,8)	451 (47,3)	
Um	111 (23,1)	125 (26,4)	236 (24,8)	
Dois ou mais	177 (36,9)	89 (18,8)	266 (27,9)	
Nº septos intrasseios				
Incompletos (SFE)				p ⁽¹⁾ = 0,002*
Nenhum	184 (38,0)	232 (48,4)	416 (43,2)	
Um	129 (26,7)	120 (25,1)	249 (25,9)	
Dois ou mais	171 (35,3)	127 (26,5)	298 (30,9)	
Nº septos intrasseios				
Completos (SFD)				p ⁽¹⁾ = 0,003*
Nenhum	364 (75,8)	395 (83,5)	759 (79,6)	
Um ou mais	116 (24,2)	78 (16,5)	194 (20,4)	
Nº septos intrasseios				
Completos (SFE)				p ⁽¹⁾ = 0,008*
Nenhum	364 (75,2)	394 (82,3)	758 (78,7)	
Um ou mais	120 (24,8)	85 (17,7)	205 (21,3)	
Nº festonamentos (SFD)				
				p ⁽¹⁾ < 0,001*
1 a 2	116 (24,2)	172 (36,4)	288 (30,2)	
3 a 4	191 (39,8)	201 (42,5)	392 (41,1)	
5 a 6	173 (36,0)	100 (21,1)	273 (28,6)	
Nº festonamentos (SFE)				
				p ⁽¹⁾ = 0,136
1 a 2	99 (20,5)	122 (25,5)	221 (23,0)	
3 a 4	218 (45,2)	214 (44,7)	432 (45,0)	
5 a 6	165 (34,2)	143 (29,9)	308 (32,0)	

(*) Diferença significativa a 5%
Teste Qui-quadrado de Pearson

Na tabela 5, é possível observar os valores da média, desvio padrão e mediana, do número de septos completos e incompletos, bem como da quantidade de festonamentos em cada seio, distribuídas de acordo com o sexo da amostra estudada. Observou-se maiores valores numéricos para o sexo masculino, quando comparado ao feminino.

Tabela 5- Distribuição das variáveis categóricas morfológicas: número de septos intrasseios (incompletos e completos) e festonamentos nos seios frontais direito (SFD) e esquerdo (SFE).

Variável	Sexo		Grupo total (800)	Valor p
	Masculino (400)	Feminino (400)		
	Media $\pm$ DP Mediana (P25; P75)	Media $\pm$ DP Mediana (P25; P75)		
Nº septos intrasseios Incompletos (SFD)	1,20 $\pm$ 1,30 1,00 (0,00; 2,00)	0,70 $\pm$ 1,00 0,00 (0,00; 1,00)	1,00 $\pm$ 1,20 1,00 (0,00; 2,00)	p ⁽¹⁾ < 0,001*
Nº septos intrasseios Incompletos (SFE)	1,20 $\pm$ 1,10 1,00 (0,00; 2,00)	1,00 $\pm$ 1,10 1,00 (0,00; 2,00)	1,10 $\pm$ 1,10 1,00 (0,00; 2,00)	p ⁽¹⁾ < 0,001*
Nº septos intrasseios Completos (SFD)	0,30 $\pm$ 0,50 0,00 (0,00; 0,00)	0,20 $\pm$ 0,40 0,00 (0,00; 0,00)	0,20 $\pm$ 0,50 0,00 (0,00; 0,00)	p ⁽¹⁾ = 0,003*
Nº septos intrasseios Completos (SFE)	0,30 $\pm$ 0,50 0,00 (0,00; 0,00)	0,20 $\pm$ 0,40 0,00 (0,00; 0,00)	0,20 $\pm$ 0,50 0,00 (0,00; 0,00)	p ⁽¹⁾ = 0,006*
Nº festonamentos (SFD)	4,10 $\pm$ 1,90 4,00 (3,00; 5,00)	3,40 $\pm$ 1,80 3,00 (2,00; 4,00)	3,70 $\pm$ 1,90 3,00 (2,00; 5,00)	p ⁽¹⁾ < 0,001*
Nº festonamentos (SFE)	4,00 $\pm$ 1,70 4,00 (3,00; 5,00)	3,80 $\pm$ 1,80 4,00 (2,00; 5,00)	3,90 $\pm$ 1,80 4,00 (3,00; 5,00)	p ⁽¹⁾ = 0,037*

(*) Diferença significativa a 5%

(1) Teste de Mann-Whitney

3.2 Aspectos métricos do Seio Frontal

A tabela 6 mostra os valores da média, desvio padrão e mediana das variáveis numéricas, distribuídas de acordo com o sexo da amostra estudada. Observou-se que o sexo masculino apresentou valores mais altos em relação ao sexo feminino em ambos os seios frontais (direito e esquerdo) com $p < 0,001$. Nota-se, no entanto, que o Índice de Seio Frontal (ISF) apresentou um menor valor médio para o sexo masculino ($3,27 \pm 1,17$) quando comparado ao sexo feminino ($4,16 \pm 1,31$). Esse índice mostra a relação entre a altura máxima e o maior comprimento anteroposterior (CPA), evidenciando, que nos homens, há uma maior proporcionalidade entre as variáveis numéricas citadas.

Tabela 6- Distribuição da média, desvio padrão e mediana das variáveis numéricas (objetivas) em relação ao sexo.

Variável	Sexo		Grupo total (800)	Valor p
	Masculino (400)	Feminino (400)		
	Media $\pm$ DP Mediana (P25; P75)	Media $\pm$ DP Mediana (P25; P75)		
Altura SFD	32,71 $\pm$ 10,20 32,13 (26,05; 39,08)	28,23 $\pm$ 8,89 27,38 (22,75; 33,78)	30,49 $\pm$ 9,82 29,73 (23,95; 36,49)	$p^{(1)} < 0,001^*$
Altura SFE	32,38 $\pm$ 9,74 31,52 (26,10; 39,58)	29,62 $\pm$ 10,34 28,67 (23,23; 36,08)	31,01 $\pm$ 10,13 31,26 (24,72; 38,03)	$p^{(1)} < 0,001^*$
Largura SFD	32,35 $\pm$ 10,65 31,86 (25,03; 38,57)	26,71 $\pm$ 10,15 26,33 (20,55; 33,41)	29,55 $\pm$ 10,77 29,17 (22,49; 36,59)	$p^{(1)} < 0,001^*$
Largura SFE	33,35 $\pm$ 10,40 32,97 (27,12; 39,88)	29,58 $\pm$ 10,79 29,31 (22,50; 36,76)	31,47 $\pm$ 10,76 31,26 (24,70; 38,55)	$p^{(1)} < 0,001^*$
CPA-SFD	10,52 $\pm$ 3,31 10,37 (8,20; 12,64)	7,01 $\pm$ 2,46 6,68 (5,37; 8,46)	8,78 $\pm$ 3,40 8,30 (6,34; 10,93)	$p^{(1)} < 0,001^*$
CPA-SFE	10,79 $\pm$ 3,44 10,40 (8,38; 12,74)	7,51 $\pm$ 2,46 7,39 (5,66; 8,99)	9,16 $\pm$ 3,41 8,69 (6,79; 11,07)	$p^{(1)} < 0,001^*$
Distância 1	19,22 $\pm$ 8,12 18,20 (12,73; 24,39)	18,06 $\pm$ 7,49 17,20 (11,89; 21,62)	18,65 $\pm$ 7,83 17,60 (12,29; 23,24)	$p^{(1)} = 0,052^*$
Distância 2	22,15 $\pm$ 10,66 21,30 (13,92; 29,39)	18,09 $\pm$ 9,77 18,02 (10,24; 24,85)	20,13 $\pm$ 10,42 19,56 (12,62; 27,08)	$p^{(1)} = 0,001^*$
Distância 3	21,28 $\pm$ 10,29 21,25 (12,90; 29,38)	18,11 $\pm$ 9,94 17,91 (10,30; 24,85)	19,70 $\pm$ 10,23 19,66 (11,27; 27,41)	$p^{(1)} = 0,001^*$
Largura total SF	61,49 $\pm$ 15,51 62,17 (50,60; 72,34)	52,47 $\pm$ 16,57 52,53 (41,72; 63,75)	56,98 $\pm$ 16,66 57,87 (46,10; 68,46)	$p^{(1)} < 0,001^*$
ISF	3,27 $\pm$ 1,17 3,10 (2,61; 3,76)	4,16 $\pm$ 1,31 4,10 (3,34; 4,83)	3,71 $\pm$ 1,32 3,55 (2,87; 4,37)	$p^{(1)} < 0,001^*$

(*) Diferença significativa a 5%

(1) Teste de Mann-Whitney

3.2.1 Resultados da regressão logística multivariada para estimativa do sexo masculino

A fim de estabelecer uma fórmula discriminante do sexo a partir da análise do seio frontal, foi realizada a regressão logística multivariada, a qual considerou três variáveis importantes: média da altura dos dois seios frontais (direito e esquerdo), média do comprimento anteroposterior (profundidade) dos seios frontais direito e esquerdo e largura total do seio frontal.

O modelo foi aceito pelo teste Qui-quadrado ($p < 0001$), mostrou-se bem ajustado segundo o teste de Lemeshow ($p = 0,469$) e classificou corretamente os casos em 78,8% dos pesquisados. A equação obtida pela regressão logística é detalhada a seguir:

$$\text{SEX} = \frac{e^{-4,040 - 0,057.Média da altura + 0,552.Média do CPA + 0,017.LarguraTotal}}{1 + e^{-4,040 - 0,057.Média da altura + 0,552.Média do CPA + 0,017.LarguraTotal}}$$

A partir dos resultados dessa regressão, obteve-se um ponto de corte de 0,51. Acima deste valor, houve uma estimativa de sexo positiva para o sexo masculino e, abaixo, para o sexo feminino. Tais dados podem ser verificados na tabela 7, a qual mostra os resultados da regressão logística e da área sob a curva para o percentual de pesquisados do sexo masculino. Nota-se, nesta tabela, a importância estatística do componente referente à média do CPA, a qual faz jus a uma área sob a curva de 0,82. Observou-se, ainda, pelo valor de OR, que quando a média do CPA aumenta em uma unidade, aumenta-se a chance de o indivíduo ser do sexo masculino em 73,6% ($OR=1,736$).

Tabela 7- Resultados da regressão logística e área sob a curva para o estabelecimento da função discriminante do sexo a partir da média da altura do SFD e SFE, média do CPA do SFD e SFE e largura total do seio frontal.

Variável	Coeficiente	Erro padrão	OR (IC 95%)	Valor p	Área sob a curva
Constante	- 4,040	0,393	0,18 (0,008 a 0,036)	< 0,001*	
Média da Altura	- 0,057	0,017	0,944 (0,913 a 0,977)	0,001*	0,62 (0,58 a 0,66)
Média CPA	0,552	0,046	1,736 (1,585 a 1,901)	< 0,001*	0,82 (0,79 a 0,85)
Largura total	0,017	0,010	1,017 (0,998 a 1,037)	0,083	0,65 (0,61 a 0,69)
Sensibilidade⁽¹⁾	Especificidade⁽¹⁾		Ponto “cutoff”⁽¹⁾		Acurácia do modelo⁽¹⁾
73,50%	73,00%		0,51		78,80%

(*) Significante a 5%.

A tabela 8 mostra os resultados da matriz de confusão resultante do modelo de regressão com a amostra teste. Observou-se que a fórmula proposta identificou corretamente 73% dos indivíduos do sexo masculino (verdadeiros positivos), bem como 73% dos indivíduos do sexo feminino (verdadeiros negativos).

Tabela 8 – Matriz de confusão resultante do modelo de regressão com amostra teste

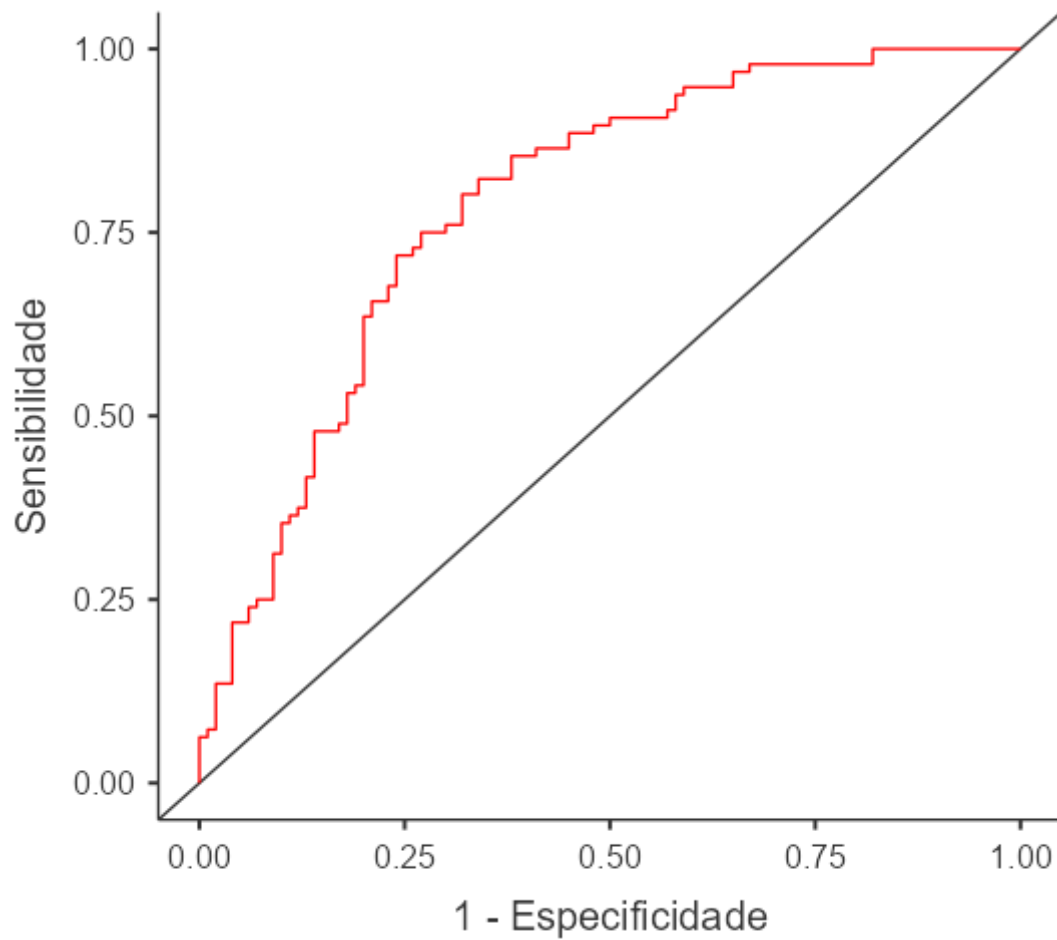
Sexo Estimado	Sexo		Total
	Feminino	Masculino	
Feminino	73	27	100
Masculino	27	73	100
total	100	100	200

*A amostra masculina foi considerada positiva.

A área sobre a curva é demonstrada a partir do gráfico 1 (Sensibilidade x Especificidade), enquanto o ponto de corte pode ser observado a partir do gráfico 2, a partir do cruzamento das curvas de sensibilidade e especificidade, o qual ocorre

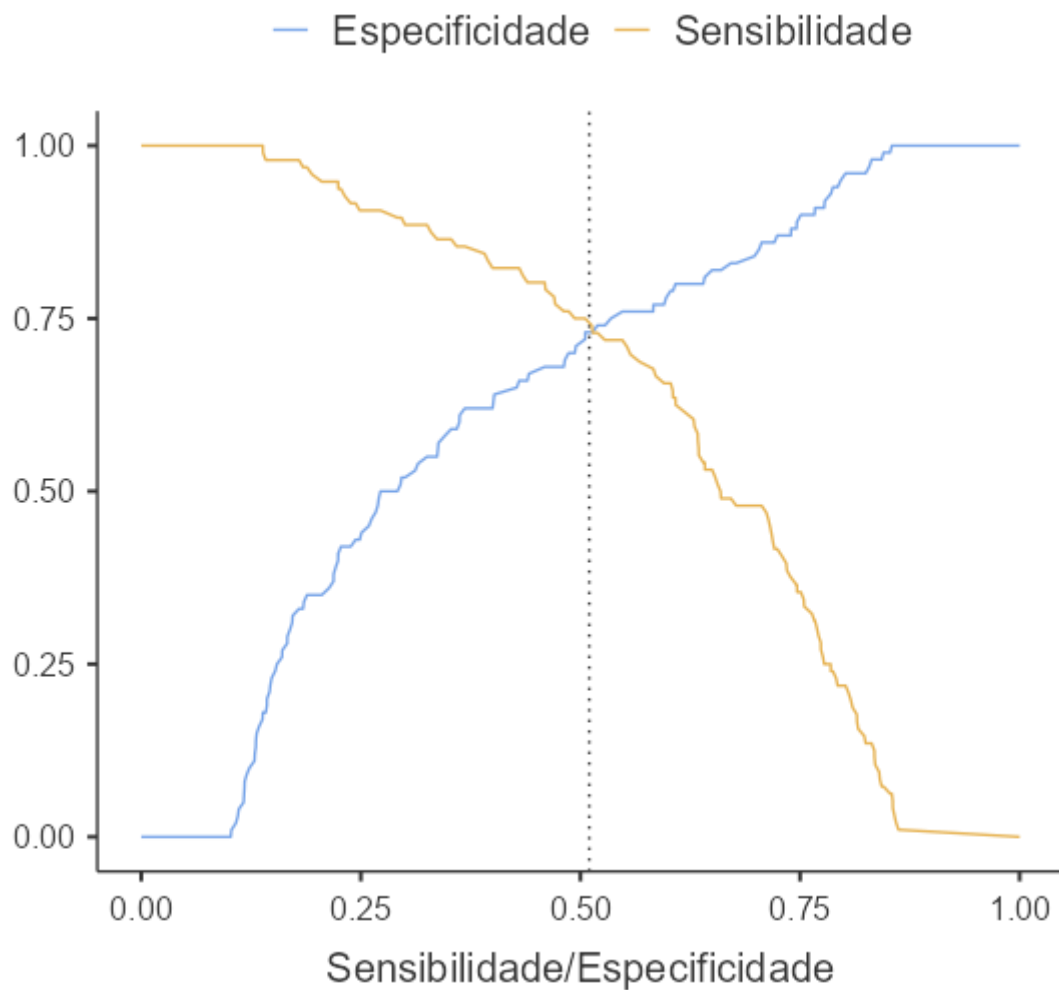
um pouco acima do valor 0,5. Ambos os gráficos foram obtidos diretamente do software estatístico STATA®, na versão 13.0.

Gráfico 1- Curva ROC do modelo de regressão logística.



Fonte: Produção própria

Gráfico 2- Estabelecimento do ponto de corte para o modelo de regressão logística.



Fonte: Produção própria

3.3 Proposta baseada no uso de Rede Neural Artificial (RNA) para a estimativa do sexo masculino a partir das variáveis métricas

Para a confecção da rede neural, os valores métricos de ambos os seios (direito e esquerdo) foram adotados: altura máxima, comprimento anteroposterior (CPA) e largura máxima. Além destas mensurações, a largura total também foi utilizada.

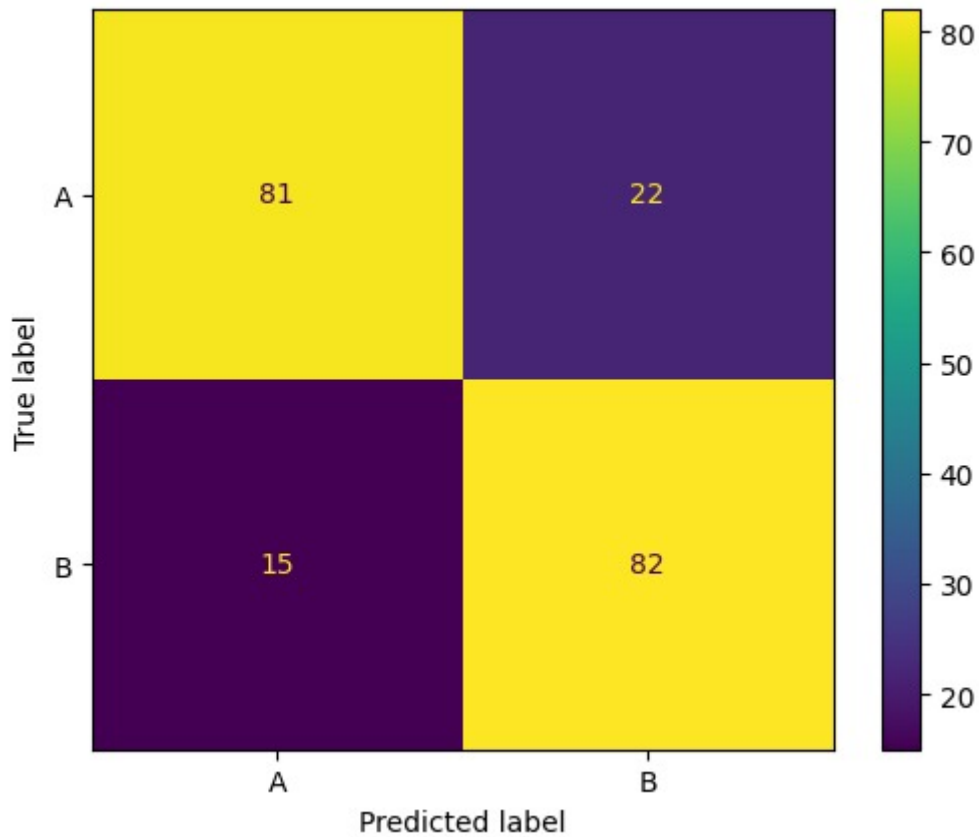
A rede neural foi proposta com três camadas, cada uma com cinco neurônios, utilizando a função de ativação Rectified Linear Unit (ReLU). Em relação ao número máximo de iterações, foram consideradas 500 épocas com o solver Adam. Além

disso, foi definido um valor de 0,001 para o parâmetro alpha, o qual corresponde a um fator de regularização para evitar o overfitting. A viabilidade da RNA foi avaliada através de uma Matriz de confusão e dos valores de Acurácia. A curva ROC e a Área sob a curva (AUC) também foram obtidas, bem como os valores de Especificidade, Precisão máxima, Recall e F1-Score.

A matriz de confusão, demonstrada através do gráfico 3, permitiu analisar o desempenho do sistema do modelo proposto. A célula correspondente à primeira linha e primeira coluna mostrou o percentual dos verdadeiros positivos, ou seja, percebe-se que o modelo foi capaz de identificar positivamente (81% dos casos) os indivíduos do sexo masculino. Já célula correspondente à primeira linha e segunda coluna, mencionou os falsos positivos, isto é, em 22% da amostra, o modelo identificou como sexo masculino indivíduos pertencentes ao sexo feminino.

Na célula localizada na segunda linha e primeira coluna, foi possível observar o percentual de falsos negativos, ou seja, indivíduos que foram identificados pela rede neural como femininos (não-masculinos), mas que pertenciam ao sexo masculino (15%). Na mesma linha e imediatamente à direita desta célula, verificou-se o percentual de verdadeiros negativos, ou seja, 82% de pesquisados foram corretamente identificados como pertencentes ao sexo feminino (não-masculinos), indicando resultados promissores.

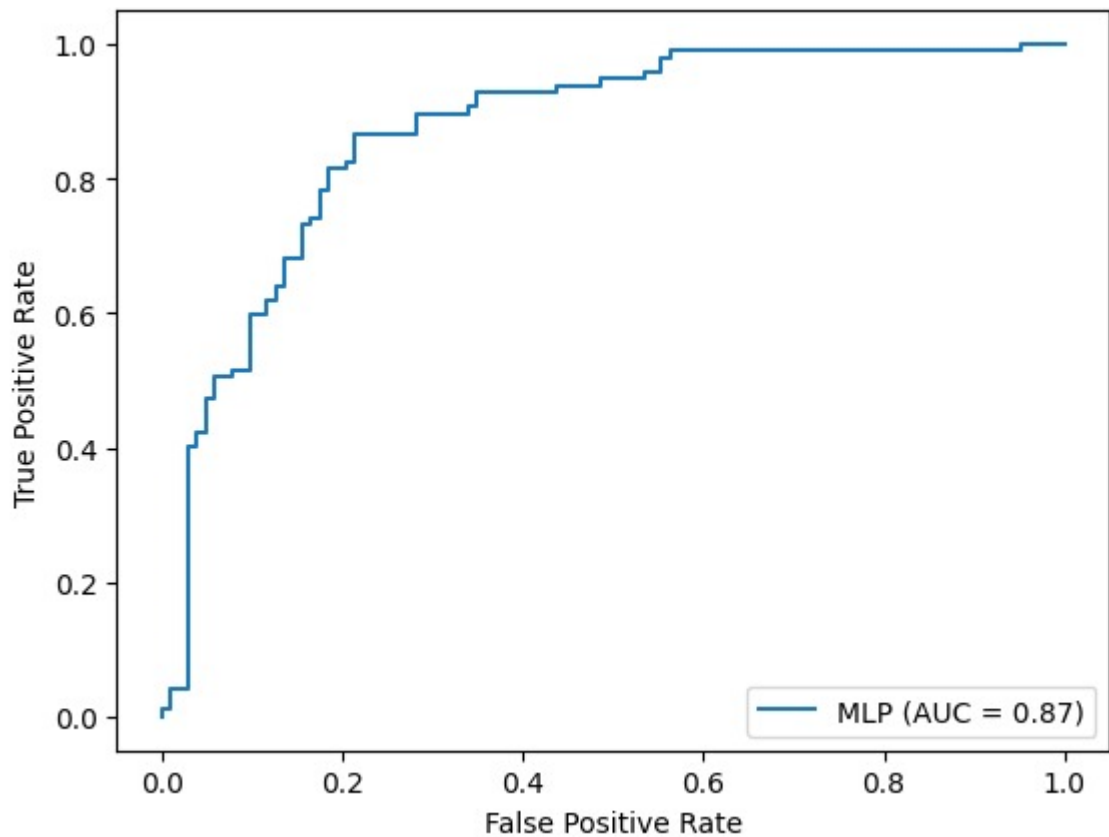
Gráfico 3- Matriz de confusão resultante do modelo de rede neural desenvolvido a partir de mensurações do seio frontal, em que A corresponde ao sexo masculino e B, ao sexo feminino.



Fonte: Produção própria

O gráfico 4 demonstra a área sob a curva (AUROC ou AUC), a partir dos valores encontrados para verdadeiros positivos e falsos positivos. A AUC apresentou um valor de 0.8696, sendo o modelo proposto pela rede neural considerado eficaz para a estimativa do sexo. Quanto mais próxima do canto superior esquerdo essa curva estiver, maior é a certeza do modelo classificador sobre as previsões feitas. A área abaixo da curva ROC mede é capaz de medir o nível de certeza do método avaliado.

Gráfico 4- Área sob a curva (AUC) do modelo proposto pela rede neural artificial, considerando mensurações da altura (SFD e SFE), largura (SFD, SFE e total) e profundidade (SFD e SFE) do seio frontal na estimativa do sexo.



Fonte: Produção própria

A Acurácia máxima apresentada pelo conjunto de treino foi de 0,7437, enquanto modelo final de rede neural apresentou acurácia de 0,815, apresentando-se como promissor na predição do sexo. A acurácia demonstra a quantidade de segmentos “positivos” (adotados como masculinos) e “negativos” (adotados como femininos) que foram classificados corretamente pelo modelo proposto.

Neste trabalho, entende-se como especificidade a capacidade do modelo identificar os casos “negativos” (adotados como femininos), corretamente. A Especificidade apresentada pela rede neural artificial foi, exatamente, de 0,7864.

A Precisão máxima obtida pelo modelo alcançou o valor de 0,7884. Esse valor representa a quantidade de amostras que, dentre todos os segmentos classificados como positivos (masculinos), são pertencentes à classe positiva (figura 7).

O Recall máximo encontrado pelo modelo foi de 0,8453. Este valor representa a quantidade de exames positivos (masculinos) que foram classificados corretamente. O modelo de rede neural apresentou F1-score máximo de 0,8159.

Em alguns casos, onde falsos positivos e falsos negativos possuem impactos diferentes para o modelo, o F1-Score representa uma métrica mais fidedigna do que a Acurácia, já que o mesmo cria um resultado a partir dessas divergências. Para o modelo proposto de predição do sexo, tais valores mostraram-se semelhantes.

3.4 Comparação entre os métodos de estimativa do sexo através do modelo de regressão e Rede Neural Artificial

Ambos os métodos utilizaram a amostra teste para avaliação comparativa. A Rede Neural Artificial obteve valores de especificidade, sensibilidade, acurácia, recall, precisão, F1-score, predição positiva e predição negativa superiores aos obtidos a partir do modelo de regressão, como verificado na tabela 9.

Tabela 9 - Parâmetros avaliados do modelo de regressão e rede neural artificial obtidos com a amostra teste.

Parâmetros avaliados	Modelo de regressão (%)	RNA (%)
Acurácia	73,00	81,50
Especificidade	73,00	78,64
Sensibilidade	73,00	78,85
Recall	50,00	50,31
Precisão	73,00	84,54
F1-score	59,35	63,08
Preditivo positivo	73,00	84,54
Preditivo negativo	73,00	78,64

4 CONCLUSÕES

- Dentre as variáveis morfológicas estudadas, houve uma maior prevalência de Seio Central para o sexo feminino. O número de septos intrasseios bem como o número de festonamentos do Seio Frontal Direito apresentaram diferenças, com tendência de maior quantidade dessas estruturas no sexo masculino.
- No presente estudo, todas as variáveis métricas apresentaram diferenças entre o sexo, sendo os maiores valores observados no sexo masculino, exceto o ISF, que foi menor para os homens, indicando, maior proporcionalidade entre altura máxima e comprimento anteroposterior nestes indivíduos.
- A média do CPA é uma excelente variável preditiva, sendo essencial para a obtenção da fórmula discriminante por meio de regressão logística, a qual apresentou boa acurácia na população estudada.
- Ambos os métodos possuem satisfatório potencial preditivo. A rede neural apresentou desempenho superior à fórmula discriminante de acordo com as variáveis utilizadas, caracterizando-se, portanto, como uma ferramenta promissora de decisão na prática pericial do cenário forense brasileiro.

ARTIGO

DETERMINATION OF SEXUAL DIMORPHISM WITH CBCT IMAGES OF THE FRONTAL SINUS THROUGH A PREDICTIVE FORMULA AND AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK SYSTEM

ARTICLE

Abstract:

This study aims to evaluate the determination of sexual dimorphism with images of cone beam computed tomography (CBCT) of the frontal sinus by a predictive formula and an artificial neural network (ANN) system. CBCT acquisitions of 1000 patients, equally distributed with sex, were evaluated morphometrically. CBCT acquisitions were assessed by two examiners calibrated using OnDemand3DTM software (Cybermed, South Korea). 80.0% of the samples used were submitted to Shapiro-Wilk, Pearson Chi-square, and Mann-Whitney tests, and a multivariate logistic regression model was performed ($p \leq 0.05$). The validations were performed using the remaining sample (200) for ROC (Receiver Operating Characteristic) curve analysis and confusion matrix. The machine learning-based classification system consisted of a three-layer ANN trained with 80.0% of the database, and the remaining 20.0% was used as a test set. Except for the higher frontal sinus index measurement for the female sex, the male sex presented higher numerical values of heights, widths, and anteroposterior (AP) length ($p \leq 0.05$). The measurements used in regression formulas and neural networks were the frontal height, AP length, and total width. Both methods exhibited sexual dimorphism. ANN revealed a specificity (78.64), sensibility (78.85), accuracy (81.5%), recall (53.31%), precision (84.54%), F1-score (63.08%), positive predictive (84.54%) and negative predictive (78.64%) superior to the predictive formula (73%, 73%, 73%, 50%, 73%, 59.35, 73% and 73%, respectively). Therefore, both methods, particularly ANN, can potentially support decision-making in clinical dental practice in the Brazilian forensic scenario.

Keywords: Frontal Sinus; Machine Learning; Forensic Anthropology; Neural Network.

Introduction

The study of sexual dimorphism has its relevance established in the Forensic Sciences for human identification purposes (KIRAN; RAMASWAMY; KHAITAN, 2014; LUO et al., 2018; TONEVA et al., 2020; ALVES et al., 2023). This estimation of sex discrimination is more effective in the adult population since it suffers less influence of hormonal factors in puberty. These factors are intrinsically related to the development of skull bones and their anatomical structures, such as the sinuses of the face (MOTAWEL et al., 2016; IBRAHIM et al., 2020).

Frontal sinuses are anatomical structures that are characterized as pneumatic cavities between the frontal bone's external and internal blades and are located behind superciliary arches (TATLISUMAKI et al., 2017; LUO et al., 2018; SINGH; PAUDEL; MENEZES et al., 2021). They are unique for each individual due to significant morphological variations, with relevant potential for estimating sex in humans (TATLISUMAKI et al., 2017; PRADO et al., 2021; IBRAHIM et al., 2020).

These structures begin their development in the fourth week of pregnancy, becoming visible from the 6th year of life and ending their growth at 20 years old, with constancy expected of their characteristics (perennial) until old age (SILVA, 2009; BUYUK; KARAMAN; YASA, 2017; LUO et al., 2018). According to the literature, they are considered higher in males (ELBESHLAWY; HELALY, 2020; EMEKLI, 2023; SRIDHAR et al., 2023). However, metric and morphological patterns observed in a specific sample should be used with caution for different population groups (ELBESHLAWY; HELALY, 2020).

Morphometry contributes to more objectivity and is frequently used for sex estimation (TONEVA et al., 2020). Morphometric analyses were suggested and employed in different populations in sex determination (TATLISUMAK et al., 2007; UTHMAN et al., 2010; TATLISUMAKI et al., 2017; LUO et al., 2018; ALVES et al., 2023; EMEKLI, 2023). Tatlisumak et al. (2007) developed the presence or absence of frontal sinus, septum, and scalloping (FSS) system. This system concerns the morphological and metric analyses that present confiability in radiographic and CBCT images (SOARES et al., 2016 UTHMAN et al., 2010).

Computed Tomography (CT) contributed to the advancement of detailed studies of the frontal sinus by allowing multiplanar and three-dimensional evaluations without overlapping structures (SOARES et al., 2016 UTHMAN et al., 2010; TATLISUMAK et al., 2017; SINGH; PAUDEL; MENEZES et al., 2021; MENDONÇA et al., 2022). Thus, there was an increase in the number of studies in the field of Legal Dentistry involving the use of CT and the estimation of sex in humans from the morphometric analysis of the frontal sinuses

that found linear measurements of the frontal sinuses are potential anatomical landmarks useful for sex estimation (CHOI et al., 2018; IBRAHIM et al., 2020; PRADO et al., 2021; MENDONÇA et al., 2022). Because of this, researchers encouraged future studies in different populations and representative samples (MENDONÇA et al., 2021; MENDONÇA et al., 2022; SRIDHAR et al., 2023).

However, variations in the perception of shades of gray, added to other factors, such as fatigue, stress, and distraction of the evaluator, can negatively interfere with the imaging examination (BIRDAL et al., 2016). To reduce these limitations, one can use computational tools of automation that provide the classification of patterns and various diagnoses and perform this task in a shorter time than the manual methods (MOHAMMAD et al., 2022; ALVES et al., 2023). Among the tools, we highlight the artificial neural network (ANN).

ANN is based on the human nervous system, so its functioning is based on reproducing how the brain performs a particular activity, as the ability to acquire by the learning process and the storage of knowledge through the connections between synaptic weights (HAYKIN, 2007; MOHAMMAD et al., 2022). Neural networks and machine learning can optimize identification processes, including those related to an individual's anthropological characteristics, such as sex and age (SILVA; OLIVEIRA; PITHON, 2018; TONEVA et al., 2020; KIM et al., 2021; ALVES et al., 2023). However, a few studies (KIM et al., 2021; ALVES et al., 2023) compared the predictive formula and neural network methods to identify sexual dimorphism. One of these used neural networks with frontal sinus patterns to determine sexual dimorphism in a sample of 255 cephalometric radiographs, showing promising results (ALVES et al., 2023).

Given the above, this study aimed to evaluate using CBCT images of the frontal sinus in determining Brazilian sexual dimorphism, comparing the accuracy of a predictive formula obtained from morphometric evaluations with an artificial neural network model.

Material and methods

This research was carried out after approval of the Research Ethics Committee of the Federal University of Pernambuco, Recife, PE (CAAE number 58438622.4.0000.5208), respecting the Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki).

The sample consisted of 1,000 CBCT acquisitions, 500 female and 500 male patients, from a private service of Otorhinolaryngology database in João Pessoa, Paraíba, Brazil. All CBCT images were obtained with iCAT New Generation® (Imaging Sciences International, Pennsylvania, USA), 120 kVp, 5 mA, 0.25 mm voxel, and saved in DICOM (Digital Imaging Communication in Medicine) format.

For the selection, the responsible researcher included the acquisitions of patients aged 20 years and older and of Brazilian nationality, with quality for the diagnosis and field of view involving the entire frontal sinus region. We did not include the acquisition of patients with anomalies of skull development, pathologies, and/or lesions of any kind in the frontal sinus region.

The CBCT acquisitions were previously prepared by the responsible researcher, who codified and removed the information regarding the sex and age of the patients and inserted the respective data in an Excel spreadsheet. Then, randomization was performed using the Randomizer program (Research Randomizer, version 4.0) to ensure a blind evaluation and avoid the consequent risk of bias.

Evaluation of the CBCT images

Frontal sinuses were evaluated using OnDemand software (Microsoft Windows®, Redmond, Washington, USA) according to the morphometric analysis proposed by Tatlisumak et al. (2007). In addition, a new parameter was added that quantified the index of the frontal sinus, given by the ratio between the highest height and the largest width of the FS (KIRAN; RAMASWAMY; KHAITAN, 2014; LUO et al., 2018; ALVES et al., 2023). Criteria and methodology for evaluating the variables were performed according to previous studies (SOARES et al., 2016).

Two experienced and calibrated oral radiologist examiners evaluated the frontal sinus, each responsible for evaluating a frontal sinus on one side (right or left). In the intra-examiner analysis, the Intraclass Correlation Coefficient was substantial, ranging from 0.970 to 1.000, and the result of the inter-examiner analysis was the same, with coefficients between 0.976 and 1.000. First, the coronal and axial sections, with a thickness of 2.75 mm, were chosen, demonstrating the largest dimensions of the frontal sinus. Therefore, measurements of the largest width and height of the frontal sinuses were made in two sections (axial and sagittal), allowing the examiners to evaluate dynamically using the brightness, contrast, and measurement tools.

The morphometric evaluation occurred in the multiplanar reconstructions. The anteroposterior length of each sinus was made using an axial reconstruction, and the other measurements were performed based on coronal reconstructions. The examiners could use sagittal and axial reconstructions (Figures 1 and 2).

Data analysis

Data were analyzed descriptively and inferentially using the software SPSS® (Statistical Package for Social Sciences - International Business Machines, Armonk, New York, USA), version 25, and STATA®.

The data of measurements of 800 CBCT exams (400 of male and female sex) were submitted to Shapiro-Wilk to evaluate the sample distribution, and then the Mann-Whitney test was used. Afterward, a logistic regression model adjustment was performed with the variables that presented $p \leq 0.20$.

The sex predicted by the regression formula with the test sample ($n=200$) equally distributed according to sex was submitted to the ROC curve analysis to obtain the area under the curve, accuracy, sensitivity, specificity, and confusion matrix. Furthermore, the confusion matrix was obtained to calculate the recall, F1-score, and precision metrics. A significance level of 0.05 was used in all tests.

Proposal based on the use of artificial neural network (ANN)

Metric data of the frontal sinuses and the corresponding sex were tabulated to develop a system using ANN. Variables used were the maximum height, the anteroposterior length of the frontal sinus, the maximum width of each sinus, and the total width. The sample was divided into two sets balanced concerning sex: the training set ($n = 800$), responsible for the learning mechanism of the model, and the test set ($n = 200$), where the results were obtained.

The neural network was proposed with three layers, each with five neurons, using the Rectified Linear Unit (ReLU) activation function. Regarding the maximum number of iterations, 500 epochs were considered with Solver Adam with a learning rate of 0.001.

Data analysis of neural network

The performance of the ANN was evaluated considering the test set ($n = 200$) using metrics calculated from the confusion matrix values. Specificity, accuracy, ROC curve, and area under the curve (AUC) were obtained.

Results

The sample consisted of patients aged 20 to 101 years, with a median of 46, with no significant difference between the three age groups (20 to 39; 40 to 59; 60 or more years) with sex ($p = 0.3770$), as well as to the median age ($p = 0.0660$).

Table 1 shows the results of the metric variables studied according to sex. Frontal Sinus Index (FSI) presented a lower median value in males (3.10) than in females (4.10). Distance 1 did not show a significant difference between the sexes ($p=0.052$). In the other metric variables, males showed higher values than females in both frontal sinuses (right and left), with $p \leq 0.05$.

Multivariate logistic regression considered three important variables: the average maximum height of the two frontal sinuses (right and left), the average maximum

anteroposterior length (depth) of the right and left frontal sinuses, and the total width of the frontal sinus. In the case of one sinus's absence, only one sinus's measurement was considered, and then the average was not calculated.

Table 2 shows the logistic regression results. The model was accepted by the Chi-square test ($p < 0.001$), was well adjusted according to the Lemeshow test ($p = 0.790$), and correctly classified cases in 76.8% of respondents. The equation taken by logistic regression is as follows:

$$\text{SEX} = \frac{e^{-4.040 - 0.057 \cdot \text{Height average} + 0.552 \cdot \text{AP Length average} + 0.017 \cdot \text{Total width}}}{1 + e^{-4.040 - 0.057 \cdot \text{Height average} + 0.552 \cdot \text{AP Length average} + 0.017 \cdot \text{Total width}}}$$

Graph 1 shows the ROC curve for male respondents, with an area under the curve (AUC) value of 0.786. The confusion matrix was obtained using a cutoff point 0.49 (Table 3). Above this value was an estimation of positive sex for males and below for females.

Regarding the neural network, the ROC curve from the values found for true positives and false positives is represented by Graph 2, which reveals an AUC value of 0.8697. Table 4 presents the confusion matrix of the neural network. The other parameters used to evaluate the regression model and neural network are present in Table 5.

It is possible to analyze the system performance of the proposed model through absolute values of cases classified as true positive, true negative, false positive, and false negative, considering the 200 samples of the test set. The cell corresponding to the first row and first column shows the percentage of true positives. Notably, the model was able to identify 81 of the cases of male individuals positively. The cell on the right mentioned false positives: in 22 samples, the model identified as male individuals belonging to the female sex.

Below the true positives, it was possible to observe the percentage of false negatives, that is, individuals identified by the neural network as female (not males) but who truly belonged to the male sex in 15 cases. To the right of this cell, the number of true negatives was verified; 82 patients were correctly identified as belonging to the female sex (not males), which can be considered a satisfactory result.

The maximum accuracy obtained in the training set was 0.8150, while the final neural network model gave an accuracy of 0.7437, presenting as promising in predicting sex. The accuracy demonstrates the number of segments "positive" (adopted as male) and "negative" (adopted as female) that the proposed model correctly classified.

In this work, specificity is understood as the ability of the model to identify "negative" or "true negative" cases (adopted as female) correctly. The specificity presented by the regression artificial neural network was precisely 0.7864. The maximum precision obtained

by the model reached the value of 0.7885. This value represents the number of samples that, among all segments classified as positive (male), belong to the positive class, the "true positives." This value represents the number of positive (male) tests that were correctly classified.

Discussion

In this study, the multiplanar images of CBCT allowed the evaluation of the frontal sinuses in different planes. In addition, the assessment of the frontal sinuses by the method of Tatlisumak et al. (2007) in CBCT is applicable and reproducible, with higher reliability and trustworthiness than with extraoral techniques (SOARES et al., 2016; RABELO et al., 2016). The possibility of dynamic evaluation of the frontal sinus allows us to analyze and perform reliable metric evaluations (SOARES et al., 2016).

Studies conducted in different populations also found the predictive potential of sex for the width and height of the right and left frontal sinuses, as well as for the total width and distances 1, 2, and 3 in Indians (HEMANTHAKUMAR; GOPAL; KUMAR, 2022) and 1 and 2 in Iraqis (UTHMAN et al., 2010). On the other hand, in a study of a Sri Lankan population, there was no predictive potential of the distance between the highest points of each sinus and between them and the maximum limit of the lateral walls (WICKRAMASINGHE et al., 2022).

AP lengths alone showed excellent dimorphic potential in this study, which is in line with research conducted in the Indian (HEMANTHAKUMAR; GOPAL; KUMAR, 2022), Nigerian (ANYANWU et al., 2021) and Egyptian (IBRAHIM et al., 2020) populations. Regarding the FSI, it was characterized as the only metric variable that was higher in females. However, this fact can be explained by the higher anteroposterior length in males, which is inversely proportional to the FSI, considering the mathematical reason that characterizes it. A greater proportionality involving the linear quantities of height and anteroposterior length in males can also explain these findings.

Research conducted in China (LUO et al., 2018) and India (KIRAN; RAMASWAMY; KHAITAN et al., 2014) highlighted the significance of this variable as an auxiliary tool in the estimation of sex, being in line with those obtained in this investigation. However, when evaluating the AP length and FSI in Egyptian samples of CTs, although these indices demonstrated significance, they act as bad predictors, with an accuracy of 61.0% and 66.0%, respectively (ELBESHLAWY; HELALY, 2020).

In this study, the formula derived from multivariate logistic regression showed an accuracy of 73.0%, while the neural network demonstrated 81.5%. This result was higher than the accuracy of 70.2% found in a study that applied its discriminating formula with

analyses of 255 cephalometric radiographs of Brazilians (ALVES et al., 2023). Another critical point was that the neural network with radiographic cephalometric data presented accuracy (73.3%) similar to the regression formula of the present study.

The higher accuracy values in the present study can be attributed to the types of tests used in both studies since the use of CBCT images, with the possibility of three-dimensional evaluation of anatomical details, favors interpretation.

A Brazilian study by Mendonça et al. (2021) found a sex predictive value of 75.7%. However, those authors used frontal and maxillary sinus measurements, increasing the data's complexity. Another study using a multislice CT sample of Brazilians found an accuracy of 80.0% for the predictive formula, with total frontal sinus volume being the preponderant variable in obtaining the equation (CHOI et al., 2018). Despite the superior value of the accuracy of the discriminant formula reported in that study, it is inferior to the accuracy verified by the ANN used in the system proposed in our work with morphometric values. This can be decisive in optimizing the time to be used during exams at the Institutes of Forensic Anthropology from the development of more straightforward and, at the same time, more accurate interfaces.

Luo et al. (LUO et al., 2018) achieved 76.6% accuracy with their FSS system predictive formula, analyzing multislice CTs of Chinese. Other research conducted in populations of Malaysia (ZULKIFLEE et al., 2022), Nepal (SINGH; PAUDEL; MENEZES, 2021), and Egypt (MOTAWEI et al., 2016; IBRAHIM et al., 2020) found higher values in their logistic regressions, an accuracy rate of 80,6%, 80%, 76,7% and 100% respectively. However, such formulas are not recommended for the Brazilian population without prior validation since specific population characteristics directly influence the applicability of the equation.

The development of artificial neural networks is an essential ally in developing interdisciplinary research in Forensic Anthropology to facilitate professionals acting in forensic dentistry. It should also be noted that the ANN results obtained in this study showed satisfactory performance for the Brazilian population, given the metrics values superior to the predictive formula.

This study is characterized as innovative since it focuses on an artificial neural network proposal from an analysis of multiplanar reconstructions of the frontal sinus in a Brazilian population. Given the satisfactory results for forensic dentistry, future research can investigate other neural network models, such as convolutional neural networks, to evaluate images directly.

Conclusion

In conclusion, except for FSI, the morphometric measurements assessed are higher in males, agreeing with most studies (BELALDAVAR, et al., 2014; MOTAWEI et al., 2016; BUYUK; KARAMAN; YASA, 2017; TATLISUMAK et al., 2017; IBRAHIM et al., 2020; MENDONÇA et al., 2021; PRADO et al., 2021; SINGH; PAUDEL; MENEZES, 2021; HEMANTHAKUMAR; GOPAL; KUMAR, 2022; WICKRAMASINGHE et al., 2022; ALVES et al., 2023; EMEKLI, 2023; SRIDHAR et al., 2023). Of these measurements, sinus height, anteroposterior length, and total width are predictors of sexual dimorphism. ANN offers better results than the predictive formula. Given this, machine learning techniques are potentially favorable for clinical dental practice to support decision-making in the Brazilian forensic scenario.

References

- C.B.R.B. Soares, M. Miranda-Viana, A.A. Pontual, F.M.M. Ramos-Perez, D.E.C. Perez, J.N. Figueiroa, M.L.A. Pontual. Morphological and dimensional assessment of the maxillary sinus for human identification and sexual dimorphism: A study using CBCT, Forensic Imaging, Volume 23, 2020, 200409, ISSN2666-2256, <https://doi.org/10.1016/j.fri.2020.200409>.
- EMEKLI E. Sex Determination Using Frontal Sinus Diameters on Direct Radiography. Cureus. 2023 Oct 22;15(10):e47476. doi: 10.7759/cureus.47476. PMID: 38022337; PMCID: PMC10662937.
- Motawei S., Wahba B., Aboelmaaty W., Tolba E. Assessment of frontal sinus dimensions using CBCT to determine sexual dimorphism amongst Egyptian population. Journal of Forensic Radiology and Imaging, v. 6, p. 8-13, 2016. doi:10.1016/j.jofri.2016.07.001.
- Ibrahim, M. A., Abdel-Karim, R. I., Ibrahim, M. S., & Dar, U. F. Comparative study of the reliability of frontal and maxillary sinuses in sex identification using multidetector computed tomography among Egyptians. Forensic Imaging, v. 22, p. 200390, 2020. doi: 10.1016/j.fri.2020.200390.
- Belaldavar C., Kotrashetti V., Hallikerimath S., Kale A. Assessment of frontal sinus dimensions to determine sexual dimorphism among Indian adults. Journal of Forensic Dental Sciences, v. 6, n. 1, p. 25, 2014. doi: 10.4103/0975-1475.127766.
- Prado P., Adams K., Fernandes L., Kranioti E. Frontal sinus as an identity and sex indicator. Morphologie, v. 105, n. 351, p. 281-287, 2021. doi:10.1016/j.morpho.2020.12.005.
- Silva R., Prado F., Caputo I., Devito K., Botelho T, Daruge Júnior E. The forensic importance of frontal sinus radiographs. Journal of Forensic and Legal Medicine, v. 16, n. 1, p. 18-23, 2009. doi: 10.1016/j.jflm.2008.05.016.

Buyuk S., Karaman A., Yasa Y. Association between frontal sinus morphology and craniofacial parameters: A forensic view. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, v. 49, p. 20-23, 2017. doi: 10.1016/j.jflm.2017.05.007.

Elbeshlawy D., Helaly Y. Frontal sinus index for sex estimation: Is it possible?. *Forensic Imaging*, v. 23, p. 200407, 2020. doi: 10.1016/j.fri.2020.200407.

Choi I., Duailibi-Neto E., Beaini T., da Silva R., 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. doi: 10.1111/1556-4029.13601.

Birdal R., Gumus E., Sertbas A., Birdal I. Automated lesion detection in panoramic dental radiographs. *Oral Radiology*, v. 32, p. 111-118, 2016. doi: 10.1007/s11282-015-0222-8.

Mohammad N., Ahmad R., Kurniawan A., Mohd Yusof M. Applications of contemporary artificial intelligence technology in forensic odontology as primary forensic identifier: A scoping review. *Frontiers in Artificial Intelligence*, v. 5, p. 1049584, 2022. doi: 10.3389/frai.2022.1049584.

Silva G., Oliveira L., Pithon, M. Automatic segmenting teeth in X-ray images: Trends, a novel data set, benchmarking and future perspectives. *Expert Systems with Applications*, v. 107, p. 15-31, 2018. doi: 10.48550/arXiv.1802.03086.

Alves C., Costa C., Michel-Crosato E., Biazevic M. Use of the frontal sinus to evaluate sexual dimorphism in a Brazilian sample. *Forensic Imaging*, v. 33, p. 200548, 2023. doi:10.1016/j.fri.2023.200548.

Tatlisumak E., Ovali G., Aslan A., Asirdizer M., Zeyfeoglu Y., Tarhan S. Identification of unknown bodies by using CT images of frontal sinus. *Forensic Science International*, v. 166, n. 1, p. 42-48, 2007. doi: 10.1016/j.forsciint.2006.03.023.

Tatlisumak, E., Asirdizer, M., Bora, A., Hekimoglu, Y., Etli, Y., Gumus, O., & Keskin, S. The effects of gender and age on forensic personal identification from frontal sinus in a Turkish population. *Saudi medical journal*, 38 (1), 41–47, 2017. <https://doi.org/10.15537/smj.2017.1.16.218>.

Soares C., Almeida M., Lopes P., Beltrão R., Pontual A., Ramos-Perez F., Figueroa J., Pontual M. Human identification study by means of frontal sinus imaginological aspects. *Forensic Science International*, v. 262, p. 183-189, 2016. doi: 10.1016/j.forsciint.2016.03.030.

Sridhar, M., Bagewadi, A., Lagali-Jirge, V., Panwar, A., Keluskar, V. Reliability of gender determination from paranasal sinuses and its application in forensic identification-a systematic review and meta-analysis *Forensic Science, Medicine and Pathology*, v. 19, p. 409–439 2023. <https://doi.org/10.1007/s12024-022-00520-2>.

Rabelo K., Pontual M., Queiroz N., Paiva K., Ramos-Perez F., Santos M., Pontual A. Human identification by FSS system adapted to cephalometric radiographs. *Forensic Science International*, v. 262, p. 227-232, 2016. doi: 10.1016/j.forsciint.2016.03.025.

Uthman A., Al-Rawi N., Al-Naaimi A., Tawfeeq A., Suhail E. Evaluation of frontal sinus and skull measurements using spiral CT scanning: an aid in unknown person identification. *Forensic Science International*, v. 197, n. 1-3, p. 124. e1-124. e7, 2010. doi: 10.1016/j.forsciint.2009.12.064.

Hemanthakumar S., Gopal K., Kumar P. Assessment of sexual dimorphism using 3D CBCT image data among Indians. *Bioinformation*, v. 18, n. 3, p. 231, 2022. doi: 10.6026/97320630018231.

Wickramasinghe C., Vadysinghe A., Kodikara S., Udupihilla J. Frontal sinus pattern analysis for human identification using non-contrast computed tomography images: A Sri Lankan experience. *SAGE Open Medicine*, v. 10, p. 20503121221143628, 2022. doi: 10.1177/20503121221143628.

Anyanwu, G. E., Ezeofor, S. N., Obikili, E. N., & Ugbor, E. V. (2021). Morphometric Evaluation of Frontal and Maxillary Sinuses and Bizygomatic Distance of Igbos In South-East and Ogonis in South-South Nigeria Using Computerized Tomography Scan. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research*, 33(19), 198–208. <https://doi.org/10.9734/jammr/2021/v33i1931095>.

Luo H., Wang J., Zhang S., Mi C. The application of frontal sinus index and frontal sinus area in sex estimation based on lateral cephalograms among Han nationality adults in Xinjiang. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, v. 56, p. 1-4, 2018. doi: 10.1016/j.jflm.2017.12.014.

Kiran C., Ramaswamy P., Khaitan T. Frontal sinus index – A new tool for sex determination. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, v. 2, n. 2, p. 77-79, 2014. doi: 10.1016/j.jofri.2014.02.002.

Mendonça D., Kurita L., Carvalho F., Tuji F., Silva P., Bezerra T., Aguiar A., Gurgel F. Development and validation of a new formula for sex estimation based on multislice computed tomographic measurements of maxillary and frontal sinuses among Brazilian adults. *Dentomaxillofacial Radiology*, v. 50, n. 6, p. 20200490, 2021. doi: 10.1259/dmfr.20200490.

Mendonça, D. S., Ribeiro, E. C., de Barros Silva, P. G., Rodrigues, A. A., Kurita, L. M., de Aguiar, A. S. W., Tuji, F. M., Neves, F. S., Carvalho, F. S. R., & Costa, F. W. G. (2022). Diagnostic accuracy of paranasal sinus measurements on multislice computed tomography for sex estimation: A systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Journal of forensic sciences*, 67(6), 2151–2164. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15117>

Zulkiflee N., Alias A., Singh M., Pritam H., Chung E., Sakaran R., Zaidun N., Choy K. Sexual dimorphism of frontal sinus: A 2-dimensional geometric morphometric analysis on lateral skull radiographs. *Forensic Imaging*, v. 29, p. 200506, 2022. doi:10.2139/ssrn.4111661.

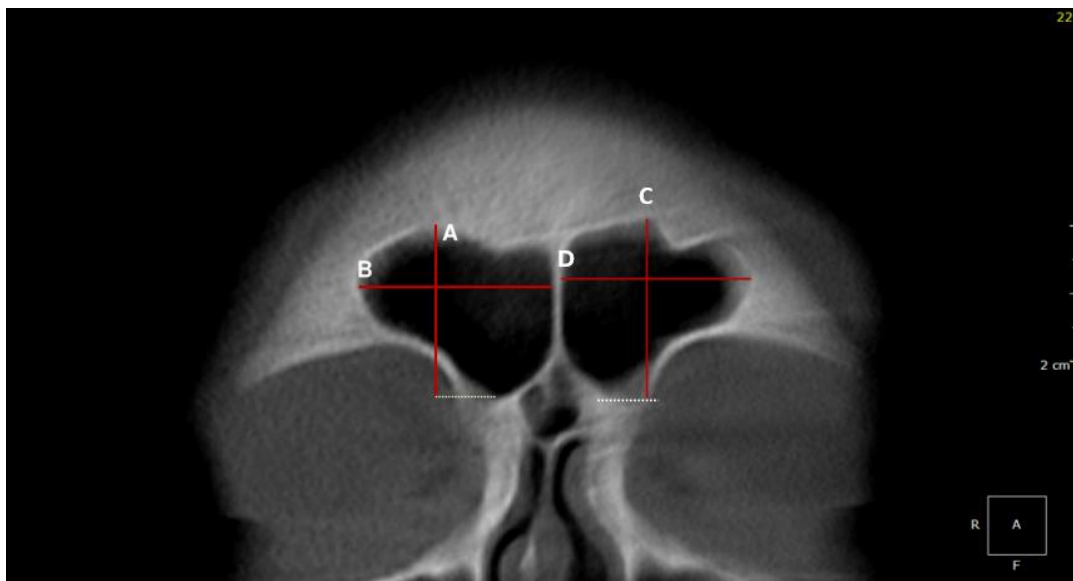
Singh P., Paudel R., Menezes R. Predictability of sex from frontal sinus in Nepalese population. *Kathmandu University Medical Journal*, v. 19, n. 1, p. 96-101, 2021.

Toneva D., Nikolova S., Agre G., Zlatareva D., Hadjidekov V., Lazarov N. Data mining for sex estimation based on cranial measurements—*Forensic Science International*, v. 315, p. 110441, 2020. doi: 10.1016/j.forsciint.2020.110441.

HAYKIN, S. *Neural Networks and Learning Machines*. Canada: McMaster University, 2007.

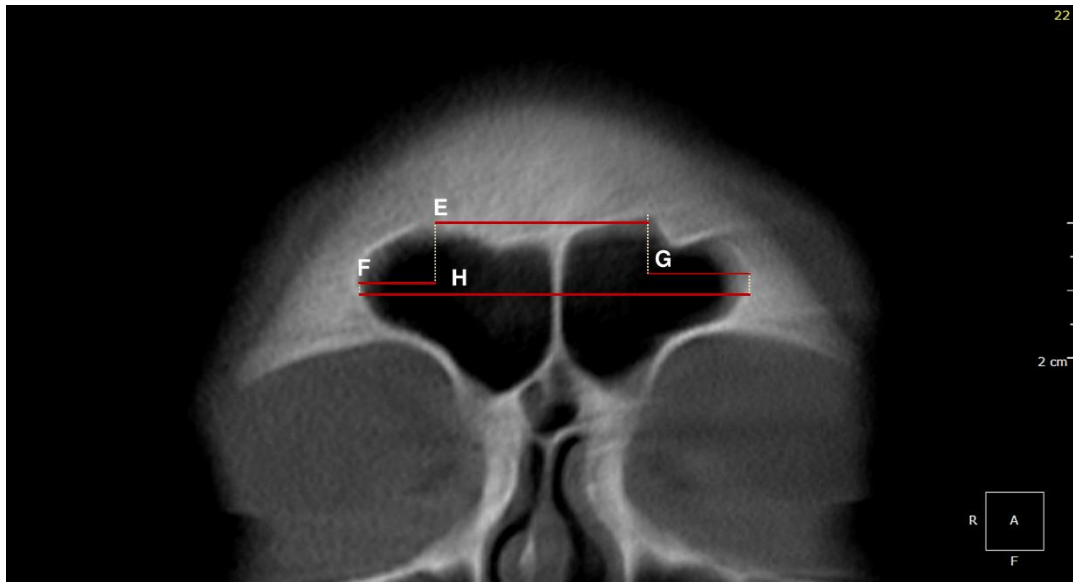
Kim S, Lee YH, Noh YK, Park FC, Auh QS. Age-group determination of living individuals using first molar images based on artificial intelligence [published correction appears in *Sci Rep*. 2022 Feb 7;12(1):2332]. *Sci Rep*. 2021;11(1):1073. Published 2021 Jan 13. doi:10.1038/s41598-020-80182-8

Fig. 1- Frontal sinuses visualized in coronal section. A: maximum height (MH) of the right sinus; B: maximum width (MW) of the right sinus; C: MH of the left sinus; D: MW of the left sinus.



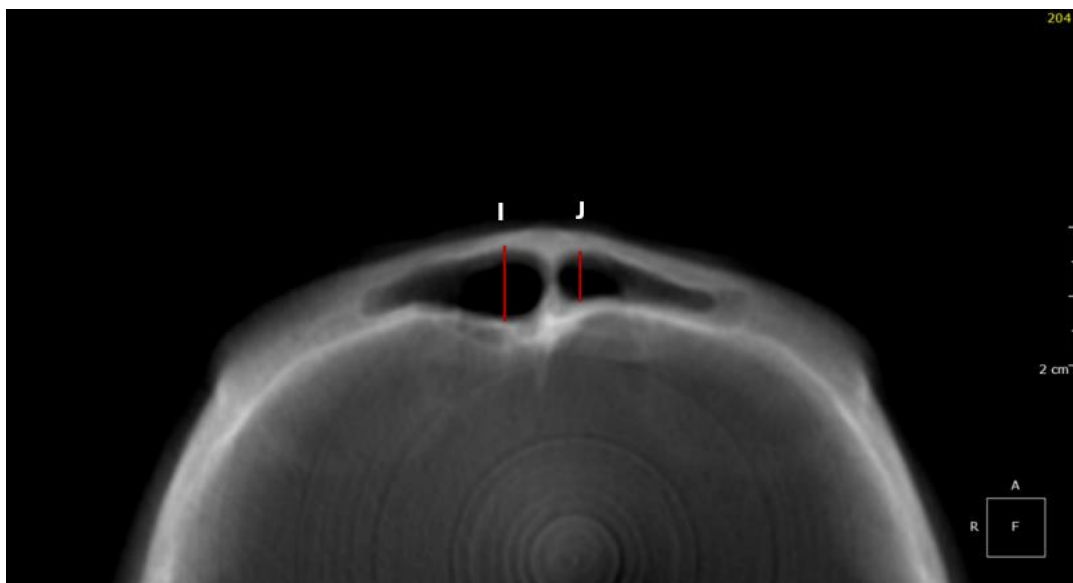
Source: Own elaboration

Fig. 2- Frontal sinuses visualized in coronal section. E: distance between the highest points of the sinuses (distance 1); F: distance between the highest point of the right sinus and its maximum lateral limit (distance 2); G: distance between the highest point of the left sinus and its maximum lateral limit (distance 3); H: total width of the sinuses.



Source: Own elaboration

Fig. 3- Frontal sinuses visualized in axial section: anteroposterior length of the right sinus; I: anteroposterior (AP) length of the right sinus J: AP length of the left sinus.



Source: Own elaboration

Table 1- Distribution of the results of the FS morphometric evaluations concerning sex.

Metric Characteristics	Sex				Total group (N=800)		p Value
	Male (N=400)		Female (N=400)		Median	interquartile range	
	Median	Interquartile range	Median	(interquartile range)			
MH of Right FS	32.13	55.98	27.38	54.52	29.73	58.95	< 0.001*
MH of Left FS	31.52	58.00	28.67	75.88	30.20	75.88	< 0.001*
MW of Right FS	31.86	75.73	26.33	66.94	29.17	78.37	< 0.001*
MW of Left FS	32.97	60.12	29.31	58.66	31.26	62.84	< 0.001*
AP Length of Right FS	10.37	26.02	6.68	18.24	8.37	26.83	< 0.001*
AP Length of Left FS	10.40	24.46	7.39	15.53	8.69	24.80	< 0.001*
Distance 1	18.20	45.04	17.20	45.53	17.60	47.17	0.052
Distance 2	21.30	57.29	18.08	52.38	19.56	57.29	< 0.001*
Distance 3	21.25	48.46	17.91	43.80	19.66	50.90	< 0.001*
Total Width of FS	62.17	93.57	52.53	90.08	57.87	99.80	< 0.001*
FSI	3.10	6.75	4.10	8.21	3.55	9.08	< 0.001*

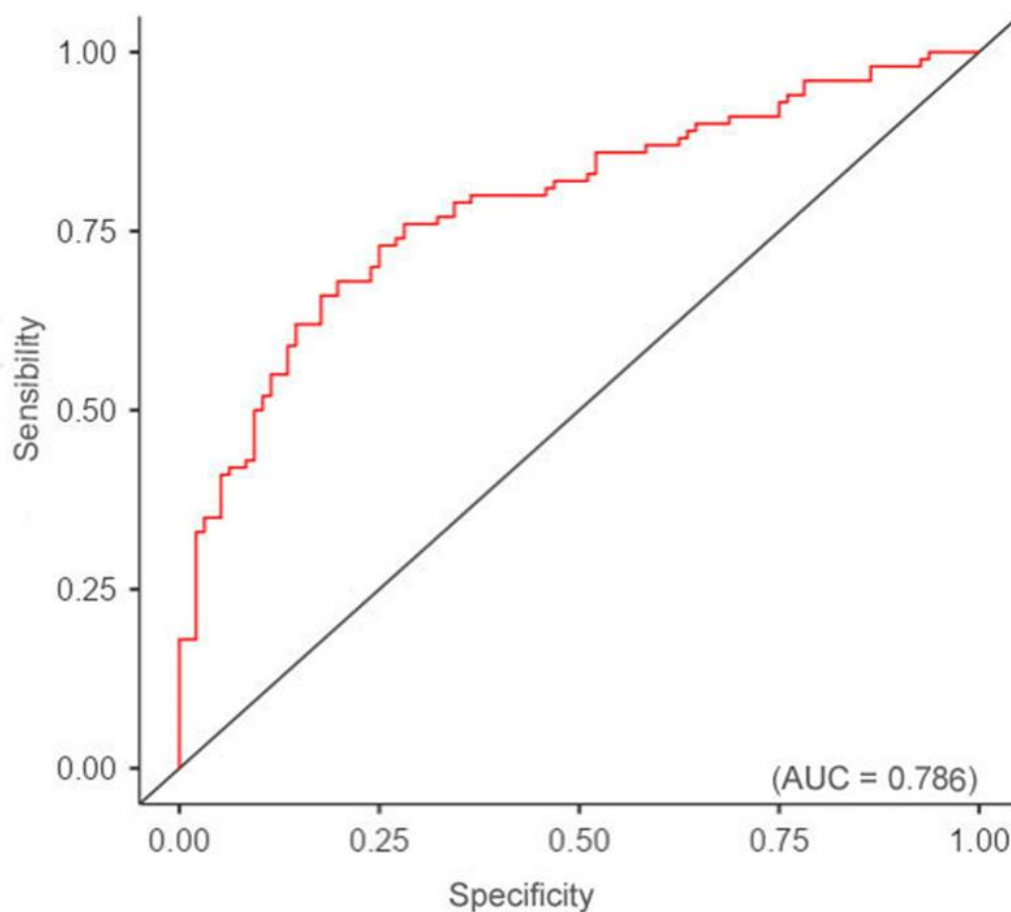
Mann-Whitney Test.

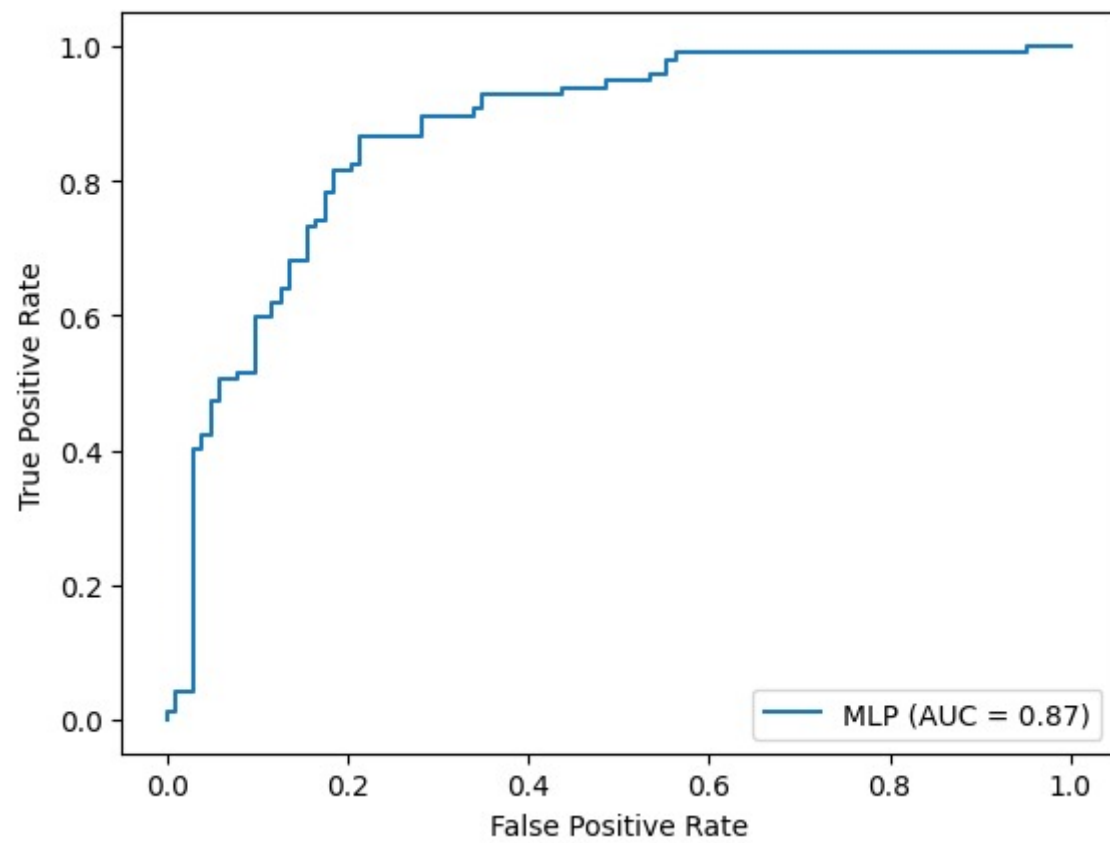
*Significant difference at 5%.

Table 2- Distribution of logistic regression results for establishing the discriminating function of sex.

Variable	Coefficient	Standard error	OR ^a (CI) ^b	p Value
Constant	-4.040	0.393	0.18	< 0.001*
Height Average	- 0.057	0.017	0.944 (0.913 – 0.977)	0.001*
AP Length Average	0.552	0.046	1.736 (1.585- 1.901)	< 0.001*
Total Width	0.017	0.010	1.017 (0.998 - 1.037)	0.083

Significance at 5%. a: Odds Ratio; b Confidence Interval at 95%.

**Graph 1-** ROC curve of the regression model of the frontal sinus in the estimation of sex with test sample.



Graph 2- ROC curve of the model proposed by the artificial neural network of the frontal sinus in sex estimation.

Table 3- Confusion matrix resulting from the regression model with test sample.

Sex Predicted	Sex		Total
	Female	Male	
Female	73	27	100
Male	27	73	100
total	100	100	200

* The male sample was considered positive, and the female sample was negative.

Table 4- Confusion matrix resulting from the neural network model with test sample.

Sex Predicted	Sex		Total
	Female	Male	
Female	81	22	103
Male	15	82	97
total	96	104	200

* The male sample was considered positive, and the female sample was negative.

Table 5- Parameters evaluated of regression model and neural network obtained with test sample.

Parameters evaluated	Regression model (%)	Neural network (%)
Accuracy	73.00	81.50
Specificity	73.00	78.64
Sensibility	73.00	78.85
Recall	50.00	50.31
Precision	73.00	84.54
F1-score	59.35	63.08
Positive predictive	73.00	84.54
Negative predictive	73.00	78.64

REFERÊNCIAS

- AKHLAGHI, M.; BAKHTAVAR, K.; MOAREFDOOST, J.; KAMALI, A.; RAFEIFAR, S. Frontal sinus parameters in computed tomography and sex determination. **Leg Med.** Tokyo, v. 19, p. 22-27, 2016.
- ALEKSANDER, I.; MORTON, H. **An introduction to neural computing.** International Thomson Computer Press, 1995.
- ALMEIDA PRADO, P.S. et al. Frontal sinus as an identity and sex indicator. **Morphologie**, v. 105, n. 351, 2021.
- ALVES, C.P.; COSTA, C.; MICHEL-CROSATO, E.M. Use of the frontal sinus to evaluate sexual dimorphism in a Brazilian sample. **Forensic Imaging**, v.33, 2023. Article: 33:200548.
- ANYANWU, G. E.; EZEFOR, S. N.; OBIKILI, E. N.; UGBOR, E. V. Morphometric Evaluation of Frontal and Maxillary Sinuses and Bizygomatic Distance of Igbos In South-East and Ogonis in South-South Nigeria Using Computerized Tomography Scan. **Journal of Advances in Medicine and Medical Research**, v.33, n.19, p. 198–208, 2021.
- ARIJI, Y. et al. Automatic detection and classification of radiolucent lesions in the mandible on panoramic radiographs using a deep learning object detection technique. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology**, v. 128, n. 4, p. 424-430, 2019.
- BELALDAVAR, C. et al. Assessment of frontal sinus dimensions to determine sexual dimorphism among Indian adults. **Journal of Forensic Dental Sciences**, v. 6, n. 1, p. 25–30, 2014.
- BIRDAL, R.G.; GUMUS, E.; SERTBAS, A.; BIRDAL, I.S. Automated lesion in panoramic dental radiographs. **Oral Radiology**, v. 32, n. 2, p. 111-118, 2016.
- BISHOP, C.M. **Pattern recognition and machine learning.** [S.l]: Springer, 2006.
- BUYUK, S.K.; KARAMAN, A.; YASA, Y. Association between frontal sinus morphology and craniofacial parameters: A forensic view. **J Forensic Leg Med**, v. 49, p. 20-23, 2017.
- CARVALHO, S.P.M.; SILVA, R.H.A.; LÓPES JÚNIOR, C.; PERES, A.S. A utilização de imagens na identificação humana em Odontologia legal. **Radiol Brasileira**, v. 20, p. 356-360, 2009.
- CHOI, I.G.G. et al. The Frontal Sinus Cavity Exhibits Sexual Dimorphism in 3D Cone-beam CT Images and can be Used for Sex Determination. **J Forensic Sci**, v. 63, n. 3, p. 692-698, 2018.
- ELBESHLAWY, D.M.; HELALY, Y.R. Frontal sinus index for sex estimation: Is it possible? **Forensic Imaging**, v. 23, 2020.

FRANKLIN, D. et al. Estimation of sex from sternal measurements in a Western Australian population. **Forensic Sci Int**, v. 217, n. 1-3, p. 231-235, 2012.

GARIB, D.G.; RAYMUNDO JÚNIOR, R.; RAYMUNDO, M.V.; RAYMUNDO, D.V.; FERREIRA, S.B. Tomografia computadorizada de feixe cônico (cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia. **Revista Dental Press Ortodontia Ortopedia Facial**, v.12, n. 2, p. 139-156, 2007.

HAYKIN, S.S. et al. **Neural networks and learning machines**/Simon Haykin [S.I]: New York: Prentice Hall, 2009.

HEMANTHAKUMAR, S.; SARASWATHI GOPAL, K.; MAHESH KUMAR, P. Assessment of sexual dimorphism using 3D CBCT image data among Indians. **Bioinformation**, v. 18, n. 3, p. 231–238, 2022.

IBRAHIM, M.A. et al. Comparative study of the reliability of frontal and maxillary sinuses in sex identification using multidetector computed tomography among Egyptians. **Forensic Imaging**, v. 22, 2020.

KHANPETCH, P. et al. Determination of sex from the metacarpals in a Thai population, **Forensic Science International**, v. 217, n. 1–3, p. 229.e1- 229.e8, 2012.

KIRAN, C. S.; RAMASWAMY, P.; KHAITAN, T. Frontal sinus index – A new tool for sex determination. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, v. 2, n. 2, p. 77-79, Apr. 2014.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. **Nature**, **Nature Publishing Group**, v. 521, n. 7553, p. 436, 2015.

LUO, H., WANG, J., ZHANG, S., MI, C. The application of frontal sinus index and frontal sinus area in sex estimation based on lateral cephalograms among Han nationality adults in Xinjiang. **J Forensic Leg Med.**, v.56, p. 1-4, 2018. PMID: 29525579.

MADEIRA, M.C. **Anatomia da face – Bases anatomofuncionais para a prática odontológica**. 5ª ed. São Paulo: Sarvier, 2004.

MENDONÇA, D.S. Development and validation of a new formula for sex estimation based on multislice computed tomographic measurements of maxillary and frontal sinuses among Brazilian adults. **Dentomaxillofacial Radiology**, v.50, n.6, 2021, Article 20200490.

MOORE, K.; DALLEY, A.F. Anatomia orientada para a clínica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

MOORE, K.; ROSS, A. Frontal Sinus Development and Juvenile Age estimation. **Anat Rec**, v. 300, p. 1609-17, 2017.

MOHAMMAD, N. et al. Applications of contemporary artificial intelligence technology in forensic odontology as primary forensic identifier: A scoping review. **Front Artif Intell.**, v. 6, n.5, 2022. Article:1049584.

MOTAWEL, S.M. et al. Assessment of frontal sinus dimensions using CBCT to determine sexual dimorphism amongst Egyptian population. **Journal of Forensic Radiology and Imaging**, v.6, p.8–13, 2016.

POEDJASTOETI, W.; SUEBNUKARN, S. Application of convolutional neural network in the diagnosis of jaw tumors. **Healthcare informatics research**, v. 24, n. 3, p. 236-241, 2018.

PUTRA R.H., et al. Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography. **Dentomaxillofac Radiol**, v.51, n.1, 2022. PMID: 34233515; PMCID: PMC8693331.

RABELO, K. A. et al. Human identification by FSS system adapted to cephalometric radiographs. **Forensic Science International**, v. 262, p. 227-232, maio 2016.

RONNEBERGER, O.; FISHER, P.; BROX, T. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In: SPRINGER. **Lecture Notes in Computer Science Medical Image Computing and Computer- Assisted Intervention – MICCAI 2015**, p. 234-241, 2015.

SILVA, R. F. et al. The forensic importance of frontal sinus radiographs. **Forensic and Legal Medicine**, v. 16, p. 18-23, 2009.

SILVA, G., OLIVEIRA, L., PITHON, M. Automatic segmenting teeth in X-ray images: Trends, a novel data set, benchmarking and future perspectives. **Expert Systems With Applications**, v. 107, p. 15-31, 2018.

SING, P.K.; PAUDEL, R.C.; MENEZES, R.G. Predictability of Sex from Frontal Sinus in Nepalese Population. **Kathmandu Univ Med J.**, v.73, n.1, p. 96-101, 2021.

SOARES, C.B. et al. Human identification study by means of frontal sinus imaginological aspects. **Forensic Sci Int.**, v. 262, p. 183-189, 2016. PMID: 27044030.

TATLISUMAK, E.; OVALI, G.Y.; ASLAN, A.; ASIRDIZER, M.; ZEYFEOGLU, Y.; TARHAN, S. Identification of unknown bodies by using CT images of frontal sinus. **Forensic Sci Int**, v. 26, p. 42-48, 2007.

TATLISUMAK, E.; OVALI, G.Y.; ASIRDIZER, M.; ASLAN, A.; OZYURT, B.; BAYINDIR, P.; TARHAN, S. CT study on morphometry of frontal sinus. **Clinical Anatomy**, v. 21, p. 287-293, 2008.

TONEVA, D.H. et al. Data mining for sex estimation based on cranial measurements. **Forensic Science International**, v. 315, 2020, Article 11044.

UTHMAN, A.T. et al. Evaluation of frontal sinus and skull measurements using spiral CT scanning: An Aid in unknown person identification. **Forensic Science International**, v. 197, p. 124.e1 - 124.e7, 2010.

VALIZADEH, S. et al. Designing of a Computer Software for Detection of Approximal Caries in Posterior Teeth. **Iranian Journal of Radiology**, v. 12, n. 4, 2015.

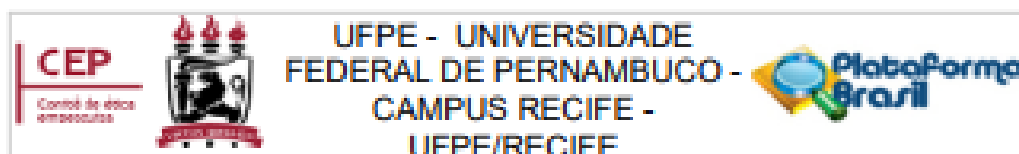
WOOD, R.E. Forensic aspects of maxillofacial radiology. **Forensic Science International**, v. 159S, p. S47-S55, 2006.

WORMALD, P.J. Three-dimensional building block approach to understanding the anatomy of the frontal recess and frontal sinus. **Oper Tech Otolaryngol - Head Neck Surg**, v. 17, p. 2-5, 2006.

ZULKIFLEE, N.D.I et al. Sexual Dimorphism of Frontal Sinus: A 2-Dimensional Geometric Morphometric Analysis on Lateral Skull Radiographs. **Forensic Imaging**, v. 29, 2022, Article 200506.

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, 2022.

ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DA ANATOMIA DO SEIO FRONTAL EM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA NA DETERMINAÇÃO DO DIMORFISMO SEXUAL POR HUMANOS E PELA REDE NEURAL

Pesquisador: Julyana de Araújo Oliveira

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 58438622.4.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.491.678

Apresentação do Projeto:

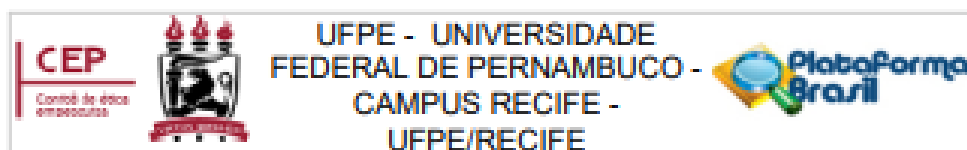
Trata-se de um projeto de pesquisa que tem a finalidade de ser a Tese de Doutorado de Julyana de Araújo Oliveira que tem como orientadora a Profa. Dra. Maria Luiza dos Anjos, ambas pertencentes ao programa de pós-graduação em Odontologia da UFPE, estas buscarão investigar o desenvolvimento de redes neurais profundas para determinação do sexo em tomografias computadorizadas de feixe cônico para pode ser utilizado com grau satisfatório de confiabilidade em uma população brasileira. Trata-se de uma pesquisa com fonte de dados secundários, que serão utilizadas imagens de seios frontais obtidas por meio de tomografia computadorizada multislice. A coleta dos dados tem início previsto para agosto/2022, as imagens serão avaliadas Clínica de Radiologia no Departamento de Clínica e Odontologia Preventiva da Universidade Federal de Pernambuco- UFPE e estas serão cedidas por uma clínica radiológica particular da cidade de Recife-Pe.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral:

Avaliar a eficácia da determinação do sexo por meio da avaliação do seio frontal em Tomografia Computadorizada e avaliar a aplicabilidade dessas análises no desenvolvimento de uma rede neural artificial.

Endereço: Av. das Engenheiras, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-900
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** caphumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 5.491.676

Objetivos específicos:

Avaliar a aplicabilidade dos seios frontais para a estimativa do sexo em uma amostra de imagens tomográficas brasileira; Construir uma rede neural profunda que automatize a estimativa de sexo na população brasileira; Comparar a eficácia da rede neural com a análise direta do examinador quanto ao exame tomográfico.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios da pesquisa estão claros e a pesquisadora se compromete em resguardar anonimato do banco de dados das imagens tomográficas.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um estudo de banco de dados secundários, do tipo quantitativo. Os locais da pesquisa: Clínica de Radiologia no Departamento de Clínica e Odontologia Preventiva da Universidade Federal de Pernambuco- UFPE. O Universo será composto por 3000 imagens de tomografias multislíce de um arquivo de exames de pacientes atendidos num serviço privado de Radiologia Odontológica da cidade de Recife-PE, no período de janeiro de 2015 à março de 2022, catalogadas quanto ao sexo e idade. As imagens tomográficas serão transferidas para HD externo do pesquisador, depois serão selecionadas 20 para a realização de um estudo piloto. As imagens serão avaliadas duas vezes, por 2 examinadores, num intervalo de duas semanas, a fim de verificar aspectos de confiabilidade do exame. Os examinadores classificarão cada seio frontal de acordo com as características estabelecidos por Tatlisumak (2007). Para construção do banco de imagens destinado ao treinamento das redes neurais profundas, a imagem será codificada quanto ao sexo, e o seio frontal presente na imagem será recortado a fim de diminuir a área objeto de estudo da imagem.

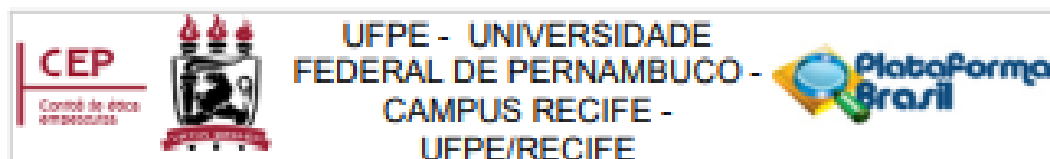
Para tal, o pesquisador fará uso do software Adobe® Photoshop, versão 6.0, dessa forma, os recortes terão dimensões de 500 x 500 pixels (altura x largura), resolução de 300 pixels por polegada, no modo tons de cinza e conteúdo branco. Essas configurações serão capazes de incorporar o seio frontal em toda a extensão. As etapas posteriores à formação do banco de imagens incluem a construção de modelos de redes neurais profundas a partir de modelos matemáticos que simulem o comportamento do neurônio biológico ou perceptron.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A pesquisadora responsável anexou os seguintes documentos:

1- Folha de rosto.

Endereço: Av. das Engenheiras, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cep@ufpe.br



Continuação do Parecer: 5.491.676

- 2- Curriculum dos Pesquisadores;
- 3- Projeto de pesquisa detalhado;
- 4- Declaração de vínculo com a Pós-graduação em Odontologia;
- 5- Termo de compromisso e confidencialidade;
- 6- Carta de anuência e autorização do uso de dados das tomografias computadorizadas clínica Radiológica Boris Berenstein;
- 7- Dispensa de TCLE.
- 8- Carta de anuência da Clínica de Radiologia no Departamento de Clínica e Odontologia Preventiva da Universidade Federal de Pernambuco- UFPE, local onde as imagens serão avaliadas.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto apresentado atende aos requisitos éticos para a sua execução, e poderá ser iniciado. Lembrando a pesquisadora que ao final da pesquisa deve-se enviar um relatório final ao CEP, seguindo o modelo disponível na página do CEP/UFPE.

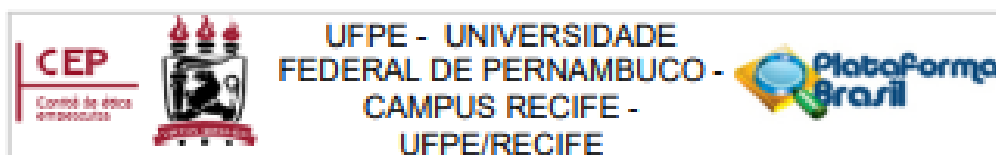
Considerações Finais a critério do CEP:

O Protocolo foi avaliado na reunião do CEP e está **APROVADO**, com autorização para iniciar a coleta de dados. Conforme as instruções do Sistema CEP/CONEP, ao término desta pesquisa, o pesquisador tem o dever e a responsabilidade de garantir uma devolutiva acessível e compreensível acerca dos resultados encontrados por meio da coleta de dados a todos os voluntários que participaram deste estudo, uma vez que esses indivíduos têm o direito de tomar conhecimento sobre a aplicabilidade e o desfecho da pesquisa da qual participaram.

Informamos que a aprovação definitiva do projeto só será dada após o envio da NOTIFICAÇÃO COM O RELATÓRIO FINAL da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final disponível em www.ufpe.br/cep para enviá-lo via Notificação de Relatório Final, pela Plataforma Brasil. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado. Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada com a devida justificativa.

Endereço: Av. das Engenheiras, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Cidade: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 5.491.676

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES BÁSICAS DO PROJETO_1937081.pdf	24/05/2022 12:29:47		Aceito
Outros	Carta_Anuencia_Clinica_Radiologia_UFPE.pdf	24/05/2022 12:29:16	Julyana de Araújo Oliveira	Aceito
Outros	Carta_Resposta_Pendencias_Segunda_Versão.pdf	24/05/2022 12:27:46	Julyana de Araújo Oliveira	Aceito
Outros	LattesMariaLuizaPontualParteDois.pdf	04/05/2022 01:29:30	Julyana de Araújo Oliveira	Aceito
Outros	LattesMariaLuizaPontualParteUm.pdf	04/05/2022 01:28:27	Julyana de Araújo Oliveira	Aceito
Outros	LattesNataliaBorella.pdf	04/05/2022 00:51:36	Julyana de Araújo Oliveira	Aceito
Outros	LattesJulyanaOliveira.pdf	04/05/2022 00:51:13	Julyana de Araújo Oliveira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoSeiosFrontaisDetalhado.docx	04/05/2022 00:49:44	Julyana de Araújo Oliveira	Aceito
Outros	TermodeCompromissoConfidencialidade.pdf	04/05/2022 00:45:34	Julyana de Araújo Oliveira	Aceito
Outros	AutorizacaoUsoDados.pdf	04/05/2022 00:44:30	Julyana de Araújo Oliveira	Aceito
Outros	CartadeAnuencia.pdf	04/05/2022 00:43:46	Julyana de Araújo Oliveira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	SolicitacaoDispensaTCLE.pdf	04/05/2022 00:42:17	Julyana de Araújo Oliveira	Aceito
Folha de Rosto	FolhadRostoAssinada.pdf	04/05/2022 00:41:32	Julyana de Araújo Oliveira	Aceito

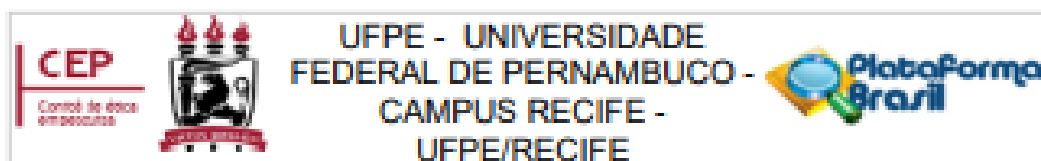
Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. das Engenheiras, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600
 UF: PE Município: RECIFE
 Telefone: (81)2126-8588 Fax: (81)2126-3163 E-mail: caphumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: S491.678

RECIFE, 27 de Junho de 2022

Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
 (Coordenador(a))

Endereço: Av. das Engenheiras, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3153 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br