

# OrtogoOnLineMag

ISSN: 2764-9466, Vol. 4, nº 1

Cicero Moraes    Everton da Rosa    Rodrigo Dornelles



# OrtogOnlineMag

Volume 4, número 1

Julho de 2023

Semestral

## EXPEDIENTE

### Editor Científico e Diagramação

Cicero Moraes

### Conselho Editorial

Everton da Rosa

Rodrigo Dornelles

### Colaboradores

Moacir Elias Santos

Luca Bezzi

Alessandro Bezzi

Francesco Maria Galassi

Jiří Šindelář

Elena Varotto

Michael Habicht

Thiago Beaini

### Idioma da Publicação

Português

[www.ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnlineMag/index/Publicacoes.html](http://www.ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnlineMag/index/Publicacoes.html)

cogitas3d@gmail.com

ortogonline@ortogonline.com

Cicero André da Costa Moraes

Sinop-MT



# Sumário

<b>1</b>	<b>A Aproximação Facial 3D de Zuzu (~9600 AP) Baseada em Marcadores Modernos</b>	<b>1</b>
1.1	Introdução	1
1.1.1	O Parque Nacional da Serra da Capivara	1
1.1.2	O Fóssil Zuzu e os seus Mistérios	1
1.1.3	A Motivação para o Projeto de Aproximação Facial	2
1.2	Materiais e Métodos	2
1.3	Resultados e Discussão	4
1.4	Conclusão	5
1.5	Agradecimentos	5
<b>2</b>	<b>A Aproximação Facial do Crânio de Nazlet Khater 2</b>	<b>7</b>
2.1	Introdução	7
2.2	Materiais e Métodos	8
2.3	Resultados e Discussão	9
2.4	Conclusão	11
2.5	Agradecimentos	11
<b>3</b>	<b>A Aproximação Facial Digital 3D do Homo floresiensis Baseada em Deformação Anatômica</b>	<b>13</b>
3.1	Introdução	13
3.1.1	Homo floresiensis	13
3.1.2	As Mostras Faces da Evolução e FACCE	14
3.2	Materiais e Métodos	14
3.3	Resultados	15
3.4	Conclusão	19
3.5	Agradecimentos	19
<b>4</b>	<b>A Aproximação Facial Digital 3D de Ava (Escócia, ~3806 AP)</b>	<b>21</b>
4.1	Introdução	21
4.2	Materiais e Métodos	22
4.2.1	Conceitos, Software e Hardware	22
4.2.2	Aproximação Facial 3D	22
4.3	Resultados	23
4.4	Conclusão	25
4.5	Agradecimentos	25
<b>5</b>	<b>A Aproximação Facial Digital 3D de Zlatý kůň 1 (45.000 AP)</b>	<b>27</b>
5.1	Introdução	27
5.2	Materiais e Métodos	28
5.2.1	Conceitos, Software e Hardware	28
5.2.2	Reconstrução Tridimensional do Crânio	28
5.2.3	Aproximação Facial Forense	29
5.3	Resultados e Discussão	30
5.4	Agradecimentos	33
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>35</b>



# A Aproximação Facial 3D de Zuzu ( $\approx 9600$ AP) Baseada em Marcadores Modernos



**Moacir Elias Santos**

Arqueólogo, Museu de Arqueologia Ciro Flamarion  
Cardoso, Ponta Grossa-PR

**Cicero Moraes**

3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil

Data da publicação: 25 de janeiro de 2023

ISSN: 2764-9466 (Vol. 4, nº 1, 2023)

DOI: 10.6084/m9.figshare.22129316

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os detalhes acerca da aproximação facial do Zuzu, um fóssil de 9.600 anos descoberto em 1997 no sítio arqueológico da Toca dos Coqueiros, localizado no Parque Nacional da Serra da Capivara, Brasil.

**Atenção:** Este material utiliza a seguinte licença Creative Commons: **Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**.

## 1.1 Introdução

### 1.1.1 O Parque Nacional da Serra da Capivara

O Parque Nacional da Serra da Capivara, criado em 1979, é uma unidade de conservação brasileira e patrimônio cultural da humanidade pela UNESCO [A1]. A sua área se distribui dentro dos limites municipais de São Raimundo Nonato, Coronel José Dias, João Costa e Brejo do Piauí, todos eles na região sudeste do estado do Piauí, onde o clima semiárido e a vegetação de caatinga marcam a paisagem. O complexo trata-se de um dos mais ricos conjuntos de patrimônio arqueológico e paleontológico da América do Sul com mais de 1300 sítios reportados. Os trabalhos de prospecção na região iniciaram na década de 1970 com a arqueóloga Niède Guidon, sob os auspícios da Missão Franco-Brasileira e da Fundação do Homem Americano (FUMDHAM) [A2]. Ao longo de todas essas décadas tais prospecções têm fornecido um vasto acervo de itens que compreende os períodos do Pleistoceno ao início do Holoceno [A3] [A6] [A7].

### 1.1.2 O Fóssil Zuzu e os seus Mistérios

No ano de 1997 foi descoberto no sítio arqueológico da Toca dos Coqueiros (um dos mais de 1300 pertencentes ao Parque Nacional da Serra da Capivara) um enterro solitário, contendo o esqueleto em posição fetal de um indivíduo adulto que, por conta dos seus traços delicados recebeu o nome de Zuzu. Em um primeiro momento, um estudo publicado em 2002 indicava que se tratava de uma mulher, falecida entre os 35 e 45 anos, há 11.600 AP, por datação indireta (LESSA e GUIDON 2002) [A4]. No entanto, com o passar do tempo outras abordagens foram efetuadas, atualizando os resultados. No ano de 2005, um estudo apontou que o esqueleto poderia ter pertencido na verdade a um indivíduo do sexo masculino (NELSON 2005) [A5], tendo outro estudo de 2007 reforçado tal abordagem (HUBBE 2007) [A6]. O último estudo analisado pelos autores deste material, publicado em 2022 (MENÉNDEZ et. al. 2022) [A7], aponta também para o sexo masculino, com algumas ressalvas, além de indicar uma datação por radiocarbono feita diretamente em um dos dentes que revelou uma idade mais acurada do fóssil, em 9.603 AP.

Tabela 1. Estudos e resultados relacionados ao sexo do Zuzu.

Lessa e Guidon	Nelson	Hubbe et al.	Menéndez et al.
2002 [A4]	2005 [A5]	2007 [A6]	2022 [A7]
Feminino	Masculino	Masculino	Masculino

Mesmo com a atualização dos estudos, dúvidas ainda pairam sobre os dados, posto que, no caso da datação por carbono o que foi informado se trata da data mínima, logo, há uma chance do fóssil ser alguns séculos ainda mais antigo. No caso do sexo, os autores do último estudo atestam que a aferição efetuada por eles não é conclusiva [A7], mantendo a questão ainda em aberto.

### 1.1.3 A Motivação para o Projeto de Aproximação Facial

No ano de 2022, um grupo de arqueólogos e entusiastas do estado brasileiro do Paraná, viajou ao Parque Nacional da Serra da Capivara para conhecer o Museu da Natureza [A8]. Durante a visita um dos autores (M.E.S.) observou que a forma em que o crânio do Zuzu foi exposto, permitia uma sequência de fotografias própria para um processo de digitalização/escaneamento 3D, conhecido como fotogrametria. Tendo o autor já participado de projetos de aproximação facial forense [A9], imaginou que tal abordagem poderia ser utilizada para aquele crânio e fotografou-o de vários pontos de vista. Uma vez que as fotos foram armazenadas, propôs ao outro autor (C.M.) o projeto de aproximação independente, de modo a revelar a face daquela figura tão misteriosa e tão importante para a história brasileira. Aceita a proposta, os dois se organizaram de modo a colocar o projeto em prática.

## 1.2 Materiais e Métodos

A reconstrução facial forense é uma técnica auxiliar de reconhecimento facial que utiliza o crânio como base para aproximar a face do indivíduo em vida. A história de tal técnica sempre foi envolta em controvérsias [A10], principalmente pela dificuldade em definir o que é científico (objetivo) e o que é arte (subjetivo) em sua abordagem. O presente trabalho evita o uso do termo reconstrução, substituindo-o por outro mais coerente com a sua realidade, ou seja, **aproximação facial forense** [A11]. Não se trata apenas de adequar o nome, mas de utilizar abordagens complementares, baseadas em análise de dados extraídos em indivíduos vivos, como será exposto mais adiante, de modo a resultar em uma face apoiada no máximo de referências objetivas, restando pouco espaço para intervenções subjetivas pelo lado dos pesquisadores.

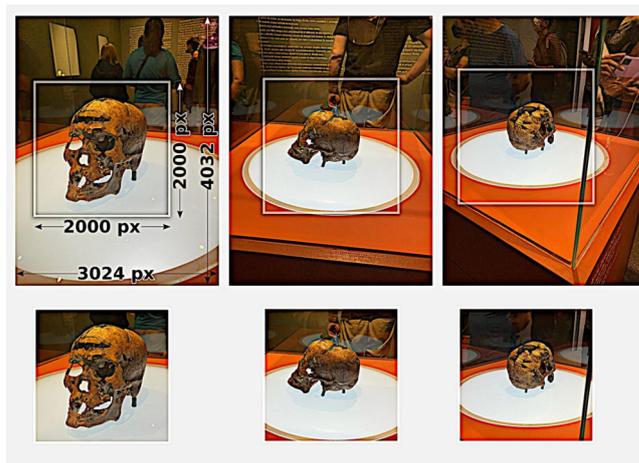


Figura1.1: Fotografias originais (acima) versus imagens recortadas (abaixo).

Como comentado anteriormente, um dos autores procedeu com uma sequência de capturas fotográficas. Ao todo foram efetuadas 57 fotografias em torno do crânio, com alturas diferentes, levando um tempo total de 2 minutos e 9 segundos para a captura. Cada imagem, capturada com um smartphone iPhone 11 Pro Max, foi configurada com as dimensões de 3024 x 4032 px (pixel ou píxeis), ou 12,19 MP (megapixel) [A12]. Dado que a algoritmo de fotogrametria, ou digitalização 3D por fotos, utiliza os dados de todos os píxeis presentes na imagem e dado também que a cena contava com alto tráfego de indivíduos, o que poderia confundir o algoritmo, as fotos foram recortadas no software de edição de imagens Gimp (<https://www.gimp.org/>), de modo a isolar a região de interesse composta pela superfície do crânio, resultando em 57 imagens de 2000 x 2000 px, ou 4 MP (Fig.1.1).

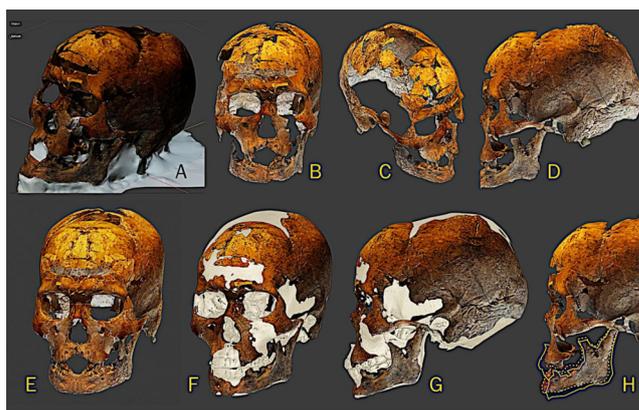


Figura1.2: Etapas da complementação estrutural e ajuste do crânio.

As 57 imagens segmentadas, presentes em um diretório separado, foram processadas no *add-on* OrthoGOnBlender [A13], que fornece um módulo de fotogrametria baseado nas bibliotecas OpenMVG e OpenMVS [A14]. Os parâmetros do D Factor e do Smooth Factor foram reduzidos para 4 e o tempo total da digitalização levou 21 minutos e 58 segundos em um notebook dotado de um processador Intel Core i7-8565U, com 20 GB de memória RAM e dispositivo de armazenamento

SSD m2.

Na sua atual configuração o OrtogOnBlender permite ao usuário digitalizar um objeto já na escala, bastando apenas posicionar uma etiqueta com códigos visuais ArUco ao lado do modelo [A15], no entanto isso não foi possível no caso do crânio em questão, posto que o mesmo se encontrava protegido por uma estrutura vítrea. Mesmo com tal limitação a superfície resultante se mostrou de boa qualidade (Fig.1.2, A) e, por não conter dados da escala, o redimensionamento precisou ser feito a partir de dados disponíveis em Hubbe et al. (2007) [A6]. Com o crânio na escala, a região de interesse foi segmentada resultando apenas na estrutura óssea (Fig.1.2, B,C,D).

Ao se analisar o crânio pela órbita 3D, atestou-se a ausência de algumas regiões e o desgaste físico de outras, como aquele que acometeu as arcadas dentárias. Em face da metodologia a ser utilizada para a aproximação facial, que envolve além das projeções clássicas, a deformação anatômica [A16], e como esta segunda depende de um doador virtual e os disponíveis contavam com arcadas significativamente menos desgastadas, os autores optaram por reconstruir as regiões faltantes, recuperando a arcada dentária completa e assim, permitir uma aproximação mais coerente com uma estrutura anatômica real, ao passo que evita a estranheza da aproximação de face curta (desdentado ou semidesdentado) em indivíduo significativamente jovem, como já foi efetuado nos fósseis pertencentes ao povo de Lagoa Santa, a exemplo o Apiúna [A17] e Diarum [A18].

O crânio do Zuzu foi copiado e espelhado no eixo X (Fig.1.2, E), de modo que tal espelhamento construísse partes faltantes dos dois lados, ao passo que denunciase eventual assimetria, fruto de uma montagem manual defeituosa. A análise do modelo espelhado revelou que não havia diferença significativa entre os lados, o que permitiu que o crânio fosse complementado graças a um doador virtual [A19] (Fig.1.2, F,G). Durante o processo de complementação estrutural a mandíbula foi segmentada e rearranjada (Fig.1.2, H) segundo a oclusão dental projetada.

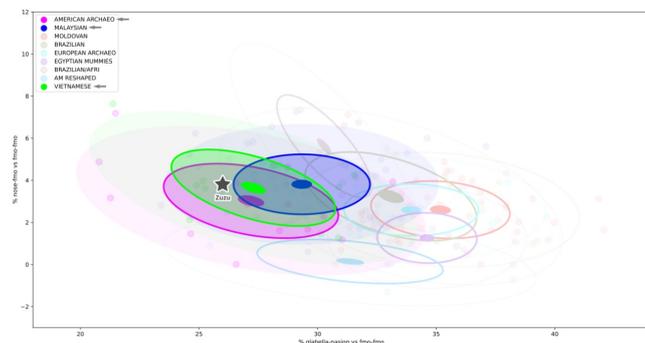


Figura1.3: Cluster populacional com o posicionamento do Zuzu em preto.

O crânio do doador virtual foi escolhido a partir de ou-

tro com características semelhantes ao do Zuzu. A técnica empregada para a busca da peça mais compatível foi a mesma publicada em um estudo sobre clusters populacionais [A20], que leva em consideração a distância entre os pontos orbitais frontomaxilares (fmo-fmo no eixo X), a distância lateral das órbitas até a ponta do osso nasal (eixo Y) e a distância entre a glabella e o násio (eixo Y). Ao se posicionar os dados do Zuzu no gráfico do estudo (Fig.1.3), atesta-se que ele está próximo ao núcleo médio das populações de vietnãitas modernos e crânios arqueológicos americanos, estes últimos contam com indivíduos de Lagoa Santa, sambaquis e outros representantes de população natural brasileira compreendendo o período colonial, regredindo até mais de 10.000 anos AP. Além disso há também uma proximidade com a população de malaios modernos, ou seja, a estrutura pesquisada tem grande afinidade com o grupo dos asiáticos.

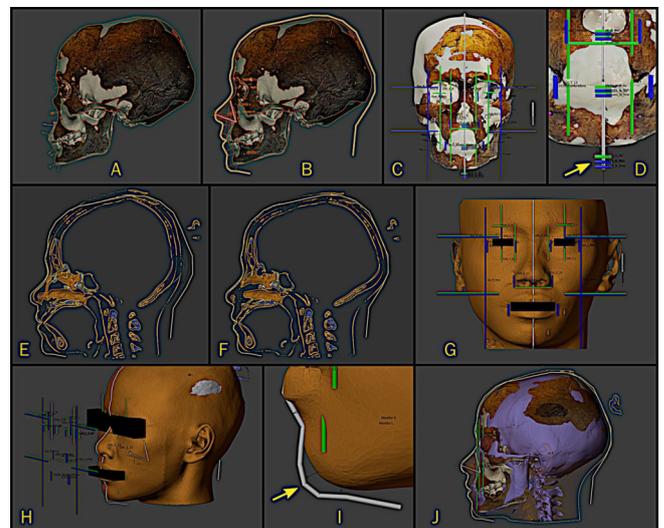


Figura1.4: Etapas iniciais da aproximação facial forense.

Com as partes faltantes recuperadas e o crânio alinhado ao plano de Frankfurt, uma série de marcadores de espessura de tecido mole foi distribuída ao longo da superfície (Fig.1.4, A). O conjunto de 32 marcadores foi baseado em um estudo com brasileiros vivos, cujo a média das medidas foi levantada a partir da tomografia de 50 indivíduos do sexo masculino [A21]. Ainda que tais marcadores cubram parte significativa do crânio, algumas regiões não são contempladas, pois naquelas partes outros tipos de projeções são efetuadas. No caso do nariz, a projeção respeitou uma série de passos, baseados em dados estatísticos extraídos de tomografias computadorizadas (Fig.1.4, B) e dada a afinidade com o grupo asiático, seguiu os dados de um estudo efetuado em malaios [A22]. O passo-a-passo da técnica está abertamente disponível em texto [A23] e em videoaula [A24]. Outras projeções como a dimensão frontal do nariz, a dimensão dos olhos, o posicionamento dos globos oculares, o tamanho dos lábios e das orelhas e outros (Fig.1.4, C), seguiram uma abordagem baseada em média e proporções extraídas de mensurações

em tomografias computadorizadas [A25]. O passo-a-passo da técnica está abertamente disponível em texto (completamente manual) [A26] e em duas videoaulas (semi automático) [A27], uma abordando o traçado frontal e outra o posicionamento dos globos oculares [A28]. Além da informação acerca do tecido mole, o sistema semiautomático também apresenta a altura dos pontos nasoespinale, dos incisivos superiores e do mento. No caso do primeiro e do segundo não houve grande diferença em relação à média e proporção, já no caso do terceiro, ou seja, o mento, a projeção mostrou que a mandíbula é significativamente menor do que a média e a proporção média (Fig.1.4, D). Mesmo com a cobertura oferecida pelos mercados de espessura de tecido mole e as projeções estatísticas, muitas regiões ainda não são assistidas, de modo que, ainda que tais técnicas garantam projeções dentro de uma média ou amplitude esperada em partes como o nariz, lábios, orelhas e afins, existem regiões que não contam com boa documentação para predição, de modo que a deformação anatômica preenche tais deficiências ao passo que interpola os dados fornecido pelos marcadores e demais projeções. Uma tomografia de um doador virtual foi importada, reconstruindo as malhas correspondentes ao tecido mole e o crânio [A29]. As duas malhas foram unidas em um só objeto e alinhadas ao crânio do Zuzu (Fig.1.4, E). As duas malhas foram deformadas de modo aos crânios se compatibilizarem, ao passo que tal deformação influenciava o tecido mole externo (Fig.1.4, F). Ao se observar a malha deformada, atesta-se que a mesma se adequou a quase todos os marcadores e projeções estatísticas (Fig.1.4, G), além da linha projetada do perfil (Fig.1.4, H) e do globo ocular (Fig.1.4, J), mas apresentou uma significativa diferença em relação aos marcadores da região do queixo (Fig.1.4, I). Tal retraimento se deve à estrutura retraída da mandíbula e foi revelada graças à deformação anatômica, que por ser mais coerente com a estrutura real de uma face foi escolhida como parâmetro, de modo que descartou-se o traçado baseado na média dos marcadores de espessura de tecido mole naquela região.

Apesar da malha da tomografia computadorizada conter importantes informações acerca da anatomia final, a mesma apresenta uma série de irregularidades estruturais, buracos e não é texturizada. Para agilizar o processo uma malha do Homem de Perak [A30], já modelada com os parâmetros corretos, como faces com quatro lados [A31], texturização e configuração de cabelos, foi importada e sofreu alterações de modo que se compatibilizasse com a estrutura do Zuzu (Fig.1.5, A, B). Os parâmetros de escultura digital foram resetados e um detalhamento posterior foi efetuado de modo a criar detalhes e marcas de expressão compatíveis com a idade do crânio aproximado (Fig.1.5, C). A colorização da textura foi adaptada e a iluminação adicionada, de modo a valorizar a expressão e vivacidade facial (Fig.1.5, D). Os cabelos foram reconfigurados e penteados, de modo

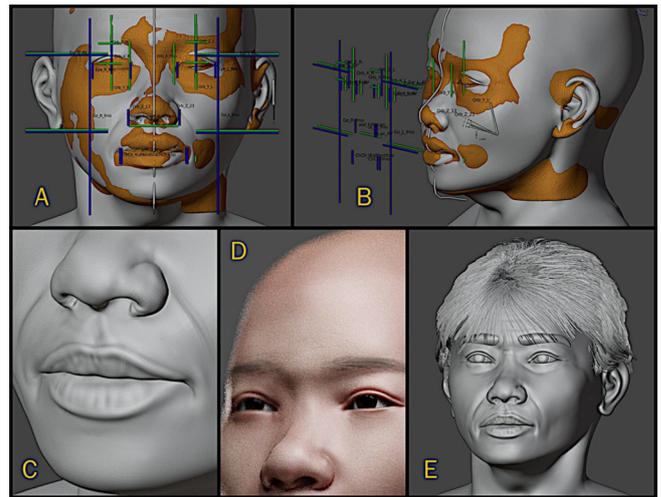


Figura1.5: Etapas finais da aproximação facial forense.

a harmonizarem-se com a face (Fig.1.5, E).

### 1.3 Resultados e Discussão



Figura1.6: Aproximação facial forense com elementos modernos e especulativos (cabelos, cor dos olhos e da pele).

A imagem final do processo foi gerada com o renderizador Cycles, presente nativamente no Blender. Tal renderizador permite que se “tire fotografias” da cena, com dados de iluminação, reflexão, refração e demais fenômenos ópticos. Uma imagem sequencial foi montada, apresentando as fases do projeto, desde o crânio original, passando pela recuperação volumétrica do mesmo, a sobreposição da aproximação facial sobre o crânio e finalmente a face final (Fig.1.6). Tal face, no entanto, reflete um indivíduo dentro dos padrões populacionais modernos, uma vez que os marcadores de espessura de tecido e a tomografia computadorizada do doador virtual vieram de indivíduos atuais e não da população do rosto aproximado. Compreende-se então, que tal aproximação é a face do Zuzu completa, sem as características presentes no momento da morte, ou seja, caso ele vivesse nos dias atuais, com o padrão atual das populações, a aparência muito provavelmente seria aquela, ainda que contenha elementos especulativos como a configuração dos cabelos, a cor dos olhos e da pele.

Todavia, a realidade dele não era a mesma e, uma vez

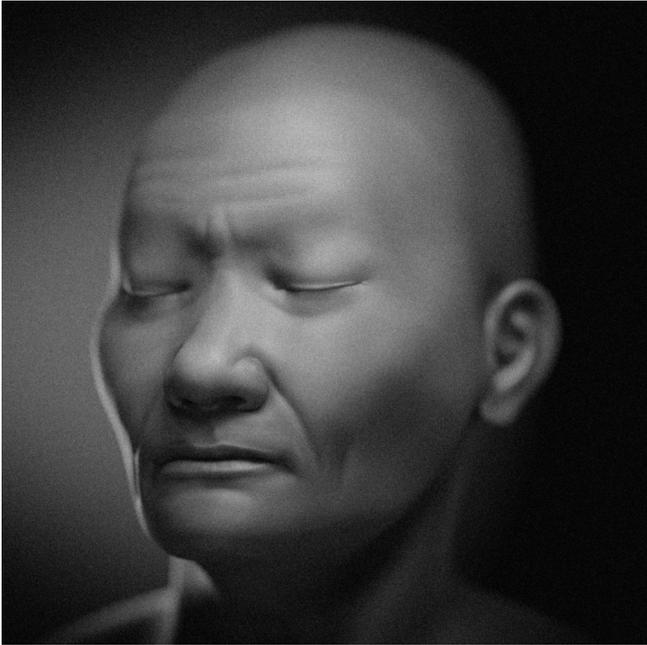


Figura1.7: Aproximação facial forense com elementos objetivos.

que a aproximação seguiu os parâmetros de um crânio completo, foi possível aos autores adequar a face ao crânio do Zuzu, ajustando a estrutura à realidade do mesmo no momento do óbito. O rosto foi ligeiramente emagrecido, a mandíbula retraída para se compatibilizar com a oclusão real, os lábios se afinaram, posto que, além da supressão estrutural de uma face curta a ausência dos dentes cooperou com tal característica, além de rebaixar o nariz, rotacionando-o em direção aos dentes faltantes (Fig.1.7). Os cabelos e a sobrancelhas foram retirados, pois não se tem certeza plena das suas configurações e o mesmo se aplica aos olhos. Apesar do crânio ter afinidade com uma população de asiáticos, entre indivíduos de tal ancestralidade há um grande número de diferenças estruturais, que são contornadas ao se cerrar as pálpebras. A imagem também foi renderizada em escala de cinza (preto e branco), pois não há informações precisas sobre a cor da pele. Logo, tal imagem seria a que mais se aproxima do que poderia ser o rosto real.

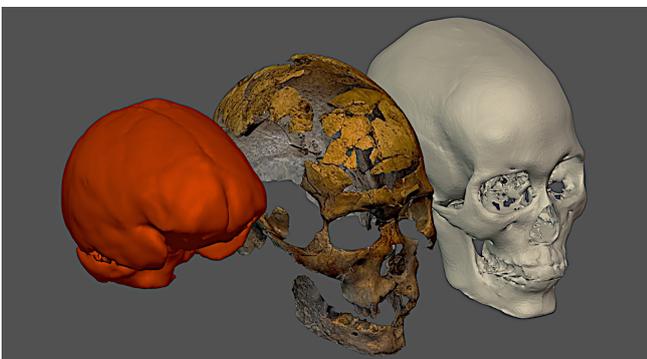


Figura1.8: Segmentação do endocrânio a partir da estrutura adaptada do doador virtual.

Uma vez que a estrutura do crânio foi completamente reconstruída, a mesma foi utilizada para a extração

do endocrânio aproximado (Fig.1.8) [A19], resultando em um volume de 1472 ml o que se mostrou compatível com estudo efetuado em crânios de humanos atuais, com média de 1328 ( $\pm$  164 ml) [A32].

## 1.4 Conclusão

Ainda que não ofereça uma versão definitiva do rosto do Zuzu, o presente trabalho fornece aos interessados uma abordagem fundamentada em elementos robustos de projeção anatômica, extraídos de tomografias de indivíduos vivos.

## 1.5 Agradecimentos

Ao Dr. Dong Ngoc Quang por ceder a tomografia utilizada como doador virtual.



# A Aproximação Facial do Crânio de Nazlet Khater 2



**Cicero Moraes**

*3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil*

**Moacir Elias Santos**

*Arqueólogo, Museu de Arqueologia Ciro Flamarion Cardoso, Ponta Grossa-PR*

Data da publicação: 22 de março de 2023

ISSN: 2764-9466 (Vol. 4, n° 1, 2023)

DOI: 10.6084/m9.figshare.22557598

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os detalhes acerca da aproximação facial do crânio de Nazlet Khater 2, um fóssil de aproximadamente 35.000 anos descoberto em 1980 no Vale do Nilo, Egito.

**Atenção:** Este material utiliza a seguinte licença Creative Commons: **Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**.

## 2.1 Introdução

No ano de 1980 um esqueleto quase completo, com exceção das partes distais dos pés e das mãos, foi encontrado no sítio Nazlet Khater 2 (NK2), localizado no Vale do Nilo (Egito), durante os trabalhos do Projeto Pré-histórico do Médio Egito Belga [B1] [B2] [B3]. Junto aos restos mortais foi encontrado também um machado de pedra muito semelhante a outros escavados no sítio Nazlet Khater 4 (NK4), cuja datação de C14 em nove amostras posicionou os achados entre 35.000 e 30.000 AP. Ainda na década de 1980, os pesquisadores tentaram efetuar a datação diretamente no esqueleto, o que não foi possível face à fragmentação óssea [B1], logo, utilizaram os dados das datações do sítio NK4 e estabeleceram a idade do esqueleto em  $\approx 33.000$  AP [B4]. Atualmente, baseado em um estudo de datação por ressonância de spin do elétron (ESR) realizado em fragmentos dos dentes, estima-se que o esqueleto tenha aproximadamente  $38 \pm 6$ ka AP (Grün 2005, comunicação pessoal) [B2] [B3] [B5].

Análises antropológicas efetuadas no esqueleto, aferiram que se tratava de um indivíduo do sexo masculino, entre 17-20 anos (ou 20-29), entre 161-165 cm de altura, sugestiva ancestralidade africana (negroide) e capacidade craniana de  $1400 \text{ cm}^3$  [B2] [B6] [B4]. Em linhas gerais o crânio foi considerado moderno, mas conta com alguns elementos documentados como arcaicos, a saber o grande ramo respiratório da mandíbula, retidão da sutura escamosa e prognatismo alveolar. A estrutura óssea apresenta perfuração da fossa olecraniana, o que indicaria trabalho pesado em vida, inclusive, pela curvatura da diáfise femoral, aventouse a possibilidade dos esforços físicos como carregamento de peso terem sido uma constante desde a infância de NK2 [B6]. Tais características, unidas a lesões vertebrais presentes nos ossos, poderiam indicar uma intensa atividade de mineração durante a vida, o que corroboraria com as evidências do sítio NK4 ser um local de mineração de cherte e a ferramenta para tal atividade o machado bifacial, presente tanto no sítio NK4, quanto próximo à cabeça do esqueleto, encontrado no sítio NK2 [B1] [B2] [B4].

## 2.2 Materiais e Métodos

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [B13] é uma técnica auxiliar de reconhecimento, que reconstrói/aproxima a face de um indivíduo a partir do seu crânio e é utilizada quando há escassa informação para a identificação de um indivíduo [B14]. Nota-se que a técnica não se trata de identificação, como aquelas oferecidas por DNA ou análise comparativa de arcos dentários, mas sim de reconhecimento que pode levar à posterior identificação.

O presente trabalho utiliza o mesmo passo-a-passo abordado em Abdullah et al. (2022) [B15], iniciado com a complementação das regiões faltantes do crânio, seguindo com a projeção do perfil e estruturas da face a partir de dados estatísticos, gerando o volume do rosto com o auxílio da técnica de deformação anatômica e o acabamento com o detalhamento da face, configuração dos cabelos e geração das imagens finais.

Inicialmente buscou-se levantar os dados volumétricos do crânio de Nazlet Khater 2, posto que tal peça é fundamental para o processo de aproximação facial. Durante uma visita ao Egito e ao Museu Nacional da Civilização Egípcia, em Fustad (<https://nmec.gov.eg/>), um dos autores (M.E.S.), capturou duas sequências de vídeo em fullhd da porção lateral mais completa do crânio NK2. Os vídeos foram processados no add-on OrtogOnBlender ([http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/OrtogOnBlender/index.html](http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/index.html)), onde foram convertidos em uma sequência de imagens, das quais 72 foram selecionadas para o processo de fotogrametria [B7].

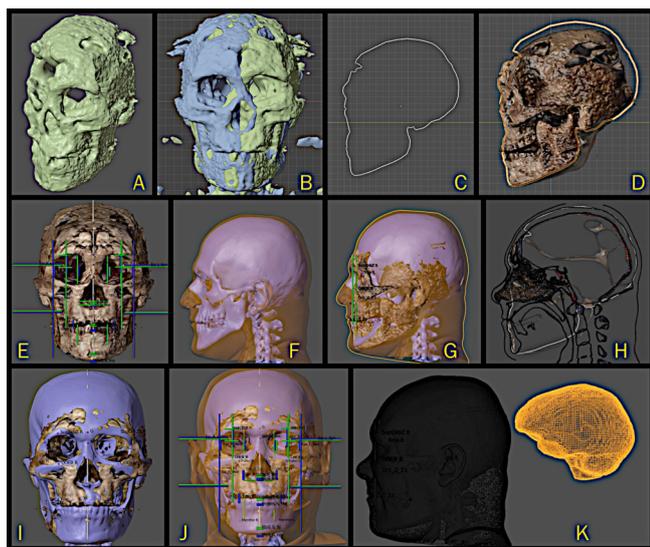


Figura2.1: Etapas da fotogrametria do crânio e deformação anatômica inicial, resultando na recuperação estrutural do crânio, parte da aproximação facial e a segmentação do endocast.

No entanto, a qualidade não foi suficiente para evidenciar as estruturas, de modo que as imagens resultantes do processo foram utilizadas para a foto-

grametria efetuada no software Metashape (<https://www.agisoft.com/>), gerando resultados mais precisos [B8] e informações de superfície 3D mais detalhadas. A malha resultante da fotogrametria foi exportada como um arquivo .OBJ e importada no software Blender 3D (<https://www.blender.org/>), que abriga o add-on OrtogOnBlender, supracitado (Fig.2.1, A). O crânio foi então alinhado ao plano horizontal de Frankfurt e como a porção direita da estrutura apresentava uma grande região faltante, foi copiado e espelhado no eixo X (lados), de modo a fornecer parte da estrutura necessária para a recuperação total do crânio (Fig.2.1, B). A fotogrametria sem referências de escala não informa o tamanho do objeto, sendo assim as medidas devem ser efetuadas no crânio para posterior redimensionamento. Para colocar o crânio na escala, recorreu-se às medidas disponíveis no trabalho de Thoma (1984) [B6]. Ao observar o modelo 3D resultante da fotogrametria, percebeu-se uma aparente redução da estrutura superior do crânio em relação a fotografias apresentadas em outros trabalhos [B2] [B5] [B6]. O trabalho de Bruner & Manzi (2002) [B9] forneceu dados estruturais do crânio em vista lateral sem a deformação de perspectiva (vista ortogonal), graças à análise do volume a partir de uma tomografia computadorizada efetuada na peça (Fig.2.1, C). Ao se comparar as estruturas atestou-se que, de fato, o crânio advindo da fotogrametria apresentava uma região superior menor do que a vista ortogonal da peça tomografada, além disso o encaixe da mandíbula do modelo 3D parecia um pouco mais retraído, avançando a região do pório, o que ocultava um quadro de prognatismo mandibular (classe III), mais claramente visível na projeção 2D da visão ortográfica da tomografia (Fig.2.1, D). Os erros estruturais podem ser resultantes de alguma alteração estrutural da peça ou colagem que tenha alterado a sua configuração anterior. Tal situação é evidenciada pela compatibilidade em relação à maioria das estruturas do crânio ao se comparar a fotogrametria com a vista lateral ortográfica da tomografia, exceto na parte superior onde há perda de volume, bem como a posição da mandíbula, as linhas tendem a se sobrepor quase perfeitamente. Uma vez que o crânio estava corrigido e ajustado à escala real, além de conter informações da região faltante graças ao espelhamento estrutural, foi possível informar alguns pontos anatômicos que fornecem projeções de média e proporcionalidade, resultantes de estudos efetuados em tomografias de indivíduos vivos [B10] [B11]. Ainda que tal projeção fosse suficiente para mostrar uma série de linhas de estruturas a serem colocadas futuramente, como os globos oculares, estrutura frontal o nariz etc., e tenha mostrado um crânio dentro das dimensões esperadas no eixo Z nas regiões da maxila e mandíbula (Fig.2.1, E), as mesmas não foram completas, uma vez que faltavam alguns dados como os forames infra orbitais, forames mentais, ponto nasoespinal etc. Para encontrar a posição das estruturas faltantes e corrigir o volume da região superior do crânio, foi necessá-

rio proceder com uma técnica intitulada deformação anatômica, abordada em Moraes et al. (2023) [B12]. Para efetuar tal técnica, inicialmente importa-se a malha de um doador virtual composta pelo tecido ósseo (crânio), tecido mole (face) e endocast segmentado (Fig.2.1, F). Tal estrutura é alinhada ao crânio a ser recuperado/aproximado (Fig.2.1, G). Uma série de deformações estruturais são efetuadas, grosso modo, como se se tratasse de uma estrutura com flexibilidade de uma borracha, mas que mantém os estados de esticamentos. Sendo assim, ao se deformar o crânio do doador e ajustá-lo a estrutura do NK 2, além de recuperar as regiões faltantes deste e corrigir as regiões que sofreram alterações após o estudo tomográfico, também ajustam o tecido mole, funcionando com uma forma de aproximação facial forense, gerando um crânio e um perfil facial do indivíduo NK 2 (Fig.2.1, H). Com a estrutura completa do crânio recuperada, graças à deformação anatômica (Fig.2.1, I), foi possível identificar as regiões faltantes para a colocação de todos os pontos necessários para a projeção estrutural, gerando dados mais robustos para a projeção estrutural, gerando dados mais robustos sobre o tamanho dos lábios e do nariz (Fig.2.1, J). Além do crânio recuperado e de um perfil prévio da face, foi possível segmentar a estrutura do endocast do NK 2 (Fig.2.1, K).

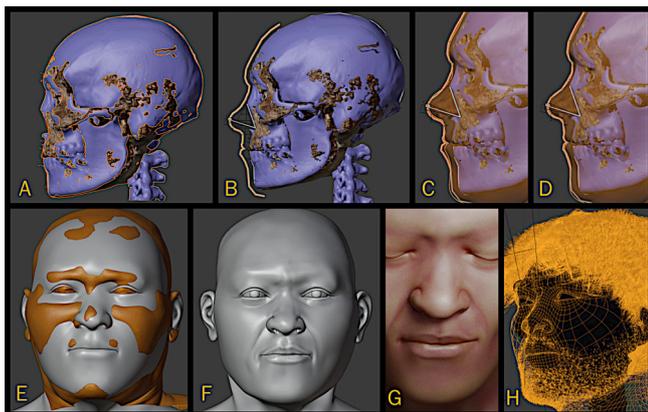


Figura 2.2: Etapas finais da aproximação facial.

A etapa final da aproximação facial seguiu com a distribuição de marcadores de tecido mole em pontos pré-definidos do crânio (Fig.2.2, A), tais marcadores advêm do trabalho de El Mehallawi (2000) [B16] e tratam-se de medidas efetuadas em uma amostra composta por egípcios atuais. Além dos marcadores, o nariz foi projetado seguindo outro estudo, efetuado em tomografias computadorizadas de indivíduos vivos [B17], que fornece os dados necessários para a direção e posição do ponto pronasale a partir de algumas dimensões do crânio a ser aproximado, permitindo o traçado do perfil da face (Fig.2.2, B). Ao se sobrepor o modelo proveniente da deformação anatômica e o perfil da face, projetado por outra técnica, percebe-se a compatibilidade das duas abordagens (Fig.2.2, C). Uma leve interpolação é feita, buscando compatibilizar as duas projeções (Fig.2.2, D). Seguindo a abordagem descrita em Abdullah et al.

(2022) [B15], uma malha proveniente de uma outra aproximação facial é importada e ajustada ao rosto de NK 2, inicialmente com uma face simplificada, sem muitos detalhes (Fig.2.2, E). Posteriormente, detalhes faciais são adicionados a partir da escultura digital (Fig.2.2, F). A pigmentação da textura facial é ajustada, bem como o material que define elementos visuais como brilho, translucidez e outras características (Fig.2.2, G). Os cabelos e demais pelos são configurados (Fig.2.2, H) e deste modo, as imagens finais poderão ser geradas.

## 2.3 Resultados e Discussão

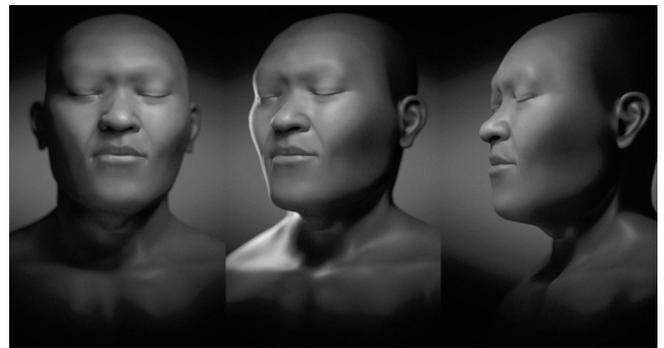


Figura 2.3: Aproximação facial com elementos mais objetivos.

Foram trabalhadas duas abordagens relacionadas a aproximação facial, uma mais objetiva e científica e outra mais subjetiva e artística. A abordagem científica consistiu em um busto dotado dos elementos intimamente ligados aos aspectos estatísticos da aproximação e uma vez que a etapa inicial do processo foi composta apenas por dados colhidos de tomografias e mensurações de indivíduos vivos e de população compatível, foi possível gerar uma face anatômica coerente e, para reduzir a incompatibilidade na região da órbita, foram renderizadas imagens com os olhos fechados, assim como para evitar especulações acerca da tonalidade da pele, sem pelos e cabelos, pois não há informações acerca da configuração destas estruturas e a coloração escolhida foi a escala de cinza, evitando a informação da tonalidade da pele, para a qual também não há informações disponíveis (Fig.2.3).

A abordagem mais artística consiste em uma imagem colorida, com os olhos abertos, com barba e cabelos (Fig.2.4). Ainda que contenha elementos especulativos acerca da aparência do indivíduo, por se tratar de um trabalho que será apresentado ao público geral, fornece os elementos necessários para uma humanização completa, muito difícil de se viabilizar apenas com a exposição do crânio e deficiente na imagem objetiva em escala de cinza e com os olhos fechados. Além disso, a configuração é consistente com as análises antropológicas efetuadas no crânio, sugestivas para a ancestralidade africana (negroide) [B4]



Figura2.4: Aproximação facial com elementos a adição de elementos subjetivos.

[B6].

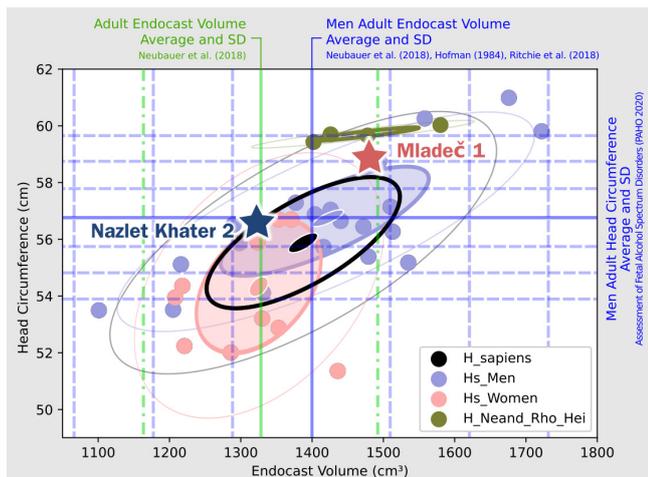


Figura2.5: Distribuição de mensurações volumétricas e lineares efetuadas em endocasts e circunferências da cabeça.

Além do levantamento do endocast também foi efetuada a medida da circunferência da cabeça. Tais dados foram plotados em um gráfico (Fig.2.5) com 30 samples, divididos em dois grupos principais, composto por 34 *H. sapiens* e 4 indivíduos dos gêneros espécies *H. neanderthalensis*, *H. heidelbergensis* e *H. rhodesiensis*. O grupo *H. sapiens* foi ainda dividido em dois subgrupos compostos por homens e mulheres. O volume do endocast do NK2 levantado foi de 1323 cm<sup>3</sup>, um resultado relativamente próximo, com 5,5% menos volume que estudo efetuado na década de 1980, cujo resultado foi de 1400 cm<sup>3</sup> [B4]. Além disso, está dentro da média global de endocasts de humanos modernos, segundo Neubauer et al. (2018) [B18]. Quando a média é ajustada para o sexo masculino, segundo os dados disponibilizados por Hofman (1984) [B19] e

Ritchie et al. (2018) [B20], o endocast de NK2 ainda se posiciona dentro de um desvio padrão do esperado para o grupo. A título de comparação com outro crânio pertencente ao Paleolítico Superior foi destacado, trata-se do fóssil Mladeč 1 (31.000 AP), encontrado na República Tcheca, no século 19 [B21]. No entanto, mesmo se tratando de um indivíduo do sexo feminino, há uma significativa diferença entre os dois destacados, posto que Mladeč 1 tem mais afinidades com a amostra do sexo masculino e se aproxima mais da média dos *H. sapiens* e outros hominídeos do que o subgrupo feminino.

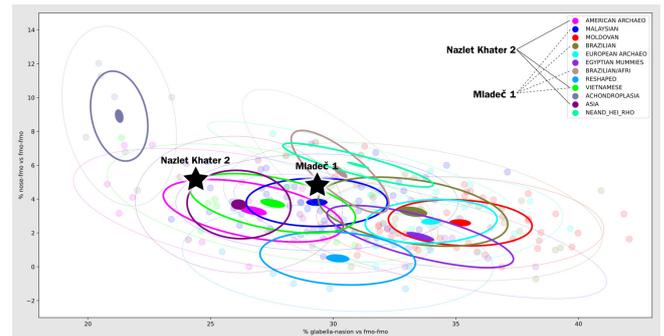


Figura2.6: Cluster populacional.

Ao se observar o cluster populacional [B22], baseado em medidas do meio da face (fmo-fmo, ec, G e N), percebe-se que o fóssil NK2 tem mais afinidades com populações asiáticas (Fig.2.6), o que pode ser explicado pela estrutura menos protuberante da região dos olhos e do nariz. Já o fóssil Mladeč 1, se encontra em uma posição mais afastada do outro e ainda que tenha afinidade com populações asiáticas, também o tem com o subgrupo de brasileiros com ancestralidade africana e está mais próxima do grupo dos demais hominídeos (NEAND\_HEI\_RHO) do que o fóssil NK2. Ainda que se trate de fósseis que possam ter existido em um mesmo período, tais diferenças podem ser explicadas pelo fato já estudado de que as amostras europeias e norte-africanas do Paleolítico Superior parecem exibir maior variabilidade cranio-métrica do que amostras humanas recentes [B5].

## **2.4 Conclusão**

O presente trabalho foi bem sucedido na aproximação facial do fóssil NK2, tendo como base duas pequenas capturas de vídeo, que forneceram material suficiente para reconstruir a volumetria básica do crânio, complementada posteriormente por dados extraídos de artigos publicados em journals revisados por pares.

## **2.5 Agradecimentos**

Ao Dr. Richard Gravalos por ceder a tomografia do doador virtual utilizada neste estudo.



# A Aproximação Facial Digital 3D do *Homo floresiensis* Baseada em Deformação Anatômica



**Cicero Moraes**

3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil

**Luca Bezzi**

Arqueólogo, Arc-Team, Cles-TN, Itália

**Alessandro Bezzi**

Arqueólogo, Arc-Team, Cles-TN, Itália

Data da publicação: 6 de junho de 2023

ISSN: 2764-9466 (Vol. 4, nº 1, 2023)

DOI: 10.6084/m9.figshare.23304077

**Atenção:** Este material utiliza a seguinte licença Creative Commons: **Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**.

## 3.1 Introdução

### 3.1.1 *Homo floresiensis*

Em outubro de 2003 um esqueleto foi encontrado na caverna de Liang Bua, localizada na Ilha de Flores, Indonésia, e recebeu o nome com as iniciais do local, passando a ser conhecida como LB1 (Liang Bua 1). Segundo os estudos iniciais, tratava-se de um indivíduo que pertenceu ao gênero *Homo*, de baixa estatura (1,06 m), provavelmente do sexo feminino, com o volume do endocrânio entre 380 e 417 cm<sup>3</sup> e morto há ~16.000-18.000 anos antes do presente (BP). Por conta do seu mosaico de características que dificultavam a compatibilização ampla com outros homínidos conhecidos, foi classificado como *Homo floresiensis*. Apresentado ao mundo em 2004, recebeu uma alcunha inspirada na grande popularidade da franquia de filmes do Senhor dos Anéis e seus diminutos e carismáticos personagens, passando a ser conhecido como o Hobbit de Flores [C1] [C2] [C3] [C4] [C5].

Se por um lado, a descoberta provocou grande assombro e interesse técnico, frente às novidades que apresentava, por outro levantou um significativo debate sobre a autenticidade dos argumentos que indicavam uma nova espécie, cujas reduzidas dimensões poderiam ser o resultado do que se conhece por nanismo insular. Dentre várias abordagens, alguns pesquisadores contra argumentaram que, na verdade, tal descoberta poderia ser um indivíduo pertencente ao grupo dos *Homo sapiens* que sofrera uma série de síndromes e com um quadro de microcefalia. Frente ao ineditismo estrutural do *Homo floresiensis* e a escassez de dados, os argumentos indicando que se trata de uma nova espécie ainda se mantêm firmes e com aparente vantagem, mas o debate segue vivo, algo esperado (e fomentado) no meio científico [C2] [C3] [C4] [C5].

Depois de sua descoberta e popularização, uma série de aproximações faciais do crânio LB1 foram apresentadas, com abordagens diferentes, algumas mais atreladas a elementos arcaicos dos ossos e outras a elementos modernos, utilizando dados de humanos modernos para gerar o rosto do Hobbit de Flores [C6].

### 3.1.2 As Mostras Faces da Evolução e FACCE

Nos anos 2013 e 2014 os autores trabalharam na composição de duas mostras que cobriam a evolução humana. Uma no Brasil, nomeada de Faces da Evolução, sendo realizada em 2013 nas dependências do Museu Egípcio e Rosacruz [C7] e outra nomeada de FACCE - i molti volti della storia umana, realizada em 2015 nas dependências do Museu de Antropologia da Universidade de Estudos de Pádua, Itália [C8]. Na ocasião, o crânio do *Homo floresiensis* foi modelado a partir de imagens ortográficas [C9], gerando a base para a confecção de duas faces com abordagens diferentes, uma apresentada na mostra de 2013, produto de escultura digital [C10] e outra gerada a partir da técnica de deformação anatômica [C11].

No decorrer de mais de uma década dedicada ao estudo da aproximação facial, os autores têm atualizado alguns trabalhos, de modo a comparar as aproximações e analisar a evolução das técnicas empregadas. Dois exemplos que ilustram tal abordagem são os casos da múmia Tothmea, cuja face foi apresentada em 2012 [C12] e posteriormente em 2019 [C13] e Santo Antônio de Pádua, que teve o rosto apresentado em 2014 [C14] e posteriormente em 2022, com artigo publicado no journal Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage (DAACH) [C15]. Tais exemplos remetem apenas a indivíduos *Homo sapiens*, sendo este trabalho a primeira revisita a uma espécie diferente já trabalhada pela equipe.

É importante pontuar que, todas as aproximações supracitadas que foram executadas pela atual equipe, bem como todas as demais apresentadas nas mostras abordadas, foram disponibilizadas na plataforma Wikimedia Commons, sob licença Creative Commons (<https://bit.ly/3WQtxOx>).

## 3.2 Materiais e Métodos

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [C16] é uma técnica auxiliar de reconhecimento, que reconstrói/aproxima a face de um indivíduo a partir do seu crânio e é utilizada quando há escassa informação para a identificação de um indivíduo [C17]. Nota-se que a técnica não se trata de identificação, como aquelas oferecidas por DNA ou análise comparativa de arcos dentários, mas sim de reconhecimento que pode levar à posterior identificação.

Por se tratar de um animal extinto e sem análogos modernos completamente compatíveis, o presente trabalho valeu-se apenas da abordagem conhecida como deformação anatômica, a ser explanada a frente. Com a exceção do uso dos marcadores de espessura de tecido mole e traçado do perfil da face, os autores seguiram a mesma abordagem apresentada

em Abdullah et al. 2022 [C18] e Moraes e Santos 2023 [C19].

O processo de modelagem foi efetuado no software Blender 3D, rodando o *add-on* OrtogOnBlender ([http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/OrtogOnBlender/index.html](http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/index.html)) e seu submódulo ForensicOnBlender. O programa e o *add-on* são gratuitos, de código aberto e multiplataforma, de modo que podem rodar no Windows ( $\geq 10$ ), no MacOS ( $\geq$  BigSur) e no Linux (=Ubuntu 20.04).

No caso do presente trabalho, foi utilizado um computador *desktop* com as seguintes características:

- Processador Intel Core I9 9900K 3.6 GHZ/16M; 64 GB de memória RAM;
- GPU GeForce 8 GB GDDR6 256-bit RTX 2070;
- Placa mãe Gigabyte 1151 Z390; SSD SATA III 960 GB 2.5”;
- SSD SATA III 480 GB 2.5”;
- Water Cooler Masterliquid 240V;
- Linux 3DCS (<https://github.com/cogitas3d/Linux3DCS>), baseado no Ubuntu 20.04.

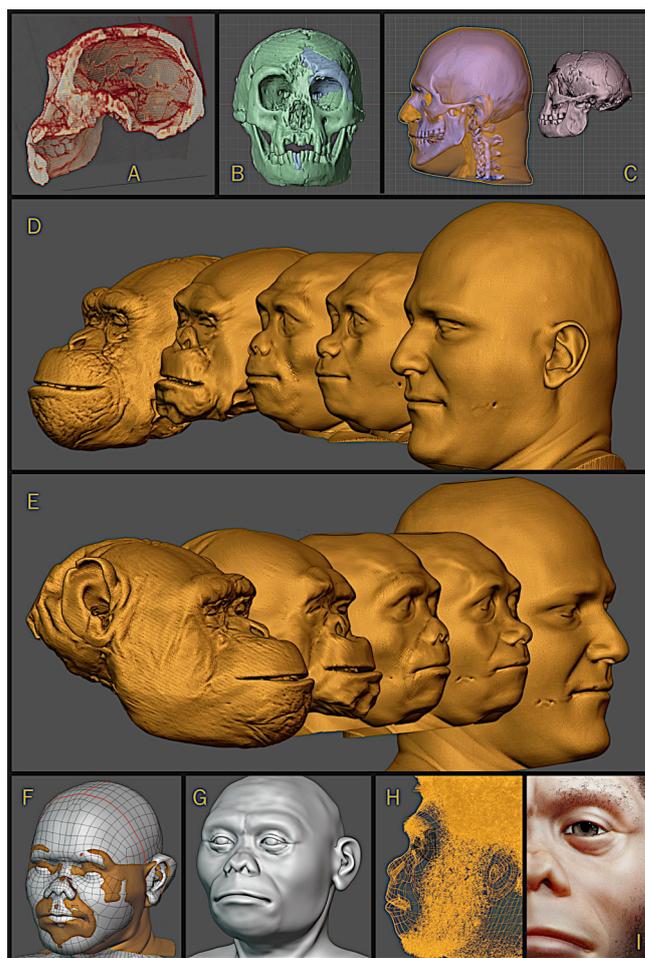


Figura 3.1: Etapas da aproximação facial por deformação anatômica.

A tomografia computadorizada do crânio LB1, gentilmente disponibilizada pelo Dr. Peter Brown em seu site pessoal, para trabalhos sem fins comerciais [C20], foi importada pelo OrtogOnBlender (Fig.3.1, A) utilizando dois valores (*factors*) de *threshold* fixados em -300 para o fóssil completo e 200 para a região óssea [C21], resultando em uma malha 3D com algumas regiões faltantes e complementadas com o espelhamento da região mais completa de modo a reconstruir a região com o defeito (Fig.3.1, B). A tomografia de um doador virtual é importada de modo a proceder com a técnica de deformação anatômica, inicialmente um *Homo sapiens* (neste ponto é possível comparar de modo ortogonal a diferença das dimensões entre os crânios) (Fig.3.1, C) e posteriormente um *Pan troglodytes* (Fig.3.1, D e E). Tal técnica foi amplamente utilizada desde o ano de 2013 e passou por testes de avaliação que consistiam na conversão de uma espécie em outra, como a deformação de um *Pan troglodytes* para um *Gorilla gorilla* e vice-versa, sendo bem sucedida na abordagem [C22]. Por apresentar características de espécies diferentes na estrutura do seu crânio, a deformação anatômica do *Homo floresiensis* foi feita em três etapas: 1) O ajuste do crânio, do tecido mole e endocrânio de um humano à estrutura do *H. floresiensis*, 2) O ajuste do crânio, do tecido mole e endocrânio de um *Pan troglodytes* à estrutura do *H. floresiensis* e 3) A interpolação das duas deformações em apenas uma contendo elementos mistos (Fig.3.1, D e E ao centro). A técnica de deformação mista é utilizada há quase uma década pela equipe que compôs este trabalho e um exemplo da sua aplicação pode ser observado em um vídeo no YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=zNAGJHC4pPI>). Naquela oportunidade a deformação era efetuada com o modificador Lattice do Blender, atualmente ela é efetuada no modo de edição com o Proportional ativo ([https://youtu.be/xig5\\_EcIFWA](https://youtu.be/xig5_EcIFWA)). Uma vez que a deformação está completa, a malha facial de outra aproximação facial é aproveitada e ajustada sobre a face interpolada (Fig.3.1, F), seguindo a abordagem descrita em Abdullah et al. 2022 [C18] e Moraes e Santos 2023 [C19]. A malha facial recebe ajustes estruturais via escultura digital com auxílio de uma mesa digitalizadora (Wacom Bamboo CTL-470), mas que poderia ser efetuada com um mouse sem grandes dificuldades (Fig.3.1, G). Em seguida a configuração anterior da pelagem é ajustada de modo a se compatibilizar com um misto de distribuição superficial presente no *Pan troglodytes* e no *Homo sapiens* (Fig.3.1, H). Finalmente a textura e material da superfície também é reajustado e a iluminação digital composta de modo a evidenciar os detalhes estruturais da face (Fig.3.1, I).

### 3.3 Resultados

Foram trabalhadas duas abordagens relacionadas a aproximação facial, uma mais objetiva e outra mais artística. A abordagem objetiva consistiu em um busto dotado dos elementos intimamente ligados aos aspectos anatômicos da aproximação e uma vez que a etapa inicial do processo foi composta apenas por dados colhidos de tomografias, foi possível gerar uma face anatomicamente coerente, em escala de cinza, pois não é possível saber com exatidão a coloração da pele, também sem pelos e cabelos, posto que não há informações acerca da configuração destas estruturas (Fig. Fig.3.2, Fig.3.3, Fig.3.4, Fig.3.5).

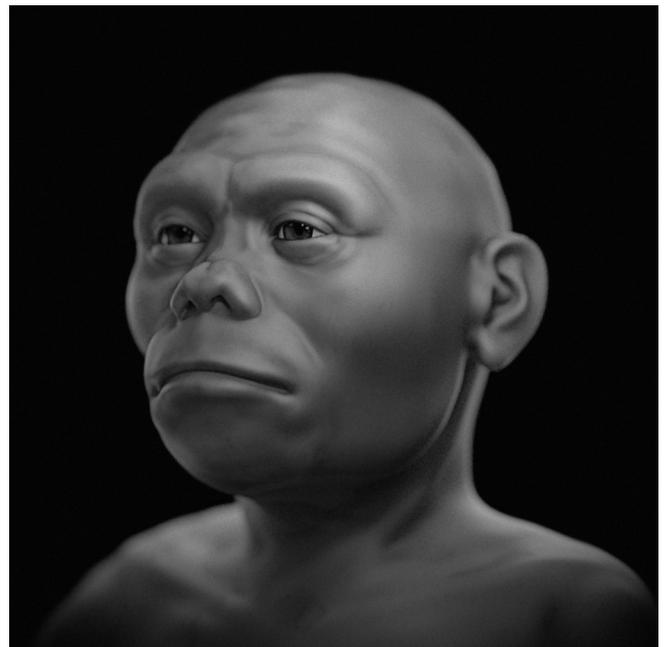


Figura3.2: Aproximação facial objetiva, 3/4.

A abordagem mais artística consiste em uma imagem com a coloração da pele e com pelos (Fig.3.6 e Fig.3.7). Ainda que contenha elementos especulativos acerca da aparência do indivíduo, por se tratar de um trabalho que será apresentado ao público geral, fornece os elementos necessários para que passe um aspecto vivificado do hominídeo, muito difícil de se viabilizar apenas com a exposição do crânio e pobre de apelo visual na imagem objetiva em escala de cinza.

O endocrânio do *Homo floresiensis*, segmentado a partir da malha advinda da tomografia computadorizada resultou em 422 cm<sup>3</sup>/ml, o que o torna compatível com o range de 380 e 417 cm<sup>3</sup> apresentado em outros estudos [C1] [C2] [C3] [C4] [C5]. Além da segmentação do endocrânio LB1, também foram segmentados os dois outros advindos das deformações anatômicas do *Homo sapiens*, cujo volume deformado é de 446 cm<sup>3</sup> (+5,69%) e do *Pan troglodytes*, cujo volume deformado é de 450 cm<sup>3</sup> (+6,22%). As diferenças positivas (+) de volume apresentadas nas deformações anatômicas podem ser explicadas principalmente pela diferença de espessura do osso craniano,



Figura3.3: Aproximação facial objetiva, frontal.



Figura3.5: Aproximação facial objetiva, lateral superior.



Figura3.4: Aproximação facial objetiva, lateral.



Figura3.6: Aproximação facial com elementos especulativos, ¾.



Figura3.7: Aproximação facial com elementos especulativos, frontal.

significativamente menor nas tomografias nos animais modernos utilizados nesta abordagem. Um fato potencialmente interessante se revelou ao se observar os endocrânios resultantes lado a lado, o volume do *Homo floresiensis* parece contar com elementos dos dois outros, sendo o relacionado ao *Pan troglodytes* localizado na porção anterior central e o do *Homo sapiens* mais marcadamente próxima ao plano central na região inferior (Fig.3.8).

Para se ter uma ideia mais clara acerca da possível compatibilidade do *Homo floresiensis* com animais modernos, especialmente primatas, o cluster gerado pelos dados de volume do endocrânio (disponível em Moraes e Santos 2023 [C19]) foi complementado por dados extraídos de tomografias e crânios/cabeças de outros animais, disponíveis em portais como o Digital Morphology Museum (KUPRI), Japão (<http://dmm.pri.kyoto-u.ac.jp/> o site está desativado desde maio de 2023), o Digital Morphology (<http://digimorph.org/>) e o Sketchfab (<https://sketchfab.com/>). Além dos animais modernos, os crânios de hominídeos das mostras brasileira e italianas supracitadas foram utilizados e plotados juntamente com os demais (Fig.3.9, Fig.3.10).

Ao se posicionar em um gráfico 2D a relação entre o volume do endocrânio e a circunferência da cabeça, a posição do *Homo floresiensis* LB1 divide o espaço com chimpanzés (*Pan troglodytes*) e orangotangos (*Pongo abelii/pygmaeus*), bem como a proximidade entre espécies evidenciam uma afinidade maior com os gorilas (*Gorilla gorilla*) do que com humanos modernos (*Homo sapiens*). Se aplicada a abordagem descrita por Moraes et al. 2023 [C23], onde a conversão do endocrânio para o volume cerebral é uma redução de 9,81%, o valor resultante para o cérebro do *Homo flo-*

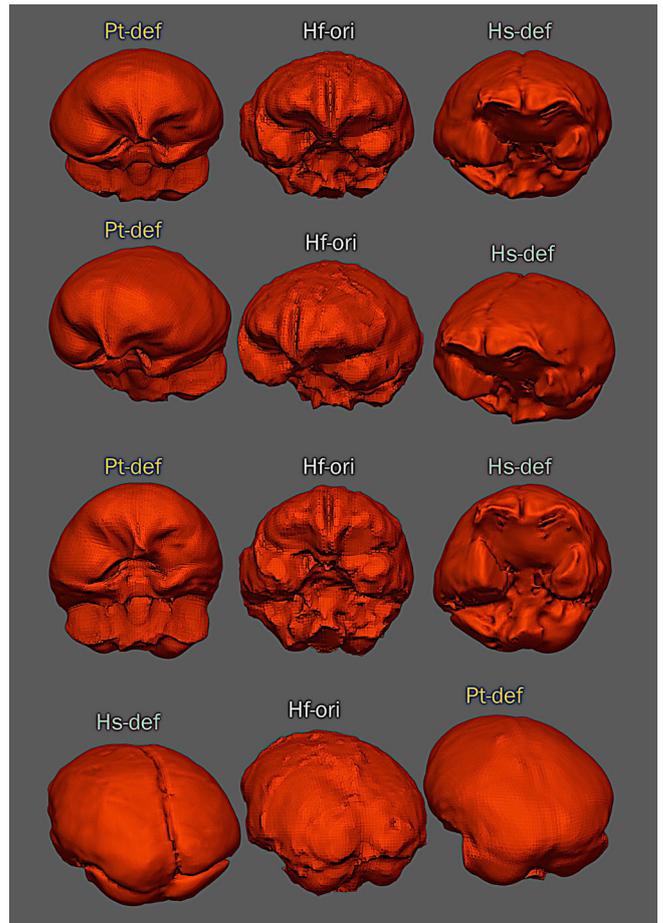


Figura3.8: Comparação entre os volumes dos endocrânios. Pt-def: *Pan troglodytes* depois da deformação anatômica para se adequar ao crânio a ser aproximado, Hf-ori: *Homo floresiensis* original e Hs-def: *Homo sapiens* após deformação anatômica para se adequar ao crânio a ser aproximado.

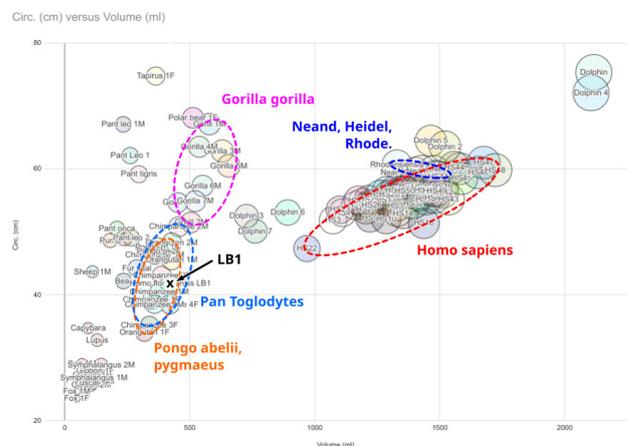


Figura3.9: Cluster de distribuição de animais diferentes. Volume na horizontal e circunferência da cabeça na vertical (n=107).

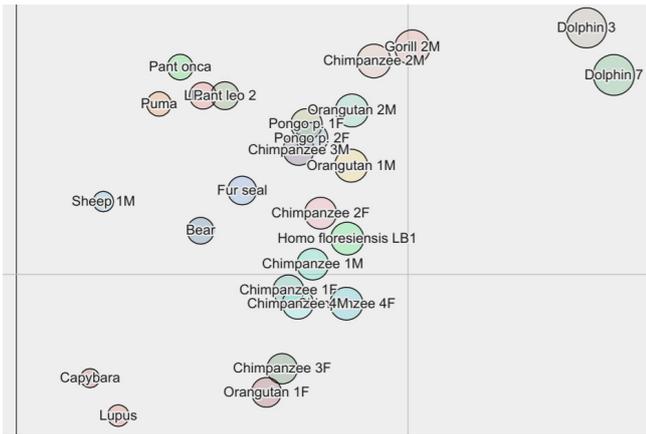


Figura3.10: Zoom na região do cluster onde está presente o *Homo floresiensis* (ao centro).

*resiensis* é de  $\sim 381 \text{ cm}^3/\text{ml}$ . Se tal valor for comparado com a média esperada para um humano moderno do sexo feminino, que é de  $1116 \text{ cm}^3 (\pm 90)$  [C24], teremos uma diferença de  $-731 \text{ cm}^3$ , ou seja,  $-8,17 \text{ SD}$ .

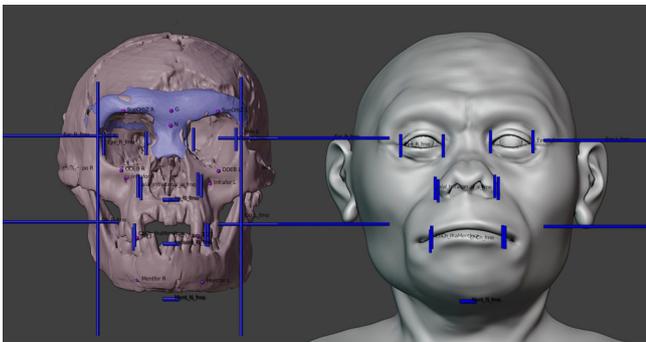


Figura3.11: Projeções efetuadas a partir da distância fmo-fmo (representado pelas linhas verticais maiores).

Um teste com a projeção de elementos faciais e do esqueleto, a partir da proporção da distância entre os pontos fmo-fmo (orbital frontomalar) [C25], resultou em limites bastante compatíveis com o crânio e o tecido mole do exemplar LB1 (Fig.3.11). Observa-se que os limites dos incisivos e do mento no eixo Z, estão dentro do desvio padrão, já os limites dos gônios, que nos humanos modernos geralmente coincidem com o fmo, no LB1 revelou uma mandíbula mais expandida no eixo X, o que explica a face robusta, grosso modo, tendendo a um “formato quadrado”. No tecido mole percebe-se que os limites dos olhos (eixo X), nariz (eixo X) e orelhas (eixo Z), projetados pela proporção fmo-fmo casaram perfeitamente com a aproximação facial, já os lábios excederam os limites esperados para o ch-ch (chellion, eixo X). Isso se explica pela projeção dos dentes no eixo X, ser significativamente maior do que em humanos modernos, o que faz com que o arco dos lábios seja também maior, algo corroborado pelas deformações anatômicas em espécies diferentes. Duas aulas sobre como utilizar as projeções faciais a partir de pontos anatômicos no OrtogOnBlender estão disponíveis abertamente pela internet: Aula 1 de 2

(<https://youtu.be/U6oYkEmfyWo>), Aula 2 de 2 (<https://youtu.be/Vcz2e5uSFX8>).

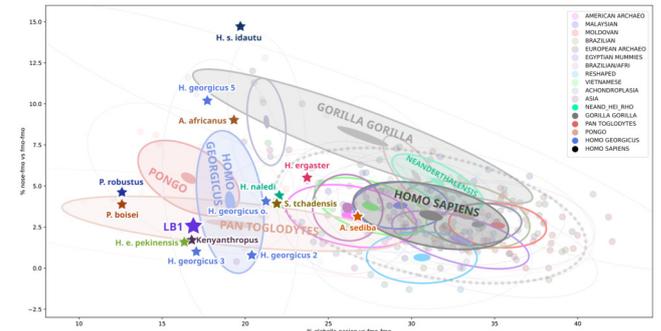


Figura3.12: Cluster relacionados às medidas na região dos ossos e osso nasal (n=258).

A distância fmo-fmo, além de auxiliar a projeção de estruturas faciais, também se mostrou útil no agrupamento populacional efetuado a partir da comparação com outras duas medidas na região dos olhos e do nariz. Inicialmente os trabalhos se concentraram em medições efetuadas apenas em humanos modernos e arqueológicos [C26], mas posteriormente os pesquisadores incrementaram o banco de dados com outras espécies (Fig.3.12). Neste trabalho a versão mais completa do gráfico plotado mostra uma afinidade do *Homo floresiensis* com os grupos compostos por chimpanzés (*Pan troglodytes*, indivíduos do gênero espécie *Homo georgicus*, orangotangos (*Pongo*) e samples únicos de um *Kenyanthropus* e um *Homo erectus pekinensis*. No caso do *Homo sapiens*, uma segunda elipse pontilhada, cobrindo  $\sim 95\%$  da amostra evidencia o distanciamento em relação ao *Homo floresiensis* (LB1).

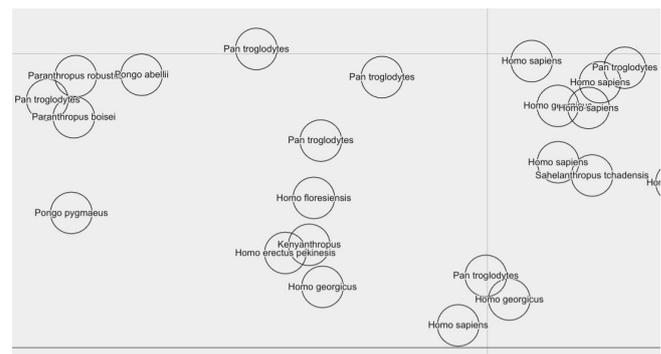


Figura3.13: Zoom na distribuição das espécies com o *Homo floresiensis* ao centro.

Ao observar a distribuição das espécies com maior proximidade (zoom) (Fig.3.13), nota-se que o posicionamento do *Homo floresiensis* se distancia dos pontos mais extremos da amostra humana, entre outras espécies, em uma região de “transição” estrutural, curiosamente lembrando os quadros 17 e 18 de um gif animado, apresentado no topo de um trabalho postado por um dos autores (C.M.) há 9 anos, ao demonstrar a conversão de um *Homo sapiens* em um *Austra-*

*lopithecus afarensis* em um trabalho acerca do uso da deformação anatômica na aproximação facial (<http://www.ciceromoraes.com.br/blog/?p=1767>).

### **3.4 Conclusão**

Mais uma vez a técnica de deformação anatômica se mostrou útil na aproximação facial de hominídeos extintos, uma vez que supre a ausência de marcadores de espessura de tecido mole, indisponíveis para o gênero/espécie *Homo floresiensis*. A composição de um modelo resultante da interpolação de dois análogos modernos oferece ao público geral uma versão da face mais coerente com a mistura de elementos de espécies diferentes, evidenciados no crânio LBI.

### **3.5 Agradecimentos**

Ao Dr. Richard Gravalos, ao Dr. Peter Brown e ao Digital Morphology Museum (KUPRI) por cederam as tomografias computadorizadas utilizadas na aproximação facial digital apresentada neste trabalho.



# A Aproximação Facial Digital 3D de Ava (Escócia, ~3806 AP)



**Atenção:** Este material utiliza a seguinte licença Creative Commons: **Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**.

## 4.1 Introdução

O ano de 1987 marcou a descoberta de uma ossada arqueológica, acompanhada de uma taça de cerâmica, em Achavanich, Escócia. Vinte e sete anos depois, uma série de pesquisadores iniciaram um projeto que abrangeria os anos de 2014 a 2017, com o intuito de revelar mais acerca da história daqueles restos mortais. Inicialmente o projeto foi nomeado de Achavanich Beaker Burial Project ou **Ava** (de Ach **ava** nich), posteriormente tal nome passou a indicar os restos mortais e, logo, a face resultante. Os pesquisadores reconstruíram a disposição dos ossos no momento da descoberta, posto que não havia tal documentação disponível, apenas fotografias que serviram como base para que a organização fosse efetuada. Também procederam com a análise antropológica, afirmando que o esqueleto se tratava de um indivíduo do sexo feminino, com a altura estipulada em ~1.71 m, e que havia morrido por volta dos 18-25 anos, há 3806 ( $\pm 21$ ) anos antes do presente (AP). A análise do DNA reforçou que se tratava de uma mulher, bem como sugeriu que os olhos dela eram castanhos, o cabelo preto e a pele levemente mais escura que os escoceses atuais [D1].

Além das abordagens supracitadas, o projeto Ava contou com a participação do artista forense Hew Morrison (<https://www.facebook.com/hewmorrisonforensicart>), que procedeu com a aproximação facial do crânio, resultando na face oficial do projeto apresentada para a mídia no ano de 2018, angariando grande notoriedade e oferecendo um aspecto humanizado aos restos mortais, acessíveis a maioria da população, o que gerou grande interesse e foi um dos fatores responsáveis pela viralização do trabalho em equipe [D1].

Os autores também disponibilizaram uma homepage do Achavanich Beaker Burial Project (<https://achavanichbeakerburial.wordpress.com/about/>), onde os resultados estão disponíveis a todos os interessados.

**Importante:** O autor deste material recomenda for-

### Cicero Moraes

\* 3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil.

\* Bacharel em Marketing.

\* Dr. h. c. FATELL/FUNCAR.

\* Mensa Brazil member since 2023.

\* Revisor convidado: Elsevier, Springer Nature e Public Library of Science.

\* Guinness World Records 2022 - First 3D-printed tortoise shell.

\* Google Scholar.<sup>2</sup>

\* ResearchGate.<sup>3</sup>

\* ORCID.<sup>4</sup>

\* Web of Science.<sup>5</sup>

\* Homepage.<sup>6</sup>

Data da publicação: 22 de junho de 2023

ISSN: 2764-9466 (Vol. 4, nº 1, 2023)

DOI: 10.6084/m9.figshare.23560587

<sup>2</sup> <https://scholar.google.com.br/citations?user=u33uvHUAAAAJ>

<sup>3</sup> <https://www.researchgate.net/profile/Cicero-Moraes>

<sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9479-0028>

<sup>5</sup> <https://www.webofscience.com/wos/author/record/HSH-2440-2023>

<sup>6</sup> <http://www.ciceromoraes.com.br>

temente que os interessados acessem e leiam o amplo artigo intitulado ‘Ava’: a Beaker-associated woman from a cist at Achavanich, Highland, and the story of her (re-)discovery and subsequent study, onde todos os detalhes do projeto original são ricamente explicados. Tal material pode ser acessado no seguinte link: <http://journals.socantscot.org/index.php/psas/article/view/10106/10071>

Há sete anos o usuário Open Virtual Worlds disponibilizou o crânio de Ava para visualização interativa e download, sob licença Creative Commons (CC Attribution) no portal Skechfab (<https://skfb.ly/UFBK>). Além do crânio, a taça escavada junto aos ossos também está disponível para visualização e download sob a mesma licença (<https://skfb.ly/UORW>).

Ao tomar conhecimento do crânio disponível sob licença livre e ler sobre o projeto em detalhes, o autor motivou-se a efetuar uma aproximação facial independente, complementando a própria pesquisa com alguns dados novos e seguindo o objetivo proposto pelos autores do projeto original, que é disseminar informações acerca da pré-história escocesa [D1].

## 4.2 Materiais e Métodos

### 4.2.1 Conceitos, Software e Hardware

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [D2] é uma técnica auxiliar de reconhecimento, que reconstrói/aproxima a face de um indivíduo a partir do seu crânio e é utilizada quando há escassa informação para a identificação de um indivíduo [D3]. Nota-se que a técnica não se trata de identificação, como aquelas oferecidas por DNA ou análise comparativa de arcos dentários, mas sim de um reconhecimento que pode levar à posterior identificação.

O presente trabalho utiliza o mesmo passo-a-passo abordado em Abdullah et al. (2022) [D4] e Moraes et al. (2023) [D5], iniciado com a complementação das regiões faltantes do crânio, seguindo com a projeção do perfil e estruturas da face a partir de dados estatísticos, gerando o volume do rosto com o auxílio da técnica de deformação anatômica e o acabamento com o detalhamento da face, configuração dos cabelos e geração das imagens finais.

O processo de modelagem foi efetuado no software Blender 3D, rodando o add-on OrtogOnBlender ([http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/OrtogOnBlender/index.html](http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/index.html)) e seu submódulo ForensicOnBlender. O programa e o add-on são gratuitos, de código aberto e multiplataforma, de modo que podem rodar no Windows (>=10), no MacOS (>=BigSur) e no Linux (=Ubuntu 20.04).

No caso do presente trabalho, foi utilizado um computador desktop com as seguintes características:

- Processador Intel Core I9 9900K 3.6 GHZ/16M; 64 GB de memória RAM;
- GPU GeForce 8 GB GDDR6 256-bit RTX 2070;
- Placa mãe Gigabyte 1151 Z390;
- SSD SATA III 960 GB 2.5”;
- SSD SATA III 480 GB 2.5”;
- Water Cooler Masterliquid 240V;
- Linux 3DCS (<https://github.com/cogitas3d/Linux3DCS>), baseado no Ubuntu 20.04.

### 4.2.2 Aproximação Facial 3D

No portal Sketchfab o usuário Open Virtual Worlds fornece o crânio Ava para download (<https://skfb.ly/UFBK>) sob licença Creative Commons (CC Attribution). A opção de arquivo escolhida no momento de baixar foi a Wavefront OBJ, cujo importador é fornecido pelo Blender 3D.

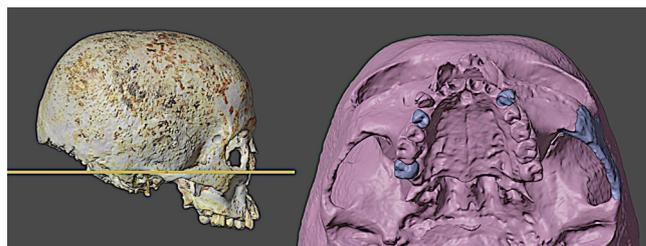


Figura4.1: Alinhamento ao Plano de Frankfurt e reconstrução de algumas partes faltantes por espelhamento.

O modelo continha 4.783.700 faces, um número elevado para os padrões dos trabalhos envolvendo aproximação facial forense, cujo teto geralmente se aproxima de 1.000.000 (1M) de faces, de modo a permitir visualização e edição fluídas. Para reduzir o número de faces o modificador Decimate foi acionado, com o fator setado em 0.20 e posteriormente aplicado, resultando em um modelo final com 956.739 faces. Tal procedimento manteve o nível de detalhes da superfície bem como da textura. Para manter a imagem da textura embutida no arquivo principal (.blend) a opção “Automatically Pack into .blend” foi acionada e o arquivo salvo. A origem do crânio 3D foi corrigida, de modo que a geometria geral da peça se deslocasse ao centro da cena 3D. Feito isso, o crânio foi posicionado no plano horizontal de Frankfurt (Fig.4.1, à esquerda), em seguida, graças à técnica de espelhamento algumas estruturas faltantes foram recuperadas, sendo as mesmas os dentes 13, 17 e 23, bem como o arco zigomático esquerdo (Fig.4.1, à direita). Observou-se que os caninos pareciam levemente deslocados para fora da arcada, mas nada que comprometesse a aproximação facial. Os incisivos superiores estavam faltantes,

bem como a mandíbula e parte da região do forame magno, sendo assim, foi necessário reconstruí-las.

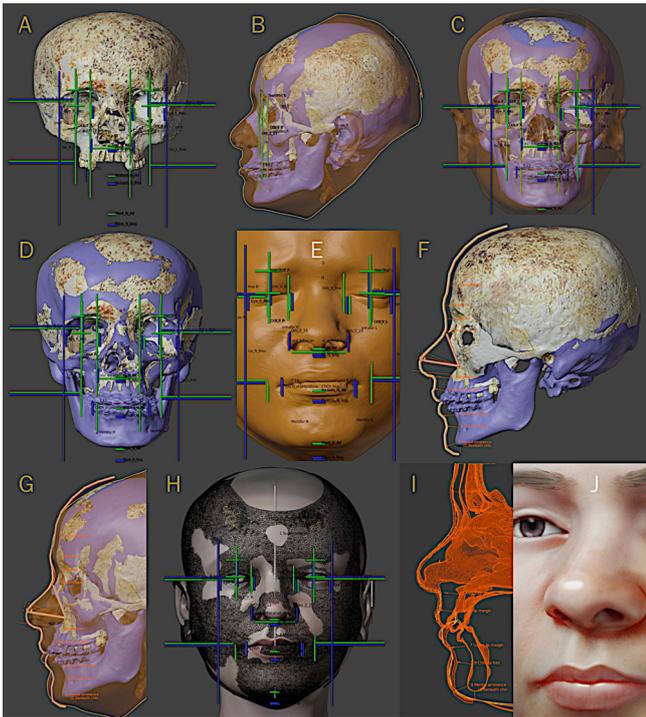


Figura 4.2: Etapas da aproximação facial digital.

Inicialmente foram projetadas linhas de proporções anatômicas (Fig. 4.2, A), baseadas em estudos de mensuração em tomografias computadorizadas [D6] [D7]. Duas aulas sobre tal abordagem podem ser acessadas no portal YouTube (1 de 2: <https://youtu.be/U6oYkEmfyWo>, 2 de 2: <https://youtu.be/Vcz2e5uSFX8>). Com a ausência da mandíbula, nesta etapa os pontos dos forames mentuais ficaram ausentes, o que não se mostrou problemático, posto que o objetivo inicial era a reconstrução da mandíbula. A projeção é feita por duas abordagens, uma baseada na média geral e outra na proporção da distância orbital frontomalar (fmo-fmo). O crânio Ava conta com uma distância fmo-fmo particularmente grande, sendo 103,10 mm, frente a média de 96,6 mm, resultando +1,44 SD. Tal distância é mais comumente presente em indivíduos robustos do sexo masculino. Ao se observar a projeção média (linhas verdes), percebe-se que as mesmas se compatibilizam mais com a posição dos pontos nasolabial e ponta dos incisivos, quando comparadas com as linhas proporcionais ao fmo-fmo (azuis) (Fig. 4.2, A). Sendo assim, evidencia-se que, na verdade, as estruturas no eixo Z do crânio Ava parecem estar levemente abaixo da média esperada, logo, as médias (linhas verdes) foram utilizadas como parâmetro de projeção, em detrimento das linhas proporcionais. A reconstrução dos ossos (+endocrânio) e dos tecidos moles (face) de uma doadora virtual foram importados (Fig. 4.2, B) e ajustados de modo a se compatibilizarem com o crânio Ava, pela técnica de deformação anatômica (aula disponível: [https://youtu.be/xig5\\_EcIFWA](https://youtu.be/xig5_EcIFWA)), ao

mesmo tempo que em que a mandíbula se adequou aos limites inferiores advindos do estudo efetuado com as tomografias computadorizadas de indivíduos vivos (Fig. 4.2, C). Com os dados dos forames mentuais foi possível complementar o sistema de projeção dos limites do tecido mole e ósseo (Fig. 4.2, D). Os limites das orelhas, dos olhos, lábios e base e largura das asas nasais se mostraram compatíveis com as projeções anteriores (Fig. 4.2, E). Para complementar os dados da aproximação facial, uma série de marcadores de espessura de tecido mole foi distribuída na superfície dos ossos, de modo a fornecer os limites da pele em tais regiões (Fig. 4.2, F). Tais limites foram extraídos de um estudo, cujas mensurações foram efetuadas por ultrassom em pessoas vivas, de ancestralidade europeia [D8]. Para a região do nariz, a projeção complementar, baseada em dados de tomografias computadorizadas [D9] [D7], por média e proporção (Fig. 4.2, F). uma aula detalhada sobre a técnica por ser acessada no seguinte link: <https://youtu.be/F205kLQ--Oo7>. Uma vez que haviam dois parâmetros de aproximação, utilizando a abordagem de Abdullah et al. (2022) [D4] a malha de outra aproximação facial foi importada e ajustada para que se adequasse às projeções, através da interpolação dos dados, uma vez que a projeção dos lábios na deformação anatômica se deveu em grande parte a presença de um aparelho ortodôntico na doadora virtual (Fig. 4.2, G, H e I). Os cabelos já pré-existent, foram configurados para se adequarem às características disponibilizadas pelo exame de DNA. A textura da pele também seguiu os parâmetros apresentados no exame [D1] (Fig. 4.2, J).

### 4.3 Resultados

As imagens finais foram geradas, baseadas nos dados da análise antropológica-forense, bem como o DNA (Fig. 4.3, Fig. 4.4, Fig. 4.5, Fig. 4.6). Por conter os dados da cor dos olhos, do cabelo e da pele, o presente trabalho não apresenta a imagem em escala de cinza com os olhos fechados e sem cabelos, como efetuada nos capítulos anteriores e em Moraes et al. (2023) [D5].

A doadora virtual contava com o endocrânio já segmentado, de modo que, no momento da deformação anatômica o volume do *endocast* se adequou ao de Ava, resultando em uma estrutura com ~1364 cm<sup>3</sup>/ml, dentro da normalidade esperado para o sexo feminino (Fig. 4.7).

Um gráfico foi gerado a partir de um grupo de 50 endocrânios de *Homo sapiens*, 31 do sexo masculino e 19 do sexo feminino. Além do volume do endocrânio (eixo X) também conta com a circunferência da cabeça (eixo Y). Com exceção de um doador virtual do sexo masculino, todos os demais dados foram extraídos de aproximações faciais forenses efetuadas pelo autor. Ao se comparar os dados do estudo com

<sup>7</sup> <https://youtu.be/F205kLQ--Oo7>



Figura4.3: Aproximação facial - imagem final 1.



Figura4.5: Aproximação facial - imagem final 3.



Figura4.4: Aproximação facial - imagem final 2.



Figura4.6: Aproximação facial - imagem final 4.

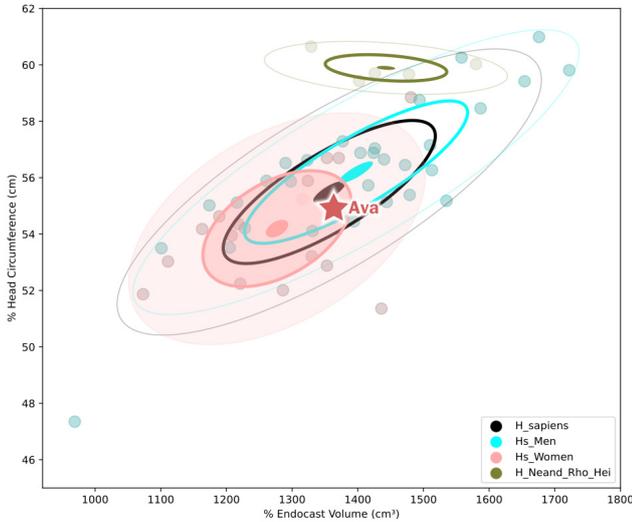


Figura4.7: Distribuição do volume do endocrânio e circunferência da cabeça.

n=50 em relação a outros com números notoriamente maiores [D10] [D11] [D12], evidencia-se que a amostra conta com uma distribuição semelhante àqueles (Fig.4.8). Ao se aplicar o fator de -9,81% para converter o volume do endocrânio em volume cerebral [D5], chega-se a 1230 cm<sup>3</sup>, ou seja, 114 cm<sup>3</sup> acima da média, logo, ao se utilizar os dados de Ritchie et al. (2018) (n=2750) [D10], o cérebro de Ava está a mais de um esvio padrão (+1,21) acima da média para o sexo feminino. Já a circunferência da cabeça, que resultou em 54,91 cm, está bem próximo da média tanto do grupo das aproximações faciais, quanto do trabalho de Costa et al. (2022) (n=955) [D11]. Quando se leva em consideração o grupo de ambos os sexos do Homo sapiens, o endocrânio de Ava também está muito próximo da média geral, segundo o trabalho com as aproximações faciais e de Neubauer et al. (2018) [D12].

### 4.4 Conclusão

O presente trabalho foi bem-sucedido na tarefa de aproximar a face de Ava, graças a disponibilização dos dados por Hoole et al. (2018) [D1] e pela equipe Open Virtual Worlds (<https://sketchfab.com/openvirtualworlds>). Com os resultados apresentados aqui, respeita-se o objetivo do projeto **original e oficial** (<https://achavanichbeakerburial.wordpress.com>) que é o de disseminar informações acerca da pré-história escocesa a quem possa interessar.

### 4.5 Agradecimentos

Ao Dr. Richard Gravalos, por ceder a tomografia computadorizada utilizada neste estudo. Aos autores Maya Hoole, Alison Sheridan, Angela Boyle, Thomas Booth, Selina Brace, Yoan Diekmann, Iñigo Olalde, Mark G. Thomas, Ian Barnes, Jane Evans, Carolyn Chenerly, Hilary Sloane, Hew Morrison, Sheena Fraser, Scott Timpany e Derek Hamilton, por publicarem o artigo que serviu de base para o presente trabalho. Ao grupo Open Virtual Worlds, por fornecer o crânio de Ava sob licença Creative Commons, o que viabilizou a aproximação facial 3D apresentada no presente documento.

MALE	Brain		Head Circumference	
Source	Moraes et al. (2023)	Ritchie et al. (2018)	Moraes et al. (2023)	Costa et al. (2022)
n	31	2466	31	1045
mean (ml)	1263	1234	56.2	56.2
SD	153	98	2.5	2.4

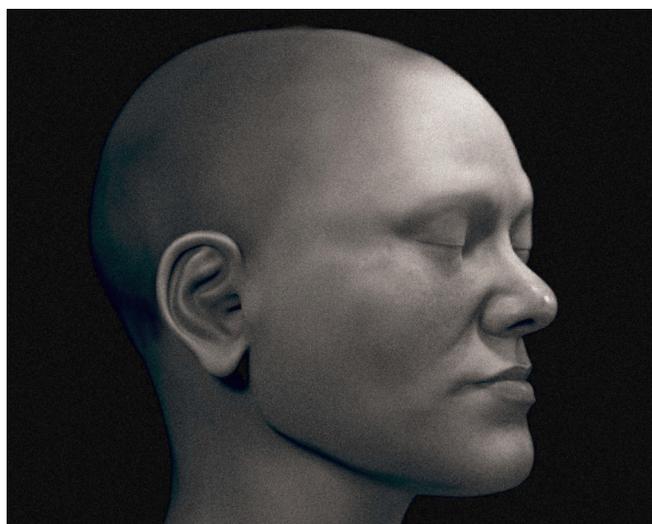
FEMALE	Brain		Head Circumference	
Source	Moraes et al. (2023)	Ritchie et al. (2018)	Moraes et al. (2023)	Costa et al. (2022)
n	19	2750	19	955
Mean (ml)	1162	1116	54.5	54.3
SD	98	94	2.0	2.3

GENERAL	Endocast	
Source	Moraes et al. (2023)	Neubauer et al. (2018)
n	50	89
Mean (ml)	1357	1328
SD	158	164

Figura4.8: Comparação entre estudos.



# A Aproximação Facial Digital 3D de Zlatý kůň 1 (45.000 AP)



Data da publicação: 18 de julho de 2023

ISSN: 2764-9466 (Vol. 4, nº 1, 2023)

DOI: 10.6084/m9.figshare.23733504

**Atenção:** Este material utiliza a seguinte licença Creative Commons: **Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**.

**Cicero Moraes**

*3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil*

**Francesco Maria Galassi**

*Antropólogo e Paleopatologista, Colégio de Humanidades, Arte e Ciências Sociais, Universidade de Flinders, Adelaide-SA, Austrália*

**Jiří Šindelář**

*Agrimensor, GEO-CZ, Tábor-República Tcheca*

**Elena Varotto**

*Antropóloga e Paleopatologista, Colégio de Humanidades, Arte e Ciências Sociais, Universidade de Flinders, Adelaide-SA, Austrália*

**Michael Habicht**

*Egiptólogo e Arqueólogo, Colégio de Humanidades, Arte e Ciências Sociais, Universidade de Flinders, Adelaide-SA, Austrália*

**Thiago Beaini**

*Cirurgião Dentista, Professor Assistente - Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG*

## 5.1 Introdução

Em 1950, durante os trabalhos para a explosão de uma grande pedra calcária no monte Zlatý kůň (Cavalo de Ouro), Rep. Tcheca, os trabalhadores descobriram um sistema de cavernas, que ao ser explorado ao longo dos anos seguintes, revelou uma série de restos mortais humanos e de outros animais, bem como artefatos metamórficos. Chamou a atenção a presença de partes do que parecia inicialmente, se tratarem de dois crânios distintos, mas que posteriormente, ao montarem as peças, descobriram ser apenas um indivíduo. A sequência de reviravoltas continuou, pois em um primeiro momento, frente a robustez estrutural, os restos foram atribuídos a um homem, mas análises posteriores indicaram que na verdade se tratava de uma mulher adulta. O mesmo ocorreu com a idade dos restos, inicialmente a idade levantada foi de ~11.760 anos antes do presente (AP), mas análises envolvendo a sequência genômica revelaram a impressionante idade de 45.000 AP, com a possibilidade de algumas centenas de anos a mais, evidenciando-o como o crânio o mais antigo de um *Homo sapiens* encontrado na Europa [E1] [E2] [E3] [E4].

## 5.2 Materiais e Métodos

### 5.2.1 Conceitos, Software e Hardware

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [E5] é uma técnica auxiliar de reconhecimento, que reconstrói/aproxima a face de um crânio e é utilizada quando há escassa informação para a identificação de um indivíduo a partir dos seus restos mortais [E6]. Nota-se que a técnica não se trata de identificação, como aquelas oferecidas por DNA ou análise comparativa de arcos dentários, mas sim de um reconhecimento que pode levar à posterior identificação.

Como supracitado, para que o processo de AFF seja viabilizado é necessário contar com o crânio a ser aproximado. Tal peça foi adquirida em um processo puramente digital, a partir de publicações científicas disponíveis em *journals* com robusto fator de impacto, cuja abordagem será detalhada posteriormente. A aproximação facial seguiu a mesma abordagem descrita em Abdullah et al. (2022) [E7] e Moraes (2023) [E8], com pequenas adaptações.

O processo de modelagem foi efetuado no software Blender 3D, rodando o *add-on* OrtogOnBlender ([http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/OrtogOnBlender/index.html](http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/index.html)) e seu submódulo ForensicOnBlender. O programa e o *add-on* são gratuitos, de código aberto e multiplataforma, de modo que podem rodar no Windows (>=10), no MacOS (>=BigSur) e no Linux (=Ubuntu 20.04).

No caso do presente trabalho, foi utilizado um computador *desktop* com as seguintes características:

- Processador Intel Core I9 9900K 3.6 GHZ/16M; 64 GB de memória RAM;
- GPU GeForce 8 GB GDDR6 256-bit RTX 2070;
- Placa mãe Gigabyte 1151 Z390;
- SSD SATA III 960 GB 2.5”;
- SSD SATA III 480 GB 2.5”;
- Water Cooler Masterliquid 240V;
- Linux 3DCS (<https://github.com/cogitas3d/Linux3DCS>), baseado no Ubuntu 20.04.

### 5.2.2 Reconstrução Tridimensional do Crânio

O crânio conhecido por Zlatý kůň é um conjunto composto por 9 peças (códigos: AP2, AP3, AP9, AP10, AP12, AP15, AP18, AP18 e AP21), que estão sob os cuidados do Departamento de Antropologia do Museu Nacional, localizado em Praga, República Tcheca. Apesar de cobrir parte considerável da superfície de um crânio composto (crânio+mandíbula), a estrutura apresenta algumas regiões faltantes, mais notadamente parte do osso nasal, parte da maxila, órbita esquerda e a parte esquerda do osso frontal. No ano de 2018 uma equipe de pesquisadores multinacional procedeu com o trabalho de reconstrução tridimensional das regiões faltantes, utilizando dados estatísticos extraídos de um grupo composto por 31 crânios, sendo 15 de homens e 15 de mulheres atuais, escaneados por tomografia computadorizada no Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bordeaux, França, e 1 do crânio Moča, encontrado na Eslováquia, datado em 13.100 anos AP. Os pesquisadores inicialmente espelharam a malha 3D, de modo a reconstruir o máximo possível das regiões faltantes, utilizando a anatomia original do crânio, mesmo assim algumas áreas permaneceram vazias. Tais regiões foram complementadas pelos dados estatísticos extraídos das tomografias e fóssil supracitados, resultando em um crânio completo [E4].

Como os autores do presente trabalho não dispunham de acesso direto ao fóssil Zlatý kůň 1, os mesmos optaram por reconstruir a estrutura utilizando como base publicações científicas com os dados espaciais necessários, seguindo a mesma abordagem de Moraes et al. 2023, também presente na reconstrução do crânio do faraó Tutancâmon [E9].

A base da aproximação facial trabalhada nesta pesquisa utilizou como referência o crânio reconstruído por Rmoutilová et al. (2018), lançando mão das imagens disponíveis na citada publicação (*open access* sob licença Creative Commons), para deformar o crânio de um doador virtual sobre as referências espaciais, corrigindo a estrutura com os dados das mensurações presente no mesmo material [E4], reforçando a precisão da escala com dados colhidos no trabalho de Prüfer et al. (2021) [E2]. A deformação anatômica resultou em um crânio bem aproximado do fóssil Zlatý kůň 1 (Fig.5.1, A). Em um primeiro momento a estrutura do arco zigomático, próximo ao pório, parecia destoar do padrão anatômico esperado. Objetivando comparar com indivíduos atuais, uma série de 30 crânios de ancestralidades e sexos diferentes receberam um traçado bidimensional com observação ortográfica pelo eixo X de modo a se estabelecer um padrão lateral da região (Fig.5.1, B). Dois outros fósseis receberam o mesmo tratamento gráfico e ao final o conjunto de 30 samples atuais (em cinza) foram comparados com os fósseis Zlatý kůň 1 (em verde), Mladeč 1 (em vermelho) [E14] e Nazlet Khater 2 (em azul)

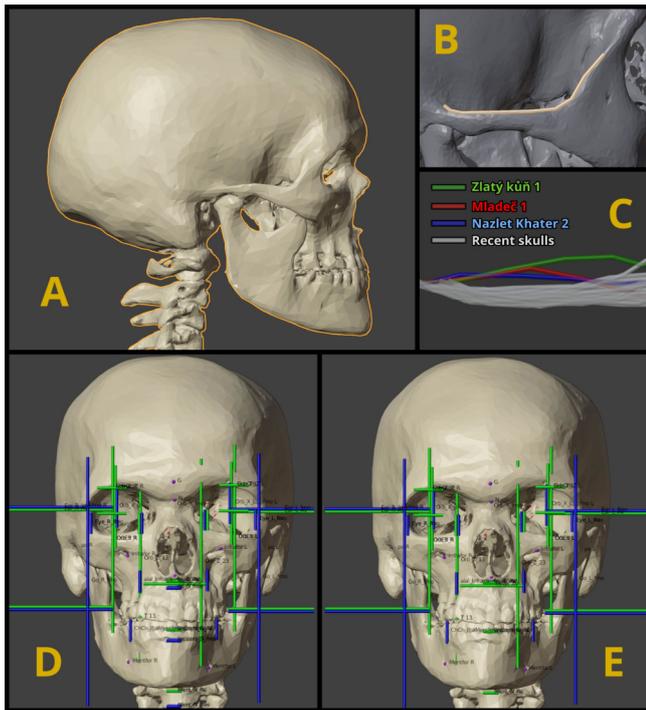


Figura 5.1: Reconstrução tridimensional do crânio.

[E15]. Tal comparação indica uma elevação inicial do arco zigomático semelhante nos três fósseis, o que destoa do grupo dos crânios atuais (Fig. 5.1, C). Com a questão relacionada ao arco zigomático superada, as atenções se voltaram para outras regiões, com a projeção de linhas e limites esperados para o crânio e tecido mole [E10] [E11] (duas aulas sobre tal abordagem estão disponíveis de modo online, 1 de 2: <https://youtu.be/U6oYkEmfyWo>, 2 de 2: <https://youtu.be/Vcz2e5uSFX8>). A projeção das linhas se mostrou compatibilizada com o crânio reconstruído por Rmoutilová et al. (2018), exceto quando se leva em consideração a distância frontomalar orbital (fmo-fmo) e a projeção de outras medidas a partir da proporção fmo-fmo. Pela proporção fmo-fmo o limite dos incisivos estaria abaixo do crânio reconstruído, bem como abaixo do mento (Fig. 5.1, D, em azul). No entanto, quando se leva em consideração a média esperada para tais regiões, as linhas estão próximas e dentro de um desvio padrão (Fig. 5.1, E). A diferença entre a proporção fmo-fmo e a média pode ser explicada pela distância entre os gônios, geralmente compatível com a distância fmo-fmo, mas que, neste caso, se mostrou significativamente menor. Enquanto a distância fmo-fmo foi de ~102 mm, frente a média geral de ~97 mm (<https://bit.ly/3NRw2KW>), a distância go-go foi de ~94 mm, frente a uma média de ~97 mm, portanto, a proporção da mandíbula está mais adequada a média do que a proporção esperada pela distância fmo-fmo. Os dados reforçam a coerência estatística da reconstrução efetuada pela equipe multinacional em 2018.

### 5.2.3 Aproximação Facial Forense

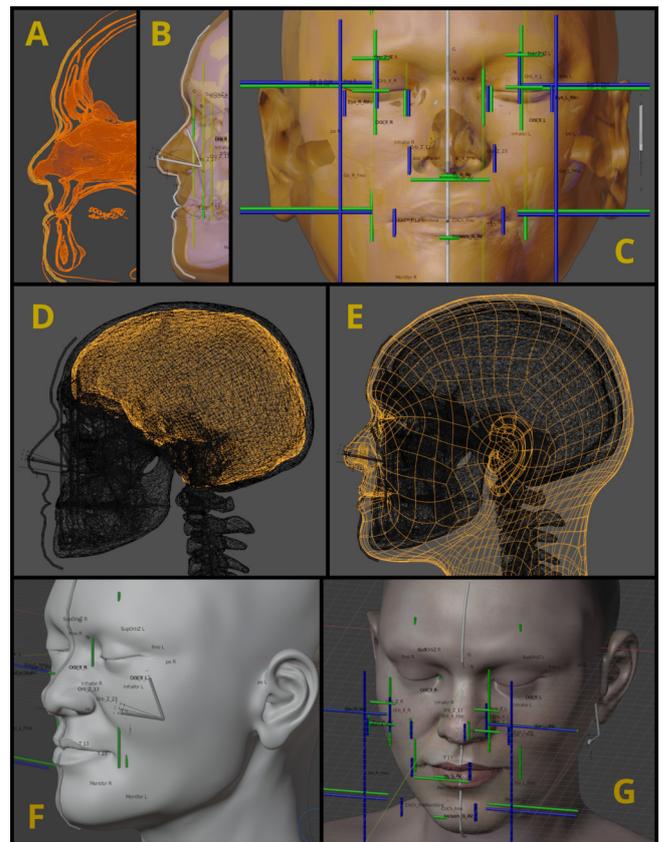


Figura 5.2: Etapas da aproximação facial digital.

Por se tratar de um crânio sem dados amplamente discutidos acerca de sua ancestralidade, por aparentemente a população ao qual pertenceu não ter contribuído geneticamente nem com os europeus, tampouco com os asiáticos modernos [E2], o presente trabalho desconsiderou o uso de marcadores de espessura de tecidos moles e os autores optaram por utilizar apenas a deformação anatômica sobre o fóssil. Tal abordagem se mostrou muito compatível com os parâmetros advindos das tabelas de espessura de tecido mole, mantendo os limites dentro do desvio padrão em outras aproximações que utilizaram a técnica (vide *OrtogOnLineMag* #5<sup>8</sup> e *OrtogOnLineMag* #6<sup>9</sup>). Para reforçar a precisão volumétrica, foram importadas duas malhas 3D de doadores virtuais, contando com o crânio, o endocrânio e o tecido mole de um homem e de uma mulher, ambos adultos (aula disponível sobre deformação anatômica: [https://youtu.be/xig5\\_EcIFWA](https://youtu.be/xig5_EcIFWA)). As malhas deformadas receberam uma linha indicando o perfil da face, interpolando os dois limites da pele resultantes da deformação anatômica (Fig. 5.2, A e B), que se compatibilizaram com a projeção nasal efetuada a partir de dados estatísticos colhidos em tomografias computadorizadas de indivíduos vivos e pertencentes a ancestralidades variadas [E11] [E12]. Os limites projetados

<sup>8</sup> [http://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/5/](http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/5/)

<sup>9</sup> [http://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/6/](http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/6/)

a partir do crânio foram comparados com a malha deformada e se adequaram aos parâmetros esperados, dentre eles a dimensão do nariz no eixo X, o tamanho dos olhos no eixo X, a posição do globo ocular nos eixos X, Y e Z, a dimensão das orelhas no eixo Z e a dimensão dos lábios no eixo X (Fig.5.2, C). Graças a estrutura pré-segmentada, foi possível ajustar a malha de modo que resultasse no volume do endocrânio, cujos dados serão detalhados posteriormente (Fig.5.2, D). Seguindo a abordagem exposta em Abdullah et al. (2022) [E7] e Moraes (2023) [E8] um busto advindo de outra aproximação facial foi importado e ajustado de modo a fornecer uma malha composta por faces de quatro lados e com textura previamente configurada (Fig.5.2, E). Diferente das aproximações supracitadas, onde uma versão com os olhos abertos foi disponibilizada, o presente trabalho conta apenas com uma versão com os olhos fechados, de modo a reduzir os elementos subjetivos da estrutura, como será explanado posteriormente. A malha passou por um detalhamento via escultura digital, ajuste da textura e configuração da iluminação da cena para que as imagens finais pudessem ser geradas (Fig.5.2, F e G).”

### 5.3 Resultados e Discussão



Figura5.3: Imagem 3/4 do rosto aproximado com elementos objetivos.

As imagens finais foram geradas utilizando o renderizador Cycles do Blender 3D (<https://www.blender.org/>) e consistiram em pontos de vista do busto composto de modo a mostrar os elementos mais objetivos da face, primando pela estrutura geral. Para as imagens dotadas de elementos objetivos, os olhos foram fechados, a imagem convertida em escala de cinza, o

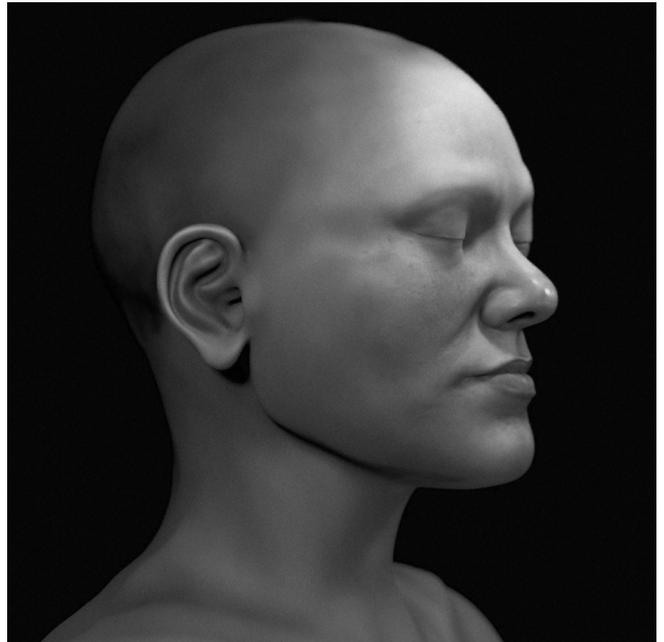


Figura5.4: Imagem lateral do rosto aproximado com elementos objetivos.

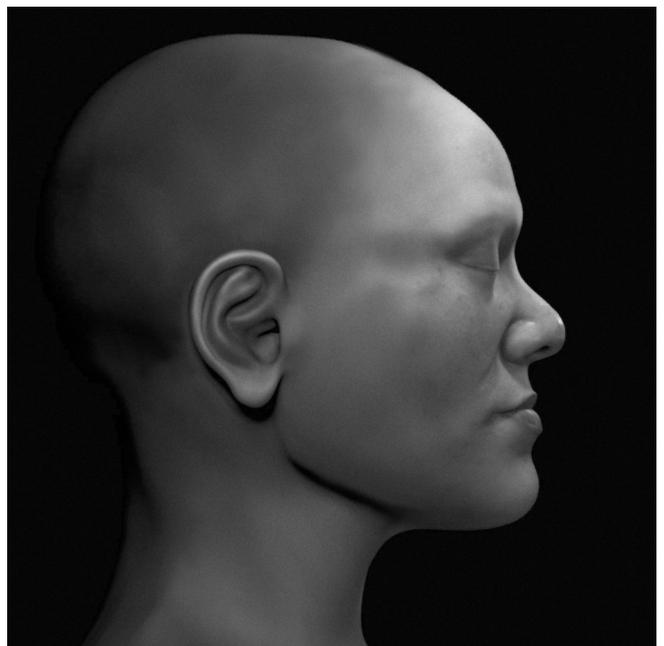


Figura5.5: Imagem do perfil do rosto aproximado com elementos objetivos.



Figura5.6: Imagem frontal do rosto aproximado com elementos objetivos.

busto não conta com pêlos e cabelos ( Fig.5.3, Fig.5.4, Fig.5.5 e Fig.5.6).



Figura5.8: Imagem lateral do rosto aproximado com elementos especulativos.



Figura5.7: Imagem 3/4 do rosto aproximado com elementos especulativos.



Figura5.9: Imagem frontal do rosto aproximado com elementos especulativos.

Para as imagens dotadas de elementos especulativos, os olhos foram abertos, os pêlos e cabelos configurados e as cores mantidas ( Fig.5.7, Fig.5.8 e Fig.5.9).

Buscando compreender estruturalmente a diferença da mandíbula de fósseis pertencentes a um período que abrange de 32.000 a 45.000 AP, as mandíbulas do grupo de 30 indivíduos modernos e os fósseis Zlatý kůň 1, Oase 1 [E16] e Nazlet Khater 2 [E15] foram mensurados em duas distância, a sch-scp e pch-acp (Fig.5.10), ambas apenas no eixo Y, sendo sch a mar-

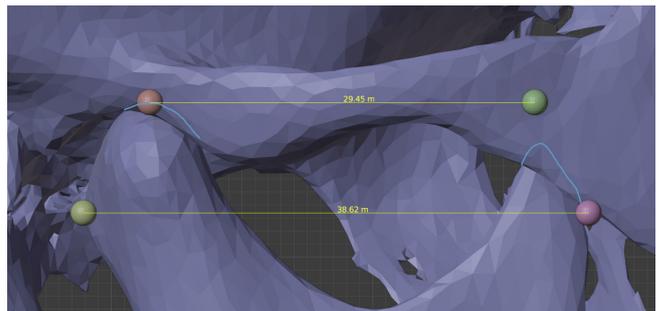


Figura5.10: Mensurações efetuadas na mandíbula (eixo Y).

gem superior da cabeça do côndilo, a scp o processo coronóide, a pch a margem posterior da cabeça do côndilo e a acp a borda do ramo [E13].

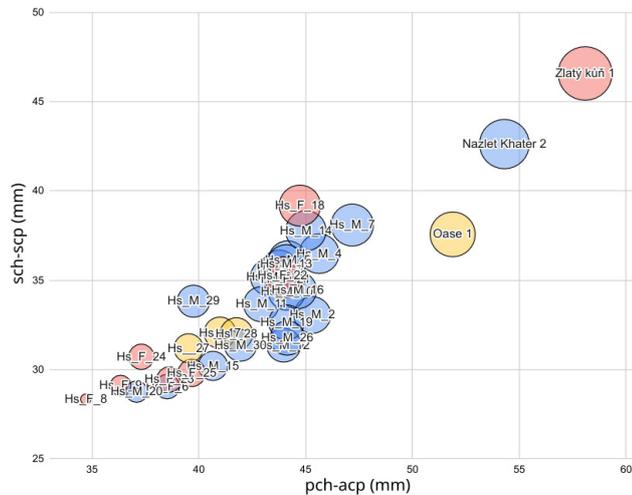


Figura5.11: Distribuição das medidas pch-acp no eixo X e sch-scp no eixo Y, o diâmetro das esferas é proporcional à soma das duas medidas (pch\_acp)+(sch\_scp). As cores representam o sexo, sendo azul masculino, vermelho feminino e amarelo indefinido.

O gráfico plotado com os dados distribuídos das medidas pch-acp no eixo X e sch-scp no eixo Y (Fig.5.11), mostram as mandíbulas dos humanos atuais mais unidas e com um diâmetro menor (proporcional à soma das duas medidas), quando comparadas com as três mandíbulas dos fósseis Oase 1 (~40.000), Nazlet Khater 2 (32.000-44.000) e Zlatý kůň 1 ( $\geq 45.000$ ), sendo este o que mais se afastou devido às dimensões da estrutura, denotando uma mandíbula significativamente robusta.

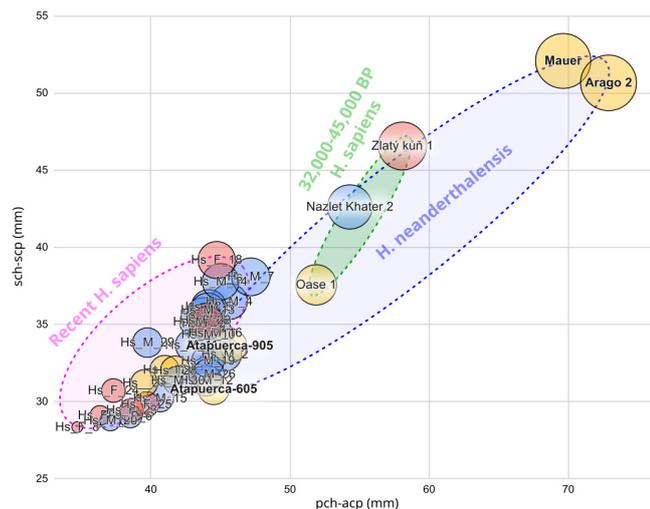


Figura5.12: Distribuição das medidas pch-acp no eixo X e sch-scp no eixo Y, com adição do grupo dos H. neanderthalensis.

Ao se adicionar os dados de quatro mandíbulas pertencentes a H. neanderthalensis (Atapuerca-605, Atapuerca-905, Mauert e Arago 2) [E17] é possível separar os grupos em 3 regiões distintas (Fig.5.12), uma

mais ampla, composta pelos *neanderthalensis*, que se intersecciona levemente com os humanos atuais, outra dos humanos atuais, com a estrutura em média menor do que os outros dois e o grupo formado pelos *H. sapiens* que compreendem fósseis com a idade de 32.000 a 45.000 AP, este último afastado dos homens modernos, mas fazendo intersecção com os H. neanderthalensis.

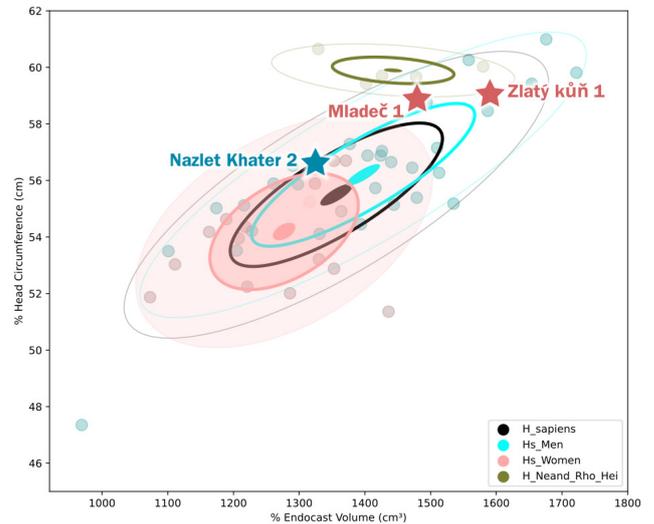


Figura5.13: Volume do endocrânio vs circunferência da cabeça.

Algo parecido acontece com os dados relacionados ao gráfico volume do endocrânio (eixo X) e a circunferência da cabeça (eixo Y). Os fósseis pertencentes ao período de 31.000 a 45.000 AP, em sua maioria, tangenciam a elipse composta pelos *neanderthalensis*, *rhodesiensis* e *heidelbergensis*. O volume do endocrânio de Zlatý kůň 1 resultou  $\sim 1590 \text{ cm}^3$ , um valor acima de dois desvios padrão da média das mulheres atuais. Em relação a circunferência da cabeça, com 59,08 cm, também acima de um desvio padrão da média (Fig.5.13).

O gráfico do volume do endocrânio e da circunferência foi gerado a partir de um grupo de 50 endocrânios de *Homo sapiens*, 31 do sexo masculino e 19 do sexo feminino. Ao se comparar os dados do estudo com  $n=50$  em relação a outros com números notoriamente maiores [E18] [E19] [E20], evidencia-se que a amostra conta com uma distribuição semelhante àqueles (Fig.5.14). Ao se aplicar o fator de -9,81% para converter o volume do endocrânio de Zlatý kůň 1 em volume cerebral [E9], chega-se a  $1434 \text{ cm}^3$ , ou seja,  $318 \text{ cm}^3$  acima da média que é  $116 \text{ cm}^3$ , logo, ao se utilizar os dados de Ritchie et al. (2018) ( $n=2750$ ) [E18], o cérebro de Zlatý kůň 1 está a 3,53 desvios padrão (SD) acima da média para o sexo feminino. Mesmo se for comparado ao sexo masculino, o cérebro estaria a dois desvios padrão acima da média que é  $1234 \text{ cm}^3$ . Já a circunferência da cabeça, que resultou em 59,08 cm, está 2,08 SD acima da média do sexo feminino segundo Costa et al. (2022) ( $n=955$ ) [E19]. Quando se leva em consideração o grupo de ambos os sexos do

MALE	Brain		Head Circumference	
Source	Moraes et al. (2023)	Ritchie et al. (2018)	Moraes et al. (2023)	Costa et al. (2022)
n	31	2466	31	1045
mean (ml)	1263	1234	56.2	56.2
SD	153	98	2.5	2.4

FEMALE	Brain		Head Circumference	
Source	Moraes et al. (2023)	Ritchie et al. (2018)	Moraes et al. (2023)	Costa et al. (2022)
n	19	2750	19	955
Mean (ml)	1162	1116	54.5	54.3
SD	98	94	2.0	2.3

GENERAL	Endocast	
Source	Moraes et al. (2023)	Neubauer et al. (2018)
n	50	89
Mean (ml)	1357	1328
SD	158	164

Figura5.14: Comparação entre estudos diferentes.

*Homo sapiens*, o endocrânio (não o cérebro) de Zlatý kůň 1 também está 1,6 desvio padrão acima da média geral, segundo Neubauer et al. (2018) [E20]. Os dados volumétricos e lineares mensurados no fóssil Zlatý kůň 1 se fundamentam nas informações fornecidas por Prüfer et al. (2021) [E2] e Rmoutilová et al. (2018) [E4].

## 5.4 Agradecimentos

Ao Dr. Richard Gravalos por ceder as tomografias dos doadores virtuais utilizados neste estudo. À Lis Caroline, pela importante contribuição ao sugerir a comparação da estrutura zigomática com outros fósseis de período semelhante.



# Referências Bibliográficas

- [A1] Serra da Capivara (Portuguese) - UNESCO multimedia archives. (2023). Retrieved January 25, 2023, from <https://www.unesco.org/archives/multimedia/document-3544-Por-2>
- [A2] Notícias. (2023). Retrieved January 25, 2023, from <http://fumdham.org.br/>
- [A3] Lourdeau, A. (2019). A Serra da Capivara e os primeiros povoamentos sul-americanos: uma revisão bibliográfica. In *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas* (Vol. 14, Issue 2, pp. 367–398). FapUNIFESP (SciELO). <https://doi.org/10.1590/1981.81222019000200007>
- [A4] Lessa, A., & Guidon, N. (2002). Osteobiographic analysis of skeleton I, Sítio Toca dos Coqueiros, Serra da Capivara National Park, Brazil, 11,060 BP: First results. In *American Journal of Physical Anthropology* (Vol. 118, Issue 2, pp. 99–110). Wiley. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10084>
- [A5] Nelson, A. R. (2005). ?Osteobiographics? of Dos Coqueiros Paleoindian reconsidered: Comment on Lessa and Guidon (2002). In *American Journal of Physical Anthropology* (Vol. 126, Issue 4, pp. 401–403). Wiley. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20072>
- [A6] Hubbe, M., Neves, W. A., do Amaral, H. L., & Guidon, N. (2007). “Zuzu” strikes again—Morphological affinities of the early holocene human skeleton from Toca dos Coqueiros, Piauí, Brazil. In *American Journal of Physical Anthropology* (Vol. 134, Issue 2, pp. 285–291). Wiley. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20668>
- [A7] Menéndez, L. P., López-Sosa, M. C., Monteiro da Silva, S. F. S., Martin, G., Pessis, A.-M., Guidon, N., & Solari, A. (2022). Morphometric affinities and direct radiocarbon dating of the Toca dos Coqueiros’ skull (Serra da Capivara, Brazil). In *Scientific Reports* (Vol. 12, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11893-3>
- [A8] Pivetta, M. (2023). Nova vitrine no Sertão. Retrieved January 25, 2023, from <https://revistapesquisa.fapesp.br/nova-vitrine-no-sertao/>
- [A9] Museu Apresenta Nova reconstrução digital de Múmia Egípcia. (2019). Retrieved January 25, 2023, from <https://bit.ly/3Hbl9lD>
- [A10] Stephan, C. N. (2003). Anthropological facial ‘reconstruction’ – recognizing the fallacies, ‘unembracing’ the errors, and realizing method limits. In *Science & Justice* (Vol. 43, Issue 4, pp. 193–200). Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/s1355-0306\(03\)71776-6](https://doi.org/10.1016/s1355-0306(03)71776-6)
- [A11] Stephan, C. N. (2015). Facial Approximation-From Facial Reconstruction Synonym to Face Prediction Paradigm. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 60, Issue 3, pp. 566–571). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12732>
- [A12] Forret, P. (2023). Megapixel. Retrieved January 25, 2023, from <https://toolstud.io/photo/megapixel.php?compare=video&calculate=uncompressed&width=3024&height=4032>
- [A13] Moraes, C. (2020). Ortogonblender - O Que É e aspectos técnicos. Retrieved January 25, 2023, from [http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/OrtogOnBlender/OrtogOnBlender\\_Como\\_Funciona.html#photogrammetry-start](http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/OrtogOnBlender_Como_Funciona.html#photogrammetry-start)
- [A14] Moraes, C. (2020). OpenMVG+OpenMVS. Retrieved January 25, 2023, from [http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/OrtogOnBlender/OrtogOnBlender\\_Como\\_Funciona.html#openmvg-openmvs](http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/OrtogOnBlender_Como_Funciona.html#openmvg-openmvs)
- [A15] Moraes, C., Kimura, R. N., Bezzi, L., & Bezzi, A. (2022). Fotogrametria com Limpeza de Pontos, Alinhamento e Redimensionamento Automáticos no OrtogOnBlender. Doi: /10.6084/M9.FIGSHARE.19450283. [http://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/4/Aruco.html](http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/4/Aruco.html)
- [A16] Abdullah, J. Y., Moraes, C., Saidin, M., Rajion, Z. A., Hadi, H., Shahidan, S., & Abdullah, J. M. (2022). Forensic Facial Approximation of 5000-Year-Old Female Skull from Shell Midden in Guar Kepah, Malaysia. In *Applied Sciences* (Vol. 12, Issue 15, p. 7871). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app12157871>
- [A17] Moraes, C. (2019). Apiuna - Lagoa Santa. Retrieved January 25, 2023, from [http://ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/Moraes/Apiuna.html](http://ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/Moraes/Apiuna.html)
- [A18] Moraes, C. (2019). Diarum - Lagoa Santa. Retrieved January 25, 2023, from [http://ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/Moraes/Diarum.html](http://ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/Moraes/Diarum.html)
- [A19] Abdullah, J. Y., Saidin, M., Rajion, Z. A., Hadi, H., Mohamad, N., Moraes, C., & Abdullah, J. M. (2021). Using 21st-Century Technologies to Determine the Cognitive Capabilities of a 11,000-Year-Old Perak Man Who Had Brachymesoplangia Type A2. In *Malaysian Journal of Medical Sciences* (Vol. 28, Issue 1, pp. 1–8). Penerbit Uni-

- versiti Sains Malaysia. <https://doi.org/10.21315/mjms2021.28.1.1>
- [A20] Moraes, C., Suharschi, I., Abdullah, J. Y., Quang, D. N., Santos, M. E., Machado, M. P. S., & Beaini, T. L. (2022). Agrupamento em Clusters de Populações a partir de Comparações com a Distância Orbital Frontomalar (fmo-fmo). *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20161013>
- [A21] Beaini, T. L., Miamoto, P., Duailibi-Neto, E. F., Tedeschi-Oliveira, S. V., Chilvarquer, I., & Melani, R. F. H. (2021). Facial soft tissue depth measurements in cone-beam computed tomography: A study of a Brazilian sample. In *Legal Medicine* (Vol. 50, p. 101866). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2021.101866>
- [A22] Moraes, C., Abdullah, J. Y., & Abdullah, J. M. (2022). Mensuração de Dados Faciais Ortográficos em Malaios e Comparação com Brasileiros. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20000720>
- [A23] Moraes, C. (2022). Sistema Complementar de projeção nasal em reconstruções/Aproximações Faciais forenses. Retrieved January 25, 2023, from <https://bit.ly/3WxPlwV>
- [A24] Moraes, C. (2022, May 07). Sistema Complementar de projeção nasal em reconstruções/Aproximações Faciais forenses. Retrieved January 25, 2023, from [https://youtu.be/F205kLQ--Oo<sup>1</sup>](https://youtu.be/F205kLQ--Oo<sup>1</sup)
- [A25] Moraes, C., & Suharschi, I. (2022). Mensuração de Dados Faciais Ortográficos em Moldavos e Comparação com Outras Populações. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20089754>
- [A26] Moraes, C., Gravalos, R., Machado, C., Chilvarquer, I., Curi, J., & Beaini, T. (2022). Proposta de Protocolo para Traçados Frontais da Face. Retrieved January 25, 2023, from <https://bit.ly/3j3pIpU>
- [A27] Moraes, C. (2022, July 21). Forensiconblender - Traçado Automático das Estruturas do Tецido mole 1/2. Retrieved January 25, 2023, from <https://youtu.be/U6oYkEmfyWo>
- [A28] Moraes, C. (2022, July 21). Forensiconblender - Traçado Automático das Estruturas do Tецido mole 2/2. Retrieved January 25, 2023, from <https://youtu.be/Vcz2e5uSFX8>
- [A29] Cicero Moraes, Dornelles, R., & Rosa, E. D. (2021). Sistema de Reconstrução de Tomografia Computadorizada Baseado no Slicer 3D e no DicomToMesh. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.13513890>
- [A30] Moraes, C. (2021). O homem de Perak. Retrieved January 25, 2023, from [http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/Moraes/PerakMan.html](http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/Moraes/PerakMan.html)
- [A31] AUTODESK (2018). Polygonal modeling. Retrieved January 25, 2023, from <https://autode.sk/401Qkbu>
- [A32] Neubauer, S., Hublin, J.-J., & Gunz, P. (2018). The evolution of modern human brain shape. In *Science Advances* (Vol. 4, Issue 1). American Association for the Advancement of Science (AAAS). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao5961>
- [B1] Vermeersch, P. M., Gijssels, G., & Paulissen, E. (1984). Discovery of the Nazlet Khater man, Upper Egypt. In *Journal of Human Evolution* (Vol. 13, Issue 3, pp. 281–286). Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/s0047-2484\(84\)80013-5](https://doi.org/10.1016/s0047-2484(84)80013-5)
- [B2] Crevecoeur, I. (2012). The Upper Paleolithic Human Remains of Nazlet Khater 2 (Egypt) and Past Modern Human Diversity. In *Modern Origins* (pp. 205–219). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2929-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2929-2_14)
- [B3] Bouchneb, L., & Crevecoeur, I. (2009). The inner ear of Nazlet Khater 2 (Upper Paleolithic, Egypt). In *Journal of Human Evolution* (Vol. 56, Issue 3, pp. 257–262). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.12.003>
- [B4] Vermeersch, P. M., Paulissen, E., Gijssels, G., Otte, M., Thoma, A., van Peer, P., & Lauwers, R. (1984). 33,000-yr old chert mining site and related Homo in the Egyptian Nile Valley. In *Nature* (Vol. 309, Issue 5966, pp. 342–344). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1038/309342a0>
- [B5] Crevecoeur, I., Rougier, H., Grine, F., & Froment, A. (2009). Modern human cranial diversity in the Late Pleistocene of Africa and Eurasia: Evidence from Nazlet Khater, Peştera cu Oase, and Hofmeyr. In *American Journal of Physical Anthropology* (Vol. 140, Issue 2, pp. 347–358). Wiley. <https://doi.org/10.1002/ajpa.21080>
- [B6] Thoma, A. (1984). Morphology and affinities of the Nazlet Khater man. In *Journal of Human Evolution* (Vol. 13, Issue 3, pp. 287–296). Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/s0047-2484\(84\)80014-7](https://doi.org/10.1016/s0047-2484(84)80014-7)
- [B7] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. D. (2021). Digitalização 3D de Faces a partir de Vídeos. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.14075456>
- [B8] Moraes, C., Bezzi, L., Bezzi, A., Šindelář, J., Rosa, E. da, & Dornelles, R. (2022). Modelo 3D vs Fotogrametria por Imagens e Vídeo. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20633262>
- [B9] Bruner E., and Manzi G. (2002). The virtual replica of Nazlet Khater, Egypt. *Cranium and*

<sup>1</sup> <https://youtu.be/F205kLQ--Oo>

mandible: first results. In Vermeersch, P. M. (Ed.). *Palaeolithic quarrying sites in Upper and Middle Egypt* (pp. 337-345). Leuven University Press.

- [B10] Moraes, C., Gravalos, R., Machado, C. R., CHILVARQUER, I., Curi, J., & Beaini, T. L. (2022). Investigação de Preditores Anatômicos para o Posicionamento dos Globos Oculares, Asas Nasais, Projeção dos Lábios e Outros a partir da Estrutura do Crânio. figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.19686294>
- [B11] Moraes, C., & Suharschi, I. (2022). Mensuração de Dados Faciais Ortográficos em Moldavos e Comparação com Outras Populações. figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20089754>
- [B12] Moraes, C., Beaini, T. L., & Santos, M. E. (2023). A Aproximação Facial Forense do Crânio de Jericó (BM 127414), ~9000 AP. Figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.21772343>
- [B13] Stephan, C. N. (2015). Facial Approximation-From Facial Reconstruction Synonym to Face Prediction Paradigm. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 60, Issue 3, pp. 566–571). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12732>
- [B14] Pereira, J. G. D., Magalhães, L. V., Costa, P. B., & Silva, R. H. A. da. (2017). RECONSTRUÇÃO FACIAL FORENSE TRIDIMENSIONAL: TÉCNICA MANUAL VS. TÉCNICA DIGITAL. In *Revista Brasileira de Odontologia Legal* (pp. 46–54). *Revista Brasileira de Odontologia Legal*. <https://doi.org/10.21117/rbol.v4i2.111>
- [B15] Abdullah, J. Y., Moraes, C., Saidin, M., Rajion, Z. A., Hadi, H., Shahidan, S., & Abdullah, J. M. (2022). Forensic Facial Approximation of 5000-Year-Old Female Skull from Shell Midden in Guar Kepah, Malaysia. In *Applied Sciences* (Vol. 12, Issue 15, p. 7871). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app12157871>
- [B16] El-Mehallawi, I. H., & Soliman, E. M. (2001). Ultrasonic assessment of facial soft tissue thicknesses in adult Egyptians. In *Forensic Science International* (Vol. 117, Issues 1–2, pp. 99–107). Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(00\)00453-9](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(00)00453-9)
- [B17] Moraes, C., Sobral, D. S., Mamede, A., & Beaini, T. L. (2021). Sistema Complementar de Projeção Nasal em Reconstruções/Aproximações Faciais Forenses. figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.17209379>
- [B18] Neubauer, S., Hublin, J.-J., & Gunz, P. (2018). The evolution of modern human brain shape. In *Science Advances* (Vol. 4, Issue 1). American Association for the Advancement of Science (AAAS). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao5961>
- [B19] Hofman, M.A. A Biometric Analysis of Brain Size in Micrencephalics. *J Neurol* 1984, 231, 87–93, doi:10.1007/BF00313723
- [B20] Ritchie, S.J.; Cox, S.R.; Shen, X.; Lombardo, M.V.; Reus, L.M.; Alloza, C.; Harris, M.A.; Alderson, H.L.; Hunter, S.; Neilson, E.; et al. Sex Differences in the Adult Human Brain: Evidence from 5216 UK Biobank Participants. *Cerebral Cortex* 2018, 28, 2959–2975, doi:10.1093/cercor/bhy109
- [B21] Moraes, C., Šindelář, J., & Drbal, K. (2022). A Aproximação Facial Forense do Crânio Mladeč 1. figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20435787>
- [B22] Moraes, C., Suharschi, I., Abdullah, J. Y., Quang, D. N., Santos, M. E., Machado, M. P. S., & Beaini, T. L. (2022). Agrupamento em Clusters de Populações a partir de Comparações com a Distância Orbital Frontomalar (fmo-fmo). figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20161013>
- [C1] Brown, P., Sutikna, T., Morwood, M. J., Soejono, R. P., Jatmiko, Wayhu Saptomo, E., & Awe Due, R. (2004). A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia. In *Nature* (Vol. 431, Issue 7012, pp. 1055–1061). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1038/nature02999>
- [C2] Argue, D., Donlon, D., Groves, C., & Wright, R. (2006). *Homo floresiensis*: Microcephalic, pygmy, Australopithecus, or Homo? In *Journal of Human Evolution* (Vol. 51, Issue 4, pp. 360–374). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2006.04.013>
- [C3] Aiello, L. C. (2010). Five years of *Homo floresiensis*. In *American Journal of Physical Anthropology* (p. 167-169). Wiley. <https://doi.org/10.1002/ajpa.21255>
- [C4] Falk, D., Hildebolt, C., Smith, K., Morwood, M. J., Sutikna, T., Brown, P., Jatmiko, Saptomo, E. W., Brunnsden, B., & Prior, F. (2005). The Brain of LB1, *Homo floresiensis*. In *Science* (Vol. 308, Issue 5719, pp. 242–245). American Association for the Advancement of Science (AAAS). <https://doi.org/10.1126/science.1109727>
- [C5] Groves, C. (2007). The *Homo floresiensis* Controversy. In *HAYATI Journal of Biosciences* (Vol. 14, Issue 4, pp. 123–126). Bogor Agricultural University. <https://doi.org/10.4308/hjb.14.4.123>
- [C6] Hayes, S., Sutikna, T., & Morwood, M. (2013). Faces of *Homo floresiensis* (LB1). In *Journal of Archaeological Science* (Vol. 40, Issue 12, pp. 4400–4410). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.06.028>
- [C7] Moraes, C. (2013). Faces da evolução – exposição de Aproximações Faciais Forenses em Curitiba-

- Pr. Cícero Moraes. <http://www.ciceromoraes.com.br/blog/?p=1071>
- [C8] Bezzi, A.; Bezzi, L.; Moraes, C.; Carrara, N.; Pivani, T.; Tiziani, M. *Facce. I Molti Volti Della Storia Umana. UNA Mostra OpenSource*. 2015. Available online: [http://www.archcalc.cnr.it/indice/Suppl\\_8/35\\_Bezzi\\_et\\_al.pdf](http://www.archcalc.cnr.it/indice/Suppl_8/35_Bezzi_et_al.pdf) (accessed on 5 April 2022).
- [C9] Moraes, C. (2013.). Homo floresiensis (parte 1 de 2) – modelagem do crânio. Cícero Moraes. <http://www.ciceromoraes.com.br/blog/?p=1025>
- [C10] Moraes, C. (2013). Homo floresiensis (parte 2 de 2) – sculpting E renderização. Cícero Moraes. <http://www.ciceromoraes.com.br/blog/?p=1056>
- [C11] Moraes, C. (2019). Cícero Moraes. Homo floresiensis (Hobbit). [http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/Moraes/Flores.html](http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/Moraes/Flores.html)
- [C12] SANTOS, M. E. ; MORAES, Cícero . Vida por toda a Eternidade: Tothmea Renascida pela Novas Tecnologias. *Jornal Philia, Rio de Janeiro*, p. 2 - 3, 01 jul. 2016. [https://www.researchgate.net/publication/337810558\\_Vida\\_por\\_toda\\_eternidade\\_Tothmea\\_renascida\\_pelas\\_novas\\_tecnologias](https://www.researchgate.net/publication/337810558_Vida_por_toda_eternidade_Tothmea_renascida_pelas_novas_tecnologias)
- [C13] Wikimedia Foundation. (2023, January 13). Tothmea. Wikipedia. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Tothmea>
- [C14] Carrara N., Bezzi L., Moraes C. (2014) “Il volto del Santo. La ricostruzione Facciale Forense di Sant’Antonio di Padova”, in L. Bertazzo (cur.), *Il Santo*, vol. 54, fascicoli 2-3, Padova, pp. 523-527. <https://bit.ly/42t1Len>
- [C15] Moraes, C., Bezzi, L., & Carrara, N. (2023). The 3D digital facial approximation of Saint Anthony of Padua. In *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* (Vol. 28, p. e00255). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2022.e00255>
- [C16] Stephan, C. N. (2015). Facial Approximation-From Facial Reconstruction Synonym to Face Prediction Paradigm. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 60, Issue 3, pp. 566–571). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12732>
- [C17] Pereira, J. G. D., Magalhães, L. V., Costa, P. B., & Silva, R. H. A. da. (2017). RECONSTRUÇÃO FACIAL FORENSE TRIDIMENSIONAL: TÉCNICA MANUAL VS. TÉCNICA DIGITAL. In *Revista Brasileira de Odontologia Legal* (pp. 46–54). *Revista Brasileira de Odontologia Legal*. <https://doi.org/10.21117/rbol.v4i2.111>
- [C18] Abdullah, J. Y., Moraes, C., Saidin, M., Rajion, Z. A., Hadi, H., Shahidan, S., & Abdullah, J. M. (2022). Forensic Facial Approximation of 5000-Year-Old Female Skull from Shell Midden in Guar Kepah, Malaysia. In *Applied Sciences* (Vol. 12, Issue 15, p. 7871). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app12157871>
- [C19] Moraes, C., & Elias Santos, M. (2023). A Aproximação Facial do Crânio de Nazlet Khater 2. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.22557598>
- [C20] Brown, P. (2021). Peter Brown’s Australian and Asian palaeoanthropology. *Peter Brown’s Australian and Asian Palaeoanthropology*. <https://www.peterbrown-palaeoanthropology.net/>
- [C21] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. D. (2021). Sistema de Reconstrução de Tomografia Computadorizada Baseado no Slicer 3D e no DicomToMesh. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.13513890>
- [C22] Bezzi, L.; Moraes, C. Archaeological forensic facial reconstruction with FLOSS, in: 43 Rd Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. In *Proceedings of the Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Siena, Italy, 30 March–3 April 2015*; p. 416. [https://www.researchgate.net/publication/281460757\\_Archaeological\\_forensic\\_facial\\_reconstruction\\_with\\_FLOSS](https://www.researchgate.net/publication/281460757_Archaeological_forensic_facial_reconstruction_with_FLOSS)
- [C23] Moraes, C., Habicht, M. E., Galassi, F. M., Varotto, E., Beaini, T. L. (2023): Pharaoh Tutankhamun: a novel 3D digital facial approximation. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*. Preprint. [https://www.researchgate.net/publication/371120172\\_Pharaoh\\_Tutankhamun\\_a\\_novel\\_3D\\_digital\\_facial\\_approximation/related](https://www.researchgate.net/publication/371120172_Pharaoh_Tutankhamun_a_novel_3D_digital_facial_approximation/related)
- [C24] Ritchie, S. J., Cox, S. R., Shen, X., Lombardo, M. V., Reus, L. M., Alloza, C., Harris, M. A., Alderson, H. L., Hunter, S., Neilson, E., Liewald, D. C. M., Auyeung, B., Whalley, H. C., Lawrie, S. M., Gale, C. R., Bastin, M. E., McIntosh, A. M., & Deary, I. J. (2018). Sex Differences in the Adult Human Brain: Evidence from 5216 UK Biobank Participants. In *Cerebral Cortex* (Vol. 28, Issue 8, pp. 2959–2975). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/cercor/bhy109>
- [C25] Moraes, C., & Suharschi, I. (2022). Mensuração de Dados Faciais Ortográficos em Moldavos e Comparação com Outras Populações. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20089754>
- [C26] Moraes, C., Suharschi, I., Abdullah, J. Y., Quang, D. N., Santos, M. E., Machado, M. P. S., & Beaini, T. L. (2022). Agrupamento em Clusters de Populações a partir de Comparações com a Distância Orbital Frontomalar (fmo-fmo). *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20161013>

- [D1] Hoole, M., Sheridan, A., Boyle, A., Booth, T., Brace, S., Diekmann, Y., Olalde, I., Thomas, M. G., Barnes, I., Evans, J., Chenery, C., Sloane, H., Morrison, H., Fraser, S., Timpany, S., & Hamilton, D. (2018). 'Ava': a Beaker-associated woman from a cist at Achavanich, Highland, and the story of her (re-)discovery and subsequent study. In *Proceedings of the Society of Antiquaries of Scotland* (Vol. 147, pp. 73–118). Society of Antiquaries of Scotland. <https://doi.org/10.9750/psas.147.1250>
- [D2] Stephan, C. N. (2015). Facial Approximation-From Facial Reconstruction Synonym to Face Prediction Paradigm. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 60, Issue 3, pp. 566–571). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12732>
- [D3] Pereira, J. G. D., Magalhães, L. V., Costa, P. B., & Silva, R. H. A. da. (2017). RECONSTRUÇÃO FACIAL FORENSE TRIDIMENSIONAL: TÉCNICA MANUAL VS. TÉCNICA DIGITAL. In *Revista Brasileira de Odontologia Legal* (pp. 46–54). Revista Brasileira de Odontologia Legal. <https://doi.org/10.21117/rbol.v4i2.111>
- [D4] Abdullah, J. Y., Moraes, C., Saidin, M., Rajion, Z. A., Hadi, H., Shahidan, S., & Abdullah, J. M. (2022). Forensic Facial Approximation of 5000-Year-Old Female Skull from Shell Midden in Guar Kepah, Malaysia. In *Applied Sciences* (Vol. 12, Issue 15, p. 7871). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app12157871>
- [D5] Moraes, C., Habicht, M. E., Galassi, F. M., Varotto, E., Beaini, T. L. (2023): Pharaoh Tutankhamun: a novel 3D digital facial approximation. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*. Preprint. [https://www.researchgate.net/publication/371120172\\_Pharaoh\\_Tutankhamun\\_a\\_novel\\_3D\\_digital\\_facial\\_approximation/related](https://www.researchgate.net/publication/371120172_Pharaoh_Tutankhamun_a_novel_3D_digital_facial_approximation/related)
- [D6] Moraes, C., Gravalos, R., Machado, C. R., CHILVARQUER, I., Curi, J., & Beaini, T. L. (2022). Investigação de Preditores Anatômicos para o Posicionamento dos Globos Oculares, Asas Nasais, Projeção dos Lábios e Outros a partir da Estrutura do Crânio. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.19686294>. [http://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/4/Projecoes.html](http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/4/Projecoes.html).
- [D7] Moraes, C., & Suharschi, I. (2022). Mensuração de Dados Faciais Ortográficos em Moldavos e Comparação com Outras Populações. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20089754>. [http://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/4/Moldavos.html](http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/4/Moldavos.html).
- [D8] De Greef, S., Claes, P., Vandermeulen, D., Mollemans, W., Suetens, P., & Willems, G. (2006). Large-scale in-vivo Caucasian facial soft tissue thickness database for craniofacial reconstruction. In *Forensic Science International* (Vol. 159, pp. S126–S146). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.02.034>
- [D9] Moraes, C., Sobral, D. S., Mamede, A., & Beaini, T. L. (2021). Sistema Complementar de Projeção Nasal em Reconstruções/Aproximações Faciais Forenses. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.17209379>. [http://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/3/NarizProjecao.html](http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/3/NarizProjecao.html).
- [D10] Ritchie, S. J., Cox, S. R., Shen, X., Lombardo, M. V., Reus, L. M., Alloza, C., Harris, M. A., Alderson, H. L., Hunter, S., Neilson, E., Liewald, D. C. M., Auyeung, B., Whalley, H. C., Lawrie, S. M., Gale, C. R., Bastin, M. E., McIntosh, A. M., & Deary, I. J. (2018). Sex Differences in the Adult Human Brain: Evidence from 5216 UK Biobank Participants. In *Cerebral Cortex* (Vol. 28, Issue 8, pp. 2959–2975). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/cercor/bhy109>
- [D11] Costa, N. R. da, Mancine, L., Salvini, R., Teixeira, J. de M., Rodriguez, R. D., Leite, R. E. P., Nascimento, C., Pasqualucci, C. A., Nitrini, R., Jacob-Filho, W., Lafer, B., Grinberg, L. T., Suemoto, C. K., & Nunes, P. V. (2022). Microcephaly measurement in adults and its association with clinical variables. In *Revista de Saúde Pública* (Vol. 56, p. 38). Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA). <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056004175>
- [D12] Neubauer, S., Hublin, J.-J., & Gunz, P. (2018). The evolution of modern human brain shape. In *Science Advances* (Vol. 4, Issue 1). American Association for the Advancement of Science (AAAS). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao5961>
- [E1] Svoboda, J. (2000). The depositional context of the Early Upper Paleolithic human fossils from the Koněprusy (Zlatý kůň) and Mladeč Caves, Czech Republic. In *Journal of Human Evolution* (Vol. 38, Issue 4, pp. 523–536). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1006/jhev.1999.0361>
- [E2] Prüfer, K., Posth, C., Yu, H., Stoessel, A., Spyrou, M. A., Deviese, T., Mattonai, M., Ribechini, E., Higham, T., Velemínský, P., Brůžek, J., & Krause, J. (2021). A genome sequence from a modern human skull over 45,000 years old from Zlatý kůň in Czechia. In *Nature Ecology & Evolution* (Vol. 5, Issue 6, pp. 820–825). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01443-x>
- [E3] Posth, C. (2021). A bumpy ride to the re-discovery of Zlatý Kůň. *Nature news*. <https://ecoevocommunity.nature.com/posts/zlaty-kun>

- [E4] Rmoutilová, R., Guyomarc'h, P., Velemínský, P., Šefčáková, A., Samsel, M., Santos, F., Maureille, B., & Brůžek, J. (2018). Virtual reconstruction of the Upper Palaeolithic skull from Zlatý Kůň, Czech Republic: Sex assessment and morphological affinity. In K. Rosenberg (Ed.), *PLOS ONE* (Vol. 13, Issue 8, p. e0201431). Public Library of Science (PLoS). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201431>
- [E5] Stephan, C. N. (2015). Facial Approximation-From Facial Reconstruction Synonym to Face Prediction Paradigm. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 60, Issue 3, pp. 566–571). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12732>
- [E6] Pereira, J. G. D., Magalhães, L. V., Costa, P. B., & Silva, R. H. A. da. (2017). RECONSTRUÇÃO FACIAL FORENSE TRIDIMENSIONAL: TÉCNICA MANUAL VS. TÉCNICA DIGITAL. In *Revista Brasileira de Odontologia Legal* (pp. 46–54). *Revista Brasileira de Odontologia Legal*. <https://doi.org/10.21117/rbol.v4i2.111>
- [E7] Abdullah, J. Y., Moraes, C., Saidin, M., Rajion, Z. A., Hadi, H., Shahidan, S., & Abdullah, J. M. (2022). Forensic Facial Approximation of 5000-Year-Old Female Skull from Shell Midden in Guar Kepah, Malaysia. In *Applied Sciences* (Vol. 12, Issue 15, p. 7871). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app12157871>
- [E8] Moraes, C. (2023). A Aproximação Facial Digital 3D de Ava (Escócia, ~3806 AP). *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.23560587>
- [E9] Moraes, C., Habicht, M. E., Galassi, F. M., Varotto, E., Beaini, T. L. (2023): Pharaoh Tutankhamun: a novel 3D digital facial approximation. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*. Preprint. [https://www.researchgate.net/publication/371120172\\_Pharaoh\\_Tutankhamun\\_a\\_novel\\_3D\\_digital\\_facial\\_approximation/related](https://www.researchgate.net/publication/371120172_Pharaoh_Tutankhamun_a_novel_3D_digital_facial_approximation/related)
- [E10] Moraes, C., Gravalos, R., Machado, C. R., CHILVARQUER, I., Curi, J., & Beaini, T. L. (2022). Investigação de Preditores Anatômicos para o Posicionamento dos Globos Oculares, Asas Nasais, Projeção dos Lábios e Outros a partir da Estrutura do Crânio. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.19686294>. [http://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/4/Projecoes.html](http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/4/Projecoes.html)
- [E11] Moraes, C., & Suharschi, I. (2022). Mensuração de Dados Faciais Ortográficos em Moldavos e Comparação com Outras Populações. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20089754>. [http://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/4/Moldavos.html](http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/4/Moldavos.html)
- [E12] Moraes, C., Sobral, D. S., Mamede, A., & Beaini, T. L. (2021). Sistema Complementar de Projeção Nasal em Reconstruções/Aproximações Faciais Forenses. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.17209379>
- [E13] Lestrel, P. E., Wolfe, C. A., & Bodt, A. (2013). Mandibular shape analysis in fossil hominins: Fourier descriptors in norma lateralis. In *HOMO* (Vol. 64, Issue 4, pp. 247–272). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2013.05.001>
- [E14] Moraes, C., Šindelář, J., & Drbal, K. (2022). A Aproximação Facial Forense do Crânio Mladeč 1. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20435787>
- [E15] Moraes, C., & Elias Santos, M. (2023). A Aproximação Facial do Crânio de Nazlet Khater 2. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.22557598>
- [E16] Crevecoeur, I. (2012). The Upper Paleolithic Human Remains of Nazlet Khater 2 (Egypt) and Past Modern Human Diversity. In *Modern Origins* (pp. 205–219). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2929-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2929-2_14)
- [E17] Rosas, A., Bastir, M., & Alarcón, J. A. (2019). Tempo and mode in the Neandertal evolutionary lineage: A structuralist approach to mandible variation. In *Quaternary Science Reviews* (Vol. 217, pp. 62–75). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.02.025>
- [E18] Ritchie, S. J., Cox, S. R., Shen, X., Lombardo, M. V., Reus, L. M., Alloza, C., Harris, M. A., Alderson, H. L., Hunter, S., Neilson, E., Liewald, D. C. M., Auyeung, B., Whalley, H. C., Lawrie, S. M., Gale, C. R., Bastin, M. E., McIntosh, A. M., & Deary, I. J. (2018). Sex Differences in the Adult Human Brain: Evidence from 5216 UK Biobank Participants. In *Cerebral Cortex* (Vol. 28, Issue 8, pp. 2959–2975). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/cercor/bhy109>
- [E19] Costa, N. R. da, Mancine, L., Salvini, R., Teixeira, J. de M., Rodriguez, R. D., Leite, R. E. P., Nascimento, C., Pasqualucci, C. A., Nitrini, R., Jacob-Filho, W., Lafer, B., Grinberg, L. T., Suemoto, C. K., & Nunes, P. V. (2022). Microcephaly measurement in adults and its association with clinical variables. In *Revista de Saúde Pública* (Vol. 56, p. 38). Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA). <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056004175>
- [E20] Neubauer, S., Hublin, J.-J., & Gunz, P. (2018). The evolution of modern human brain shape. In *Science Advances* (Vol. 4, Issue 1). American Association for the Advancement of Science (AAAS). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao5961>