

## Estimativa do sexo biológico pela base do crânio: avaliação dos cêndilos occipitais, do processo mastoide e do forame magno

L.S. Bordoni <sup>a,b,c,d\*</sup>, D.H. Rios <sup>b</sup>, I.N.A. Barbosa <sup>b</sup>, M.L.N.S. Barbosa <sup>b</sup>, T.A. Werneck <sup>b</sup>,  
P.H.C. Bordoni <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto Médico Legal André Roquette (IMLAR), Polícia Civil do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brasil

<sup>b</sup> Faculdade da Saúde e Ecologia Humana (FASEH), Vespasiano (MG), Brasil

<sup>c</sup> Escola de Medicina, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto (MG), Brasil

<sup>d</sup> Faculdade de Medicina de Barbacena (FAME-FUNJOB), Barbacena (MG), Brasil

\*Endereço de e-mail para correspondência: [leonardosantobordoni@gmail.com](mailto:leonardosantobordoni@gmail.com) Tel.: +55-31-3379-5066.

Recebido em 01/04/2020; Revisado em 24/11/2020; Aceito em 22/07/2021

---

### Resumo

O exame antropológico forense, geralmente realizado em cadáveres desconhecidos, tem como etapa importante a estimativa do sexo biológico (ESB). Nesta estimativa podem ser utilizadas estruturas anatômicas localizadas na base do crânio como os cêndilos occipitais (CO), os processos mastoideos (PM) e o forame magno (FM). Entretanto, trabalhos envolvendo estas estruturas mostraram heterogeneidade em sua aplicação prática devido aos graus diferentes de dimorfismo sexual em populações distintas e às variabilidades craniométricas em uma mesma população. Portanto, o presente estudo buscou aplicar diferentes metodologias existentes sobre o tema, além de buscar mais elementos para subsidiar a ESB pela análise dos CO, dos PM e do FM. Foi realizado um estudo transversal com medidas da base craniana de 114 crânios secos periciados no Instituto Médico Legal André Roquette (IMLAR), buscando correlacionar medidas desta região com a ESB. As medidas dos CO, o comprimento anteroposterior do FM, as áreas do FM e do triângulo mastoideo foram maiores nos homens. Para as medidas do PM, somente a largura não foi significativamente associada ao sexo. O Índice de Baudoin não mostrou associação com o sexo, mas apresentou importante correlação negativa com a idade. Com a avaliação simultânea de três diferentes estruturas da base craniana (o comprimento do CO direito e as dimensões *asterion-porion* e *porion-mastoidale* do PM direito) foi possível a elaboração de uma equação com boa capacidade preditiva para a ESB. Esta equação é mais um instrumento para auxiliar o exame antropológico em nosso meio.

*Palavras-chave:* Crânio; Estimativa do Sexo; Antropologia Forense; Medicina Legal.

---

### Abstract

Forensic anthropological analysis, usually performed on unknown cadavers, has an important step in estimating biological sex (EBS). Structures located at the base of the skull, such as the occipital condyles (OC), the mastoid processes (MP) and the foramen magnum (FM), are important in this estimate. However, studies carried out with these structures showed heterogeneity in their practical application due to the different degrees of sexual dimorphism in different populations and the craniometric variability in the same population. Therefore, the present study sought to standardize the different existing methodologies with this theme, in addition to seeking more elements for the EBS through the analysis of OC, MP and FM. A cross-sectional study was carried out with measurements of the skull base of 114 dry skulls examined at the IMLAR, seeking to correlate measurements from this region with the EBS. The OC measurements, the anteroposterior length of the FM, the areas of the FM and the mastoid triangle were greater in men. For MP measurements, only width was not significantly associated with sex. The Baudoin Index did not show any association with sex, but it did show an important negative correlation with age. With the simultaneous assessment of three different structures of the cranial base (the length of the right OC and the dimensions of the right MP *asterion-porion* and *porion-mastoidale*), it was possible to develop an equation with good predictive ability for EBS. This equation is another instrument to assist anthropological examination in our country.

*Keywords:* Skull; Sex Estimation; Forensic Anthropology; Legal Medicine.

---

## 1. INTRODUÇÃO

A antropologia forense (AF) é o ramo da antropologia física que lida com as perícias criminais de ossadas, segmentos corporais e cadáveres carbonizados ou em avançado estado de decomposição [1]. Como geralmente o exame antropológico forense se dá em cadáveres desconhecidos, um ponto essencial nestas perícias é a estimativa do sexo biológico (ESB), que tem como elementos de maior precisão técnica o exame conjunto dos ossos do quadril, do crânio e da região proximal dos membros [1-3]. A pelve apresenta o maior grau de dimorfismo sexual, seguida pelos elementos ósseos pós cranianos, vindo o crânio em terceiro lugar [4]. Como nem sempre todos estes elementos estão presentes no material a ser examinado, é importante o estudo de partes isoladas que auxiliem na ESB [1,2].

Para a ESB utilizando o crânio destacam-se as estruturas anatômicas localizadas em sua base e na face [2-7]. São de particular interesse algumas estruturas dos ossos temporais e do occipital, como os côndilos occipitais (CO), os processos mastoideos (PM) e o forame magno (FM). Estas estruturas, além de apresentarem potencial dimorfismo sexual, estão em áreas de maior densidade óssea, sendo mais resistentes a processos tafonômicos e à carbonização [3-7].

Estudos utilizando diferentes estruturas anatômicas da base craniana na ESB indicaram heterogeneidade em sua aplicação, sendo que populações distintas tendem a apresentar graus diferenciados de dimorfismo sexual [7-10]. A miscigenação étnica também está relacionada a variabilidades craniométricas em uma mesma população [11]. Além disso, a base do crânio também pode apresentar modificações morfológicas ao longo do envelhecimento, como também ocorre em outras áreas cranianas. Apesar disso, as potenciais alterações etárias nas medidas cranianas foram pouco exploradas nos estudos que utilizaram a base craniana na ESB [3-7]. Ressalta-se que os pontos de referência utilizados nas medidas em estudos diversos não foram padronizados da mesma forma, o que dificulta a análise comparativa de diferentes métodos [6-11].

As diferentes metodologias com este tema devem ser aplicadas e validadas regionalmente, com dados das populações onde serão efetivamente aplicadas [1-3]. Tendo em vista a importância da ESB para a AF, bem como a alta miscigenação da população brasileira, este estudo busca produzir elementos para a ESB pela análise dos CO, dos PM e do FM com potencial aplicação prática em nosso meio.

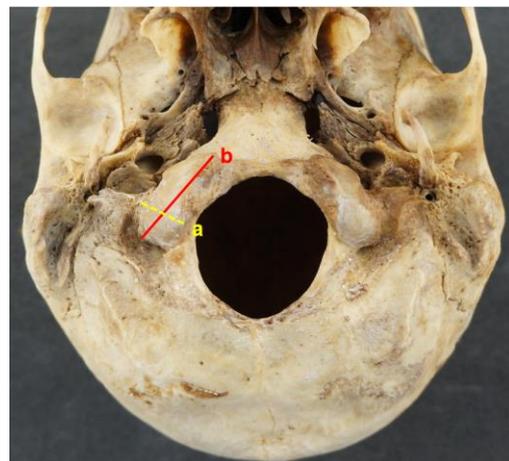
## 2. MÉTODOS

Foi realizado um estudo transversal com medidas da base craniana de crânios secos periciados no Setor de Antropologia Forense (SAF) do Instituto Médico Legal André Roquette (IMLAR), localizado em Belo Horizonte. Este SAF é a referência para todos os casos com interesse antropológico criminal no estado de Minas Gerais (MG) [12]. Foram estudados apenas crânios secos com idades estimadas como superiores a doze anos e com base íntegra, nos quais foi possível a ESB. Portanto, não foram utilizados os crânios fetais ou infantis, os recobertos por tecidos moles ou os que apresentavam lesões em sua base ou anomalias ósseas que prejudicassem a aferição das medidas avaliadas. Os crânios com lesões parciais que ainda permitissem a obtenção de parte das medidas estudadas foram incluídos no estudo.

Nas perícias do SAF são realizadas as estimativas do sexo biológico, da idade óssea, da estatura e da ancestralidade, utilizando os parâmetros técnicos disponíveis [1-3]. Essas estimativas constavam nos respectivos laudos médico-legais dos corpos examinados e foram consideradas nas análises das medidas das estruturas anatômicas cranianas estudadas.

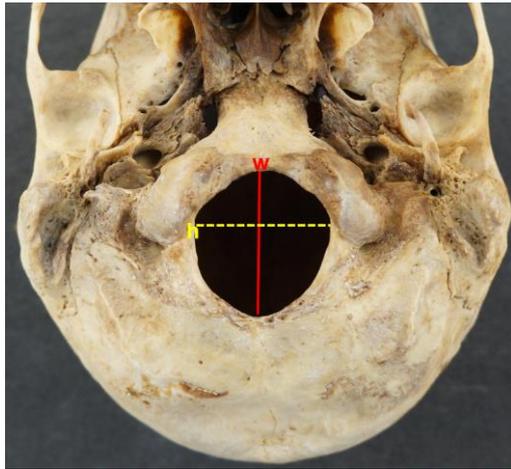
As medidas realizadas foram:

- No osso occipital: a largura máxima e o comprimento máximo do CO [5] e os comprimentos máximos anteroposterior e transversal do FM [11] (Fig. 1 e 2). O comprimento máximo anteroposterior do FM é a distância entre os pontos craniométricos *basion* e *opisthion*. O primeiro é a intersecção entre a margem anterior do FM e o plano mediano. O segundo é o ponto de intersecção deste plano com a margem posterior do FM. Já o comprimento máximo transversal é a distância entre a margem lateral do FM e sua maior curvatura lateral.

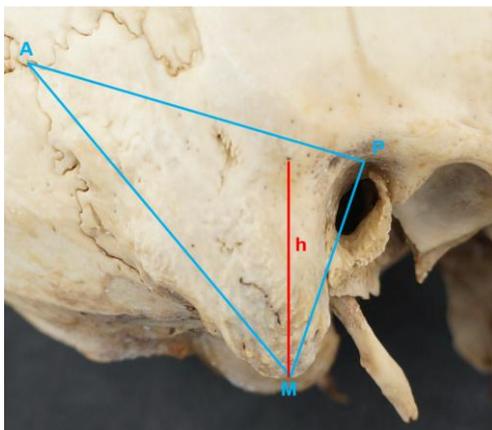


**Figura 1.** Vista inferior da base do crânio, demonstrando as medidas utilizadas no côndilo direito. A linha tracejada amarela delimita a largura máxima (a) e a linha contínua vermelha representa o comprimento máximo (b).

- Nos ossos temporais: a largura máxima do PM (distância compreendida entre os pontos mais posteriores do meato acústico externo e da incisura mastoidea), a altura máxima do PM (distância entre o ponto craniométrico *mastoidale* (M) e o *porion* (P), medida no mesmo plano coronal), a distância máxima entre os pontos *porion* e *mastoidale*, a distância máxima entre os pontos *porion* e *asterion* (A), a distância máxima entre os pontos *asterion* e *mastoidale* [7,8,13]. Estes pontos, as linhas entre eles e o triângulo formado pela junção destas podem ser vistas na Fig. 3 [13].



**Figura 2.** Vista inferior da base do crânio, demonstrando as medidas utilizadas no forame magno. A linha tracejada amarela delimita o comprimento máximo transversal (h) e a linha contínua vermelha representa o comprimento máximo anteroposterior (w).



**Figura 3.** Vista lateral do processo mastoide direito. O Trígono mastoideo foi delimitado em azul por linhas que unem os pontos craniométricos *Porion* (P), *Asterion* (A) e *Mastoidale* (M). A altura do processo mastoide está representada pela linha vermelha (h).

Também foi verificada a presença ou a ausência da sutura occipital transversa e de ossos suturais, com exceção ao osso do Inca, nas suturas coronal, sagital e lambdóidea.

As medidas dos CO, dos PM e do FM foram realizadas diretamente nos crânios com um paquímetro digital de 200mm/8" da marca Zaas®. Os PM e os CO foram medidos

bilateralmente, quando não havia lesões unilaterais nos mesmos. Todas as medidas foram realizadas por um único examinador de maneira cega em relação a identificação ou perfil biológico do crânio a ser medido. Entre cada uma das medidas o paquímetro foi zerado. Nas medidas bilaterais, o lado direito foi medido antes do esquerdo. Ressalta-se que a identificação dos indivíduos avaliados não estava disponível em todos os casos, tendo o sexo biológico sido estimado mediante avaliação antropológica de rotina (avaliação conjunta de todos os elementos ósseos disponíveis).

Foi calculado o Índice de Baudoin pela largura máxima do CO multiplicada por cem e dividida por seu comprimento máximo, ambos em milímetros [5].

Para o triângulo mastoideo foi obtida a somatória das áreas triangulares bilaterais formadas pela projeção dos pontos craniométricos *porion*, *asterion* e *mastoidale*, por meio da fórmula de Heron, como na Eq. 1 [13]:

$$|A = \sqrt{p \cdot (p - a) \cdot (p - b) \cdot (p - c)} \quad (1)$$

Onde a, b, c representam as medidas dos lados do triângulo e p é o índice obtido pela Eq. 2:

$$|p = \frac{(a+b+c)}{2} \quad (2)$$

Também foi utilizada a fórmula de Pitágoras para a avaliação do triângulo mastoideo, com a altura determinada pelo examinador a partir dos lados obtidos nas medidas, de acordo com a Eq. 3.

$$|A = \frac{(B \cdot h)}{2} \quad (3)$$

Onde B e h representam a largura e a altura do processo mastoideo, respectivamente.

Para mensurar a área do FM foram utilizados seus maiores comprimentos anteroposterior (h) e transversal (w), pelas fórmulas [11]:

Fórmula de Radinsky (Eq. 4):

$$|A = \frac{1}{4} (\pi \times w \times h) \quad (4)$$

Fórmula de Teixeira (Eq. 5):

$$|A = \pi \times \left\{ \frac{(h+w)}{4} \right\}^2 \quad |A = \pi \times \left\{ \frac{(h+w)}{4} \right\}^2 \quad (5)$$

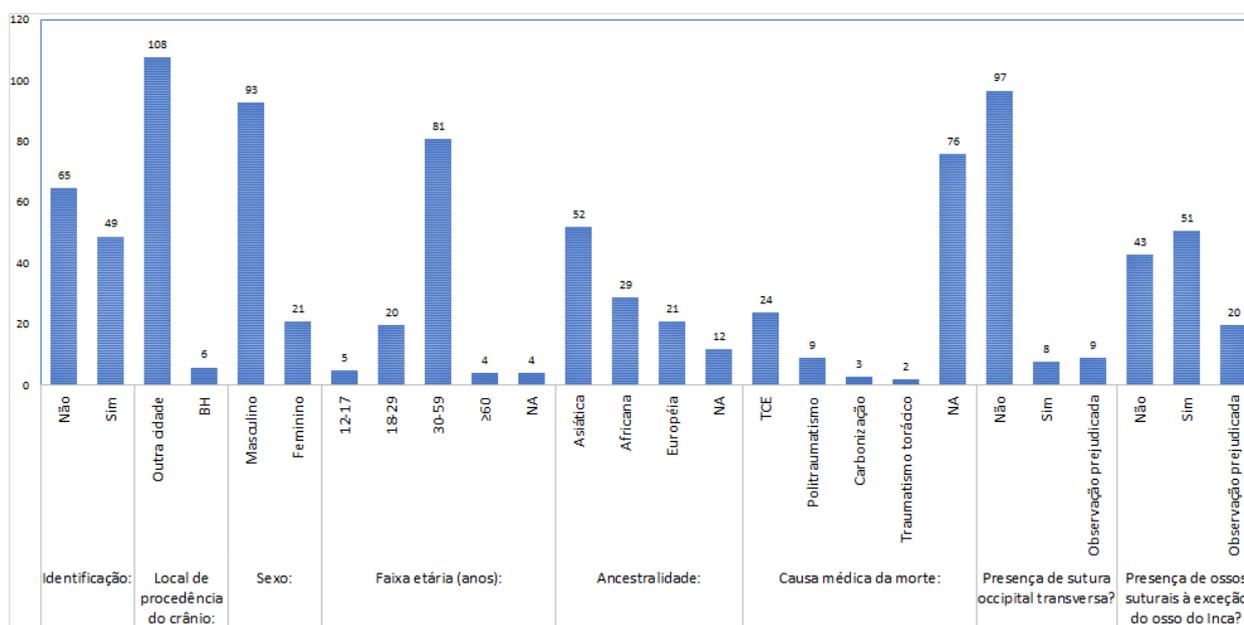
A associação entre as métricas e índices cranianos com a idade dos periciados foi avaliada por meio de regressão linear simples e cálculo do coeficiente de correlação (r) [14]. Foram realizadas análises univariadas e testes de hipóteses estatísticas bilaterais, considerando um nível de significância de 5% ( $\alpha = 0.05$ ). Foram utilizados os testes de qui-quadrado de Pearson e não paramétrico de Mann-Whitney, e a análise multivariada por meio de regressão

logística, tendo sido selecionadas as variáveis que compuseram o modelo por meio da análise univariada (valor- $p \leq 0,25$ ). Para a seleção dos fatores independentes foram aplicados métodos de regressão logística com seleção automática de variáveis ou *Forward Stepwise* mediante três metodologias: *Forward Stepwise Wald*, *Conditional Forward Stepwise* e *Forward Stepwise LR* [14]. A aplicabilidade do modelo de regressão logística foi avaliada pela curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) [14].

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade da Saúde e Ecologia Humana (FASEH) sob o número CAAE 94946418.1.0000.5101.

### 3. RESULTADOS

Foram avaliados 114 crânios. Em 43% dos casos houve a identificação médico-legal e nos demais 65 periciados o perfil biológico foi feito pelos peritos responsáveis com base na avaliação conjunta de todos os elementos ósseos disponíveis. Predominaram indivíduos do sexo masculino (82%), com faixa etária entre 30 e 59 anos (71%), com ancestralidade asiática (46%) e com traumatismo crânio-encefálico como causa da morte (quando foi possível determiná-la). Não havia sutura occipital transversa na maioria dos casos (85%) e foram observados ossos suturais em 45% dos crânios examinados (Fig. 4). Nos casos onde havia ossos suturais, à exceção do osso do Inca, a maior parte (49%) se encontrava na sutura lambdóidea.



**Figura 4.** Características gerais das perícias e dos periciados. BH = Belo Horizonte / TCE = traumatismo crânio-encefálico / NA= dado indisponível).

Quanto às medidas realizadas e os índices calculados, percebeu-se alto grau de homogeneidade e baixa variabilidade, com médias e medianas similares (Tab. 1).

A associação entre idade estimada (em anos) e as métricas do crânio mostraram que, com exceção do Índice de Baudoin, as outras medidas apresentaram correlação nula, fraca ou apenas moderada (coeficientes abaixo de 0,75 ou acima de -0,75) (Tab. 2). O coeficiente de correlação de -0,91 encontrado para o índice de Baudoin demonstra uma forte correlação negativa com a idade, isto é, quanto maior esse índice, menor a idade.

As medidas dos CO e o comprimento anteroposterior do FM foram significativamente maiores nos homens. Para

as medidas do PM, somente a largura não foi significativamente associada ao sexo. O Índice de Baudoin não mostrou associação com o sexo e as áreas do FM e do triângulo mastoideo foram significativamente maiores nos homens (Tab. 3).

A presença da sutura occipital transversa ou de ossos suturais não se associou de forma significativa a uma menor área média do triângulo mastoideo.

O comprimento máximo do CO direito e as medidas entre os pontos craniométricos *asterion-porion* e *porion-mastoideale* do PM direito se associaram de forma independente e significativa com sexo (Tab. 4).

**Tabela 1.** Medidas e áreas cranianas analisadas.

Variável	N	Média	Med	Mín	Máx	SD	CV
Côndilo occipital – Largura direito	114	13,5	13,6	9,5	17,2	1,5	11%
Côndilo occipital – Comprimento direito	114	25,6	25,7	20,4	32,3	2,7	11%
Côndilo occipital – Largura esquerdo	113	13,7	13,6	10,2	17,8	1,8	13%
Côndilo occipital – Comprimento esquerdo	113	25,1	25,2	19,2	31,9	2,8	11%
Índice de Baudoin	114	54,5	53,7	38,9	80,4	7,4	14%
Forame magno – Largura (transversal)	114	30,5	30,9	13,3	36,9	2,8	9%
Forame magno – Comprimento (anteroposterior)	113	35,8	35,8	13,1	45,9	3,3	9%
Área do Forame magno (Fórmula de Radinsky)	113	865,1	856,3	136,9	1323,2	131,1	15%
Área do Forame magno (Fórmula de Teixeira)	113	871,7	871,2	137,0	1340,0	132,0	15%
Processo mastoide direito – <i>asterion-porion</i>	110	49,8	49,5	39,1	58,6	3,7	7%
Processo mastoide direito – <i>porion-mastoidale</i>	107	32,2	32,8	21,8	40,3	3,8	12%
Processo mastoide direito – <i>asterion-mastoidale</i>	108	53,0	53,2	37,8	63,2	5,0	10%
Processo mastoide direito – largura	107	12,1	12,0	7,2	18,4	2,2	18%
Processo mastoide direito – altura	107	31,4	31,2	20,7	40,6	4,2	13%
Processo mastoide esquerdo – <i>asterion-porion</i>	107	49,6	49,6	40,9	59,9	3,6	7%
Processo mastoide esquerdo – <i>porion-mastoidale</i>	108	32,9	33,4	24,2	40,1	3,5	11%
Processo mastoide esquerdo – <i>asterion-mastoidale</i>	108	53,0	53,4	40,1	64,7	4,5	8%
Processo mastoide esquerdo – largura	109	11,6	11,7	6,1	17,7	2,5	21%
Processo mastoide esquerdo – altura	108	31,2	31,8	21,7	38,8	3,6	11%
Área do triângulo mastoideo direito (Fórmula de Heron)	108	779,0	792,7	486,3	1107,1	126,9	16%
Área do triângulo mastoideo direito (Fórmula de Pitágoras)	107	190,0	180,9	91,2	372,0	52,1	27%
Área do triângulo mastoideo esquerdo (Fórmula de Heron)	108	791,0	797,8	502,4	1106,8	120,6	15%
Área do triângulo mastoideo esquerdo (Fórmula de Pitágoras)	109	181,9	183,4	66,2	343,9	51,2	28%
Área dos dois triângulos mastoideos (Fórmula de Heron)	103	1574,4	1595,1	988,7	2196,3	241,2	15%
Área dos dois triângulos mastoideos (Fórmula de Pitágoras)	104	371,2	352,2	161,7	677,7	97,6	26%

**Legenda:** Med = Mediana / Mín = Mínimo / Máx = Máximo / SD = Desvio padrão / CV = Coeficiente de variação.

**Tabela 2.** Análise da associação entre a idade estimada (Y) e as métricas e áreas cranianas (X).

Variável	Intercepto (b0)	Inclinação (b1)	Coefficiente de correlação	valor-p
Côndilo occipital – Largura direito	12	0,04	0,29	0,003
Côndilo occipital – Comprimento direito	26	-0,01	-0,03	0,748
Côndilo occipital – Largura esquerdo	12	0,04	0,25	0,009
Côndilo occipital – Comprimento esquerdo	26	-0,01	-0,05	0,631
Índice de Baudoin	58	-0,13	-0,91	0,000
Forame magno – Comprimento máximo transversal (largura)	30	0,00	0,01	0,926
Forame magno – Comprimento máximo anteroposterior	35	0,02	0,06	0,536
Área do Forame magno (Fórmula de Radinsky)	852	0,29	0,03	0,793
Área do Forame magno (Fórmula de Teixeira)	858	0,30	0,03	0,784
Área do triângulo mastoideo direito (Fórmula de Heron)	739	1,06	0,09	0,356
Área do triângulo mastoideo direito (Fórmula de Pitágoras)	186	0,09	0,02	0,850
Área do triângulo mastoideo esquerdo (Fórmula de Heron)	765	0,73	0,07	0,507
Área do triângulo mastoideo esquerdo (Fórmula de Pitágoras)	178	0,12	0,03	0,794
Área dos dois triângulos mastoideos (somados; Fórmula de Heron)	359	0,34	0,04	0,709
Área dos dois triângulos mastoideos (somados; Fórmula de Pitágoras)	1500	2,04	0,09	0,363

Processo mastoide direito – <i>asterion-porion</i>	48	0,06	0,19	0,055
Processo mastoide direito – <i>porion-mastoidale</i>	31	0,02	0,07	0,466
Processo mastoide direito – <i>asterion-mastoidale</i>	52	0,02	0,05	0,619
Processo mastoide direito – largura	11	0,02	0,12	0,244
Processo mastoide direito – altura	31	0,00	0,01	0,937
Processo mastoide esquerdo – <i>asterion-porion</i>	48	0,04	0,12	0,213
Processo mastoide esquerdo – <i>porion-mastoidale</i>	31	0,05	0,17	0,094
Processo mastoide esquerdo – <i>asterion-mastoidale</i>	53	0,01	0,03	0,732
Processo mastoide esquerdo – largura	11	0,02	0,09	0,338
Processo mastoide esquerdo – altura	29	0,06	0,19	0,059

Obs.: em cada análise,  $Y = b_0 + b_1X$ .

**Tabela 3.** Comparação entre as métricas / áreas cranianas e o sexo.

Variável	Sexo	N	Média	Mediana	Desvio padrão	valor-p
Côndilo occipital – Largura direito	Feminino	21	12,6	12,2	1,6	0,008
	Masculino	93	13,7	13,7	1,5	
Côndilo occipital – Comprimento direito	Feminino	21	24	24,2	1,7	0,003
	Masculino	93	25,9	26,1	2,8	
Côndilo occipital – Largura esquerdo	Feminino	21	12,5	12,1	1,8	0,001
	Masculino	92	14	13,8	1,7	
Côndilo occipital – Comprimento esquerdo	Feminino	21	23,5	23,7	2,4	0,002
	Masculino	92	25,5	25,7	2,8	
Índice de Baudoin	Feminino	21	53,6	54	7,9	0,807
	Masculino	93	54,7	53,7	7,4	
Forame magno – Largura (transversal)	Feminino	21	30,3	30,2	1,8	0,331
	Masculino	93	30,6	31	3	
Forame magno – Comprimento (anteroposterior)	Feminino	21	34,6	34,5	1,8	0,002
	Masculino	92	36,1	36,1	3,5	
Área do Forame magno (Fórmula de Radinsky)	Feminino	21	822,7	815,2	79,2	0,022
	Masculino	92	874,7	874,4	138,8	
Área do Forame magno (Fórmula de Teixeira)	Feminino	21	827,0	821,7	79,0	0,012
	Masculino	92	881,9	878,1	139,6	
Processo mastoide direito – <i>asterion-porion</i>	Feminino	20	46,8	47	3,4	0
	Masculino	90	50,4	50,3	3,4	
Processo mastoide direito – <i>porion-mastoidale</i>	Feminino	20	29,6	29,8	3,5	0,001
	Masculino	87	32,8	33,6	3,6	
Processo mastoide direito – <i>asterion-mastoidale</i>	Feminino	20	49,6	48,8	4,7	0,001
	Masculino	88	53,8	54	4,8	
Processo mastoide direito – largura	Feminino	20	11,7	11,9	2,1	0,52
	Masculino	87	12,2	12	2,3	
Processo mastoide direito – altura	Feminino	20	29	29	4,5	0,006
	Masculino	87	32	31,8	3,9	
Processo mastoide esquerdo – <i>asterion-porion</i>	Feminino	20	47,1	47	3,2	0
	Masculino	87	50,2	50	3,4	
Processo mastoide esquerdo – <i>porion-mastoidale</i>	Feminino	20	30,3	30,3	3,5	0,001
	Masculino	88	33,4	34	3,3	

Processo mastoide esquerdo – <i>asterion-mastoidale</i>	Feminino	20	50,4	50	4,6	0,008
	Masculino	88	53,6	53,8	4,3	
Processo mastoide esquerdo – largura	Feminino	20	11	11,6	2,4	0,289
	Masculino	89	11,7	11,7	2,4	
Processo mastoide esquerdo – altura	Feminino	20	28,4	28,1	3,7	0
	Masculino	88	31,9	32,6	3,2	
Área do triângulo mastoide direito (Fórmula de Heron)	Feminino	20	671,4	664,9	93,6	0
	Masculino	87	804,9	821	120,8	
Área do triângulo mastoide direito (Fórmula de Pitágoras)	Feminino	20	171,4	169,8	49,8	0,066
	Masculino	86	195,1	187,1	51,6	
Área do triângulo mastoide esquerdo (Fórmula de Heron)	Feminino	20	697,1	678,8	101,6	0
	Masculino	86	816,3	815,8	112,6	
Área do triângulo mastoide esquerdo (Fórmula de Pitágoras)	Feminino	20	159	169,1	51,2	0,023
	Masculino	87	188,2	186,2	49,9	
Área dos dois triângulos mastoide (Fórmula de Heron)	Feminino	20	1368,5	1342,1	187,8	0
	Masculino	82	1627,1	1663,6	226,3	
Área dos dois triângulos mastoide (Fórmula de Pitágoras)	Feminino	20	330,4	340	97,8	0,043
	Masculino	83	382,6	363,8	94,8	

**Tabela 4.** Análise multivariada para a identificação de métricas cranianas associadas ao sexo.

Variável	Coefficiente de regressão	Erro Padrão	Odds Ratio	I.C. 95%	valor-p
Côndilo occipital – Comprimento direito	0,430	0,162	1,537	[1,12; 2,11]	0,008
Processo mastoide direito – <i>asterion-porion</i>	0,409	0,141	1,505	[1,14; 1,99]	0,004
Processo mastoide direito – <i>porion-mastoidale</i>	0,224	0,098	1,251	[1,03; 1,52]	0,022
Constante	-36,302				

Obs.: somente variáveis com valor-p <= 0,25 na análise univariada foram incluídas nesta avaliação.

Com base nas três metodologias de *Forward Stepwise* chegou-se a um modelo logístico para a ESB com base nas três medidas constantes na Eq. 6.

**Equação do modelo logístico para predição do sexo da amostra:**

$$P(\text{Sexo} = M) = \frac{e^{(-36,30+0,43X_1+0,41X_2+0,22)}}{1 + e^{(-36,30+0,43X_1+0,41X_2+0,22)}} \quad (6)$$

Onde:

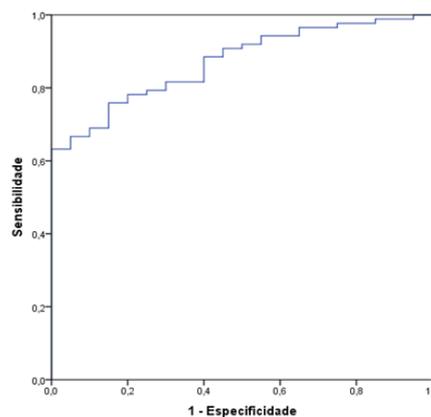
P (Sexo=M) = chance de o crânio ser masculino;

X<sub>1</sub> = medida do Côndilo occipital – Comprimento direito;

X<sub>2</sub> = medida do Processo mastoide direito – *asterion-porion*;

X<sub>3</sub> = medida do Processo mastoide direito – *porion-mastoidale*.

Com base nesta fórmula, a aplicabilidade do modelo de regressão logística para o sexo foi avaliada por meio da curva ROC, que apresentou área sob a curva igual a 0,87 (I.C. 95% = 0,80; 0,94), demonstrando boa capacidade preditiva (Fig. 5).



**Figura 5.** Curva ROC no modelo de regressão logística para predição do sexo biológico

#### 4. DISCUSSÃO

Como a variável sexo biológico é dicotômica (masculino ou feminino), a probabilidade de estimativa correta feita aleatoriamente considerando qualquer parâmetro isolado é de 50%. Isso demanda da região craniana utilizada nesta estimativa um elevado grau de dimorfismo ou a associação de diversos parâmetros nesta análise [1-4]. Os dados deste trabalho confirmam que as medidas dos CO, dos PM e do FM masculinos são maiores que os femininos, mas tais regiões devem ser utilizadas com cautela na ESB.

O Índice de Baudoin, obtido com as dimensões dos CO, não mostrou associação estatística para a ESB, confirmando o resultado de outros trabalhos [5,15,16]. Portanto, não deve ser utilizado de forma isolada nesta estimativa. Em contrapartida, mostrou forte correlação negativa com a idade, uma vez que nos crânios estudados, quanto maior era esse índice, menor era a idade dos periciados. Essa correlação aponta para alterações morfológicas nos CO associadas ao processo de envelhecimento. Estas se iniciam desde o nascimento, sofrendo a influência de fatores genéticos, ambientais - como a exposição aos raios ultravioleta - e nutricionais, além do tabagismo [17,18]. As áreas com maior remodelamento ósseo craniano correspondem à face, especialmente as regiões superomedial e inferolateral da órbita, abertura piriforme, mento e, particularmente, a maxila [17,18]. Ainda que a maxila seja o osso com maior remodelamento no envelhecimento, todos os demais elementos ósseos cranianos podem apresentar alterações neste sentido. Entretanto, parece que a base craniana é mais preservada das alterações morfológicas etárias, particularmente quando comparada com a abóbada, sendo as alterações morfológicas etárias dos CO e do FM consideradas mínimas a moderadas [19]. Em nossa amostra não foi observado efeito etário nas dimensões do FM. Ou seja, os dados do IMLAR corroboram o achado de outros trabalhos com relação ao FM e sugerem haver maior influência etária nas dimensões do CO, demandando a realização de novos estudos para confirmar ou refutar estes achados.

Sobre as medidas do FM, esta pesquisa corrobora os dados de outros trabalhos [9-11,20,21]. Os valores de seu comprimento anteroposterior e de sua área foram significativamente maiores nos homens. Estudo paulista apresentou resultados bastante semelhantes aos de nossa amostra [20]. Entretanto, os dados paulistas, ainda que tenham indicado medidas maiores nos homens, apresentaram 64,6% de acurácia máxima na ESB, o que indica cautela no uso isolado do FM nesta análise [20]. Destacando as variações interpopulacionais relacionadas

ao crânio, estudo polonês encontrou acurácia superior a 90% para a ESB pelo FM e um estudo colombiano utilizando conjuntamente o FM e a largura bizigomática teve acurácia de 87,9% [9,10]. Portanto, fica ressaltada a importância da validação regional das diferentes metodologias para a ESB pela base craniana.

As medidas do PM foram significativamente associadas ao sexo, excetuando-se a largura, que é uma medida difícil de ser obtida na prática [7]. As demais medidas do PM confirmam outros trabalhos que já demonstraram que este tende a ser maior no homem [7,22-24]. Isso se justifica pelas características do osso temporal, intimamente ligado ao tamanho do PM, como também ao volume dos músculos ali inseridos (ventre posterior do digástrico, esternocleidomastoídeo), mais robustos no sexo masculino [23,24]. Tanto em nossa amostra como em estudo realizado na cidade de São Paulo houve maiores medidas de áreas do triângulo mastoideo em homens [25]. No entanto, a validade deste parâmetro para a ESB é questionável já que apresentou mais imprecisão em nossa amostra pois nenhum dos cálculos das áreas do Triângulo entraram na equação de modelo logístico. Além disso, em estudo paulista foi encontrada acurácia de 64% usando as áreas combinadas dos triângulos mastoideos [25]. A princípio, isto poderia ser explicado pela considerável variação individual na posição do ponto craniométrico *asterion*, o que influencia diretamente no tamanho do triângulo [7,13,25]. Ossos suturais, particularmente quando localizados ao longo da sutura lambdóidea, podem influenciar na localização do *asterion* [7,13]. Todavia, nos crânios avaliados no IMLAR, a presença destes ossos não se associou a variações na área média do triângulo mastoideo, ainda que 45% deles tenha se localizado na sutura lambdóidea. Ou seja, independente da presença de ossos suturais, o tamanho deste triângulo parece variar de forma aleatória com relação aos diferentes sexos [7].

Não houve correlação das medidas do PM com a idade. Isso corrobora estudo grego que, além de indicar que o PM é maior no homem, não apontou alterações morfológicas expressivas neste relevo em diferentes faixas etárias [26].

Após a análise multivariada, três medidas se associaram de forma independente e significativa com a ESB: o comprimento do côndilo occipital direito e as distâncias *asterion-porion* e *porion-mastoidale* do processo mastoide direito. Foi então criada uma equação de modelo logístico para a predição do sexo, que estima a chance de o crânio ser masculino levando em consideração essas três medidas. Esta apresentou boa capacidade preditiva, o que deve estimular sua aplicação na rotina antropológica, além de futuros estudos em outros grupos populacionais. O uso da análise multivariada, quando comparado com a univariada, tem mostrado melhores

resultados preditivos em diferentes trabalhos [25,27]. Ressalta-se que em nossa amostra os relevos do lado direito se apresentaram melhores na ESB, estando presentes na equação de modelo logístico. Apesar de ainda não haver uma explicação satisfatória para esta discrepância entre os lados com relação ao dimorfismo sexual, isto também foi encontrado no trabalho paulista, onde o trígono mastoideo direito apresentou acurácia de 81,8% na ESB enquanto o esquerdo apresentou 77,8% [25].

Destacam-se como vieses neste estudo:

- Cerca de metade dos crânios examinados foram de indivíduos não identificados. Ainda que a ESB nestes casos tenha sido feita levando em consideração todos os elementos ósseos disponíveis e tenha sido realizada no contexto da produção de um laudo pericial criminal, há uma imprecisão técnica inerente a estas estimativas. Dessa maneira, as extrapolações do trabalho para a prática forense deve ser vista com cautela;

- As medidas foram realizadas por um único examinador e utilizando um paquímetro específico, sem controle das possíveis variações *intra* e *inter* observador. Pode haver diferenças nestas mesmas medidas quando realizadas por diferentes indivíduos ou mesmo com outras marcas e tipos de paquímetro;

- Os crânios estudados não pertencem a uma amostra aleatória da população mineira, tampouco da brasileira. Uma vez que a antropologia forense lida preferencialmente com o estudo médico-legal de casos de morte violenta, o perfil epidemiológico dos mesmos representa um recorte bastante específico da população. Portanto, os dados se aplicam mais às vítimas de mortes por causas externas que à população geral, em especial aos indivíduos do sexo masculino, que predominam nos óbitos por causas violentas e que foram a maioria dos casos avaliados no presente estudo.

## 5. CONCLUSÃO

Tendo em vista a importância da ESB para a antropologia forense, bem como a alta miscigenação da população brasileira, a realização desse estudo em âmbito regional obteve resultados com potencial aplicação prática. Contudo, deve-se haver cautela nesta aplicação pois os dados não foram validados em uma amostra com todos os indivíduos identificados, não houve validação das medidas *intra* e *inter* observador e a amostra avaliada foi predominantemente masculina. Todavia, observou-se a importância da avaliação simultânea de diferentes estruturas anatômicas da base craniana, o que foi determinante na elaboração de uma equação com boa capacidade preditiva para ESB destacando-se a relevância estatística das três métricas cranianas utilizadas em sua

elaboração: o comprimento do côndilo occipital direito e as dimensões *asterion-porion* e *porion-mastoidale* do processo mastoide direito. Também foi demonstrado que quanto maior o índice de Baudoin menor era idade. O presente estudo pretende estimular a realização de outros trabalhos com metodologias similares e com menos vieses metodológicos a fim de se validar o método proposto.

## AGRADECIMENTOS

Ao coordenador do SAF, Dr. Alexander Santos Dionísio, ao Centro de Estudos e à Diretoria do IMLAR, bem como à Superintendência de Polícia Técnico-Científica de MG pelo incentivo à educação continuada e à publicação científica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A.M. Christensen, N.V. Passalacqua, E.J. Bartelink. Forensic Anthropology – Current Methods and Practice. *Academic Press* **10**, 243-284, 2014.
- [2] T.D. White, M.T. Black, P.A. Folkens. Assessment of Age, Sex, Stature, Ancestry, and Identity of the Individual. In: Human Osteology. 3<sup>a</sup>ed. Academic Press, Burlington, United States of America, 2012, 379-427.
- [3] M.Y. Iscan, M. Steyn. Chapter 4 – Sex. In: The Human Skeleton in Forensic Medicine. 3<sup>a</sup>ed. Charles C. Thomas: Springfield, United States of America, 2013, 143-193.
- [4] M.K. Spradley, R.L. Jantz. Sex estimation in forensic anthropology: Skull versus postcranial elements. *Journal of Forensic Sciences* **56**, 289-296, 2011.
- [5] R.C. Biancalana, A.G. Ortiz, L.G. Araujo, M. Semprini, R. Galo, R.H.A. Silva. Determinação do sexo pelo crânio: etapa fundamental para a identificação humana. *Rev. Bras. Crimin* **4(3)**, 38-43, 2015.
- [6] Z. Seinfert, L. Friendl, K. Chaumoitre, J. Bruzek. Applicability and limitations of sex assessment based on foramen magnum. *Forensic Science International* **271**, 126.e1-126, 2017.
- [7] A. Petaros, S.B. Sholts, M. Slaus, A. Bosnar, S.K.T.S. Wärmlander. Evaluating Sexual Dimorphism in the Human Mastoid Process: A Viewpoint on the Methodology. *Clinical Anatomy* **28**, 593-601, 2015.
- [8] B.N.R. Jaja; C.O. Ajua; B.C. Didia. Mastoid Triangle for Sex Determination in Adult Nigerian Population: A Validation Study. *J Forensic Sci* **58**, 1575-1578, 2013.
- [9] Tomaszewska; D. Psonak; P. Maslíška; B. Kwiatkowska. Sex determination from fragmented human remains – hierarchy of the foramen magnum dimensions. *J.Comp.Hum.Biol* **71(1)**, 9-17, 2020.
- [10] G.G. Colmenares; C.S. Medina; M.P.R. Sánchez, K. León; A. Malpud. Sex estimation from skull base

- radiographs in a contemporary Colombian population. *Journal of Forensic and Legal Medicine* **62**, 77-81, 2019.
- [11] Y.P.R. Babu; T. Kanchan; Y. Attiku; P.N. Dixit; M.S. Kotian. Sex estimation from foramen magnum dimensions in an Indian population. *Journal of Forensic and Legal Medicine* **19**, 163, 2012.
- [12] Instituto Médico Legal de Belo Horizonte. Superintendência de Polícia Técnico-Científica. Polícia Civil do Estado de Minas Gerais. Retirado em 20/03/2020, de <https://www.policiacivil.mg.gov.br/pagina/setores>.
- [13] M. Moretto, R.A. Francisco, M.L.C. Junior, M.P. Evison, M.A. Guimarães. Evaluation of efficiency and effectiveness of mastoid process triangle anthropometry for sex estimation in Brazilian skulls. *Brazilian Journal of Forensic Science, Medical Law and Bioethics* **5**, 265-285, 2016.
- [14] A. Field. *Descobrimo a Estatística Usando o SPSS*. ARTMED Editora, Brasil, 2009, 688p.
- [15] S.R. Machado, M.R. Marques, L.M. Cardoso, S.B. Souza, L.C.C. Galvão, J.A.M. Marques. Verificação da aplicabilidade do Índice de "Baudoin" para determinação do sexo. *Revista de Medicina Legal, Direito Médico e da Saúde* **13**, 36-38, 2005.
- [16] O.F. de Oliviera, R.L.R. Tinoco, E. Daruge Júnior, L.G. de Araujo, R.H.A. Silva, L.R. Paranhos. Determinación del Sexo desde Mediciones del Cóndilo Occipital Mediante el Índice de Baudoin con Propósitos Forenses. *Int. J. Morphol.* **4**, 297-1300, 2013.
- [17] L.E.T. Avelar, M.A. Cardoso, L.S. Bordoni, L.M. Avelar, J.V.M. Avelar. Aging and sexual differences of the human skull. *PRS global open*, 2017.
- [18] A. Coimbra, N.C. Uribe, B.S. Oliveira. Facial squaring in the aging process. *Surg cosmet Dermatol.* **6**, 65-71, 2014.
- [19] R. Gapert; S. Black; J. Last. Test of age related variation in the craniometry of the adult human foramen magnum region: implications for sex determination methods. *Forensic Sci Med Pathol* **9**, 478-488, 2013.
- [20] T.T. Lopes; C. Rynn; C. Wilkinson; L.A.S. Paiva; E.M. Crosato; M.G.H. Biazevic. Sexing the Cranium from the Foramen Magnum Using Discriminant Analysis in a Brazilian Sample. *Braz Dent J* **6**, 592-598, 2018
- [21] P. Gruber; M. Henneberg; T. Böni; F.J. Rühli. Variability of human foramen magnum size. *The Anatomical Record* **292**, 1713-1719, 2009.
- [22] L.A.S. Paiva; M. Segre. Sexing the human skull through the mastoid process. *Revista do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de São Paulo* **58**, 15-20, 2003.
- [23] K.A. Bernard; P.H.M. Jansen. Quantifying male and female shape variation in the mastoid region of the temporal bone. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> annual GRASP symposium*. 80-81, 2009.
- [24] M. Kozerska; J. Skrzat; A. Szcepanek. Application of the temporal bone for sex determination from the skeletal remains. *Folia Medica Cracoviensia* **2**, 33-39, 2015.
- [25] P.A. Sinhorini; I.A.P. Costa; T.T.L. Capp; M.G.H. Biazevic; L.A.S. Paiva. Comparative analysis of four morphometric methods for sex estimation: A study conducted on human skulls. *Legal Medicine* **39**, 29-34, 2019.
- [26] E. Nikita; E. Michopoulou. A quantitative approach for sex estimation based on cranial morphology. *Am J Phys Anthropol.* 1-11, 2017.
- [27] T. Nagaoka; A. Shizushima; J. Sawada; S. Tomo; K. Hoshino; H. Sato; K. Hirata. Sex determination using mastoid process measurements: standards for Japanese human skeletons of the medieval and early modern periods. *Anthropological Sci.* **116**, 105-113, 2008.