

OrtogOnLineMag

ISSN: 2764-9466, Vol. 4, nº 2

Cicero Moraes Everton da Rosa Rodrigo Dornelles

OrtogOnLineMag

Volume 4, número 2

Dezembro de 2023

Semestral

EXPEDIENTE

Editor Científico e Diagramação

Cicero Moraes

Conselho Editorial

Everton da Rosa

Rodrigo Dornelles

Colaboradores

Luca Bezzi

Alessandro Bezzi

Jiří Šindelář

Idioma da Publicação

Português

www.ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/index/Publicacoes.html

cogitas3d@gmail.com

ortogonline@ortogonline.com

Cicero André da Costa Moraes

Sinop-MT

Sumário

1	A Aproximação Facial Digital 3D do Crânio Skhül V (80.000-120.000 AP)	1
1.1	Introdução	1
1.2	Materiais e Métodos	2
1.2.1	Conceitos, Software e Hardware	2
1.2.2	Importação do Crânio Digital	2
1.3	Resultados	4
1.4	Conclusão	7
1.5	Agradecimentos	7
2	A Aproximação Facial do Homo longi (Harbin, China ~148.000 AP)	9
2.1	Introdução	9
2.2	Materiais e Métodos	9
2.2.1	Conceitos, Software e Hardware	9
2.2.2	Obtenção do Crânio	10
2.2.3	A Aproximação Facial Forense	11
2.2.4	Resultados e Discussão	13
2.2.5	Conclusão	17
2.3	Agradecimentos	17
3	A Aproximação Facial e a Dinâmica do Acidente de Phineas Gage (1848)	19
3.1	Introdução	19
3.2	Materiais e Métodos	20
3.2.1	Conceitos, Software e Hardware	20
3.2.2	Preparação do Crânio e Aproximação Facial Inicial	21
3.2.3	Simulação do Acidente	22
3.2.4	Finalização da Aproximação Facial	23
3.3	Resultados e Discussão	24
3.4	Conclusão	25
3.5	Agradecimentos	25
4	A Aproximação Facial do Crânio de Dully (Suíça, Séc. V)	27
4.1	Introdução	27
4.2	Materiais e Métodos	28
4.2.1	Conceitos, Software e Hardware	28
4.2.2	Reconstrução Facial Digital	28
4.3	Resultados e Discussão	30
4.3.1	Estrutura do Crânio	30
4.3.2	Aproximação Facial Digital	32
4.4	Conclusão	35
4.5	Agradecimentos	35
	Referências Bibliográficas	37

A Aproximação Facial Digital 3D do Crânio Skhül V (80.000-120.000 AP)



Data da publicação: 14 de agosto de 2023

ISSN: 2764-9466 (Vol. 4, nº 2, 2023)

DOI: 10.6084/m9.figshare.23936826

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

1.1 Introdução

Skhül V é o nome dado a um fóssil com idade entre 80.000 e 120.000 anos antes do presente (AP), descoberto por Theodore McCown e Hallam L. Movius Jr., em 1932, no Monter Carmel, Israel [A SMITHSONIAN 2022]. Inicialmente foi classificado como um exemplar de *Homo heidelbergensis* em face às robustas e arcaicas características do crânio, posteriormente como *Paleoanthropus palestinensis*. Durante os anos de 1940 uma série de outros estudos foram efetuados até que, finalmente, foi estabelecido que, na verdade, tratava-se de um *Homo sapiens* arcaico ou humano arcaico [A Grant 2018]. A discussão acerca do que seria um humano moderno e um humano arcaico não conta com um consenso, de modo que os pesquisadores procuraram classificar as características estruturais do crânio Skhül V comparando-os com humanos modernos e outras amostra do gênero *Homo*, como os *heidelbergensis* e *neanderthalensis* [A Grant 2018] [A McCown 1939] [A Vasilyev 2015]. Algumas características arcaicas podem ser observadas como ossos esfenóides maiores, toro supraorbital pronunciado, região zigomática com uma curvatura significativamente alta, espessura óssea considerável e testa relativamente retraída. Outros indicam elementos sapientes ou modernos como a abobada craniana alta e longa, inclusive a supracitada região supraorbital foi classificada como uma morfologia neandertalóide-sapiente. O mesmo pode ser observado na região do queixo, pois, apesar de contar com a estrutura ausente nos neandertais, a mesma é significativamente menor do que a curvatura média de um humano moderno. A capacidade craniana geralmente atribuída a Skhül V é de ~1520 cm³ [A Grant 2018] [A Vasilyev 2015], no entanto, parece se tratar de um erro advindo do cálculo externo do crânio pela fórmula de Person, para se estipular o volume do endocrânio. O próprio es-

Cicero Moraes

* 3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil - Bacharel em Marketing, Dr. h. c. FATELL/FUNCAR (Brasil) e CEGECIS (México) - Membro da Mensa Brasil e da Intertel - Revisor convidado: Elsevier, Springer Nature e PLoS - Guinness World Records 2022: First 3D-printed tortoise shell.

* Google Scholar¹, ResearchGate², ORCID³, Web of Science⁴, Homepage.⁵

¹ <https://scholar.google.com.br/citations?user=u33uvHUAAAAJ>

² <https://www.researchgate.net/profile/Cicero-Moraes>

³ <https://orcid.org/0000-0002-9479-0028>

⁴ <https://www.webofscience.com/wos/author/record/HSH-2440-2023>

⁵ <http://www.ciceromoraes.com.br>

tudo, publicado em 1939 indica que, ao se mensurar o volume do endocrânio utilizando água, o valor encontrado foi de $\sim 1450 \text{ cm}^3$ [A_McCown_1939], mesmo assim acima da média dos humanos modernos, indicando uma afinidade mixada entre aqueles e o *neanderthalensis*, cujo volume geral é geralmente maior do que a média do *H. sapiens*. Tais características fomentam um debate amplo sobre a classificação do crânio apresentado neste estudo, de modo que alguns estudiosos propõe que, na verdade, pode se tratar de uma espécie em transição que mostra semelhanças com o *Homo sapiens* moderno [A_Grant_2018].

1.2 Materiais e Métodos

1.2.1 Conceitos, Software e Hardware

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [A_Stephan_2015], 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 [A_Pereira_2015]. 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.

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 online, com posterior importação digital. A aproximação facial seguiu a mesma abordagem descrita em Moraes (2023) [A_Moraes_2023] e Abdullah et al. (2022) [A_Abdullah_2022], 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) 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 ($\geq \text{BigSur}$) 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.

1.2.2 Importação do Crânio Digital



Figura1.1: Crânios importados e sobrepostos.

Para viabilizar o processo de aproximação facial foram importadas quatro peças, sendo dois crânios e duas mandíbulas advindas do perfil RLA Archaeology no portal Sketchfab (<https://sketchfab.com/rla-archaeology>). Os modelos foram disponibilizados para download em vários formatos populares, dentre eles o .OBJ, utilizado neste material, todos sob a licença Creative Commons (CC Attribution-NonCommercial). O crânio nomeado “Homo sapiens Skhul 5 (2501.lrp37-1)” contava com as dimensões de 218 x 144 mm x 147 mm, já o modelo nomeado “Homo sapiens (Skhul 5) (1979rp32)”, as dimensões de 219 mm x 146 mm x 149 mm. A mandíbula nomeada “Homo sapiens Skhul 5 (2501.lrp37-2) - mandible”, contava com as dimensões de 107 mm x 128 mm x 73 mm, já a nomeada “Homo sapiens (Skhul 5) (1979rp31) - mandible”, contava com as dimensões de 112 mm x 134 mm x 73 mm. Para complementar os dados acerca do volume, os quatro modelos foram importados em uma mesma cena no Blender 3D e sobrepostos, tendo como elemento base de alinhamento o plano horizontal de Frankfurt (Fig.1.1).

Com os crânios importados e alinhados ao plano de Frankfurt, uma série de pontos anatômicos foram distribuídos ao longo das peças anatômicas, de modo a fornecer projeções relacionadas a estruturas do tecido mole e ósseos, baseadas em mensurações efetuadas em tomografias de indivíduos modernos de ancestralidades diferentes [A_Moraes_2022]. Segundo o citado estudo, a linha fmo-fmo (distância orbital frontomalar) que tangencia o limite lateral das órbitas, geralmente coincide com a distância

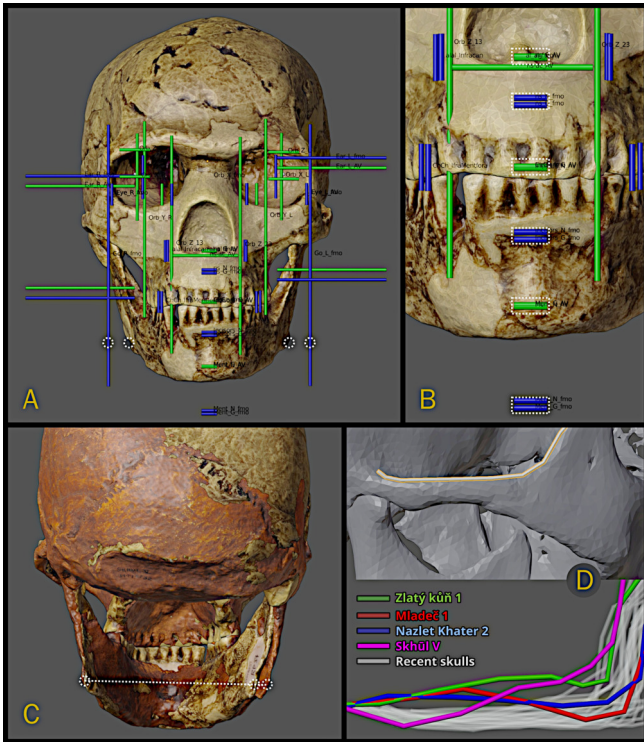


Figura 1.2: Projeções e mensurações sobre o crânio.

bigonial (go-go). No entanto, ao se observar a imagem ortográfica frontal das projeções, percebe-se pelos círculos pontilhados em branco, que há uma significativa diferença entre as estruturas (Fig.1.2, A). Curiosamente, segundo a publicação da descoberta, com mensurações efetuadas na mandíbula original ([A_McCown_1939], p. 229) a distância bigonial do Skhül V seria de 98 mm, o que bate com os crânios modernos, cuja média é de ~97 mm. A título de informação, houve uma pequena diferença na distância bigonial entre as mandíbulas importadas na cena, onde uma apresentou a distância de 93 mm e a outra 99 mm, tal discrepância mostra a importância de se complementar o material utilizado, uma vez que se tratam de réplicas que foram digitalizadas por fotogrametria, podendo apresentar pequenas distorções (Fig.1.2, A). Ainda se falando acerca da discrepância entre a distância fmo-fmo e a bigonial (go-go), não foram encontradas situações compatíveis em crânios modernos, mas o mesmo não se aplica aos mais antigos, como no caso de AVA (9.800 AP), que conta com uma característica semelhante [A_Moraes_2023b]. Quando se observa a projeção do ponto nasoespinal (Ns), dos incisivos e do mento, percebe-se que, as projeções a partir do distância fmo-fmo (Fig.1.2, B em azul envolto por retângulo com traçado branco), estão significativamente abaixo, no eixo Z do esperado. Já as projeções baseadas na média (Fig.1.2, B em verde envolto por retângulo com traçado branco) estão próximas das regiões pretendidas, todas dentro do desvio padrão e a projeção do ponto nasoespinal bate perfeitamente. Também comparou-se o desenho lateral do arco zigomático com outros crânios, sendo eles *Homo sapiens* arcaicos (n=4) e um grupo formado por humanos modernos (n=30) [A_Moraes_2023c]. A linha *pink*, correspondente ao desenho gerado pelo zigomático do crânio Skhül 5 tangencia a porção posterior, continuando o traço rumo a porção cranial, o que difere dos demais crânios arcaicos e mesmo dos *H. sapiens* modernos. Aparentemente se compatibiliza com os humanos arcaicos na porção anterior e com os modernos na posterior (Fig.1.2, C).

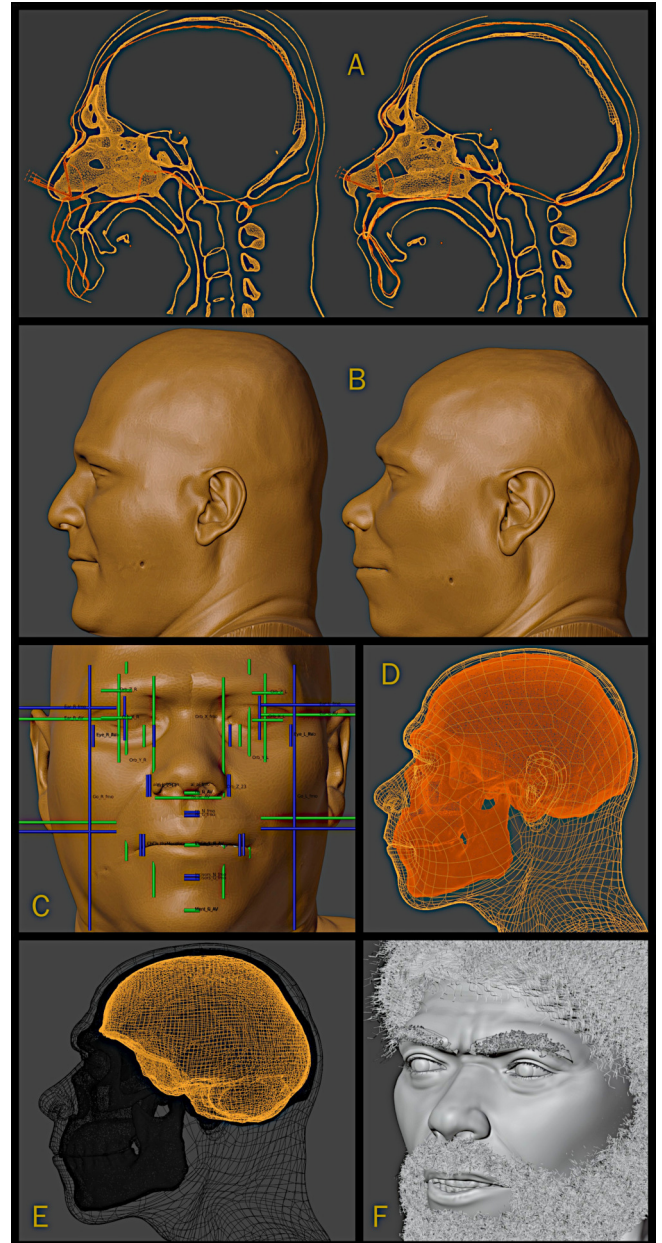


Figura 1.3: Etapas da aproximação facial digital 3D.

Para a aproximação facial forense, não foi utilizado o passo da colocação dos marcadores de espessura de tecido mole, pois não há uma população que sabidamente seja compatível com o crânio Skhül V, no entanto, a deformação anatômica serve bem aos propósitos deste trabalho, uma vez que foi base para a aproximação facial de 24 hominídeos apresentados em uma mostra realizada em 2015 na Itália

[A_Bezzi_2016]. A deformação anatômica permite que a malha composta pelo tecido mole e o crânio de um doador virtual seja deformada sobre o crânio a ser aproximado, de modo que se adéque ao mesmo ajustando o tecido mole e oferecendo uma abordagem de como poderia ser a face do indivíduo (Fig.1.2, A e B). Tal deformação é complementada pelo traçado do nariz, utilizando como base da projeção os dados de uma série de mensurações efetuadas em tomografias de indivíduos vivos [A_Moraes_2022]. Além da projeção nasal, a deformação anatômica se adequa a uma série de marcadores projetados frontalmente, como a dimensão dos lábios, orelhas e posição dos olhos, apenas o nariz necessitou de um leve ajuste de modo que fosse aumentado no eixo X para se adequar aos limites propostos pelo algoritmo (Fig.1.2, C). Assim que deformado, o crânio do doador virtual fornece os dados do endocrânio, uma vez que os ossos reconstruídos da tomografia computadorizada tem espessura e o seu “negativo” pode ser segmentado e convertido em um volume compatível com o *endocast*. Como abordado anteriormente, o volume extraído do endocrânio do fóssil Skhül V pela fórmula de Person resultou em 1520 cm^3 , já a mensuração baseada em volume aquático resultou em $\sim 1450 \text{ cm}^3$ [A_McCown_1939]. A malha segmentada advinda da deformação anatômica apresentou um volume de 1423 cm^3 , sendo portanto compatível com a mensuração mais coerente com o modelo físico (Fig.1.2, E). A malha deformada recebeu a uma face aproximada de outro trabalho, e assim como foi documentado em [A_Moraes_2023] e [A_Abdullah_2022], tal malha foi ajustada a aproximação atual (Fig.1.2, D), os pelos, barba e cabelos foram configurados (Fig.1.2, F) e as imagens e vídeo final gerados.

1.3 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 tom sépia, pois não é possível saber com exatidão a coloração da pele. A aproximação também está sem barba e cabelos, posto que não há informações acerca da configuração destas estruturas (Fig.1.4, Fig.1.5, Fig.1.6, Fig.1.7).

A abordagem mais artística consistiu em uma imagem com a coloração da pele, com pêlos, barba e cabelos e a exploração da arcada dentária e dos olhos, de modo a configurar uma leve expressão facial (Fig.1.8, Fig.1.9). 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

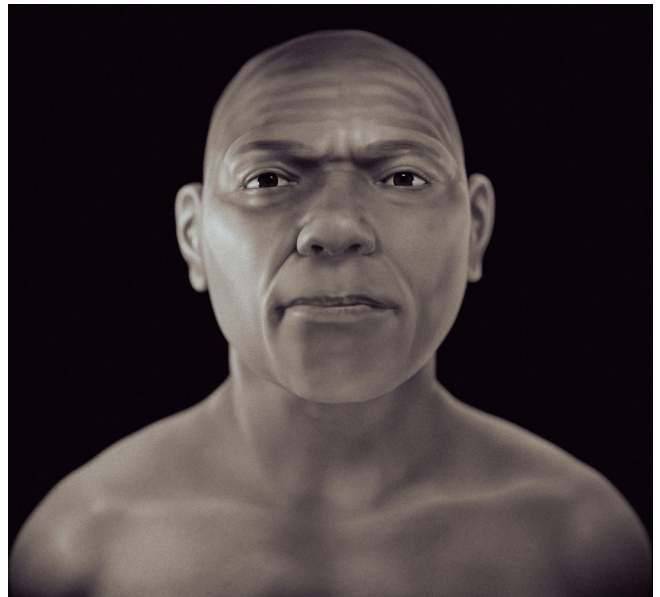


Figura1.4: Imagem objetiva frontal.



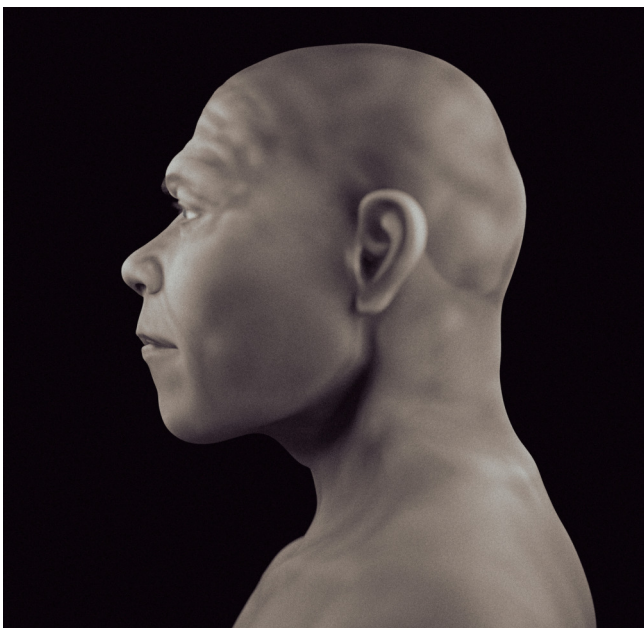
Figura1.5: Imagem objetiva 3/4.



Figural.6: Imagem objetiva lateral inferior.



Figural.8: Imagem com elementos subjetivos - frontal.



Figural.7: Imagem objetiva de perfil.



Figural.9: Imagem com elementos subjetivos - 3/4.

aspecto facial vivificado, muito difícil de se viabilizar apenas com a exposição do crânio e pobre de apelo visual na imagem objetiva em tom sépia. Também foi disponibilizado um vídeo para apreciação progressiva das etapas da aproximação facial (<https://youtu.be/ED3M7zjEx9w>). Por se tratar de um trabalho sem fins lucrativos, as imagens resultantes foram disponibilizadas sob licença Creative Commons.

Como supramencionado, o doador virtual teve o endocrânio segmentado, resultando em uma estrutura de 1423 cm³/ml. 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) (Fig.1.10). Com exceção de um doador virtual do sexo masculino, todos os demais dados foram extraídos de aproximações faciais forenses efetuadas pelo autor.

De modo a comparar uma população com mais de 30.000 anos, foram destacados três outros crânios: Mladeč 1 de ~31.000 AP [A_Moraes_2022b], Nazlet Khater 2 de ~35.000 AP [A_Moraes_2023d] e Zlatý kůň 1 de ~45.000 [A_Moraes_2023c]. Todos os crânios têm uma tendência de se afastarem significativamente da média, posicionando-se em regiões com grande volume do endocast e grande circunferência da cabeça, com exceção do Nazlet Khater 2, que se posicionou próximo a média geral. Em linhas gerais é possível atestar que o grupo dos fósseis tem uma tendência de se posicionar próximo grupo composto por neandertais, *rhodesiensis* e *heidelbergensis* (Fig.1.10).

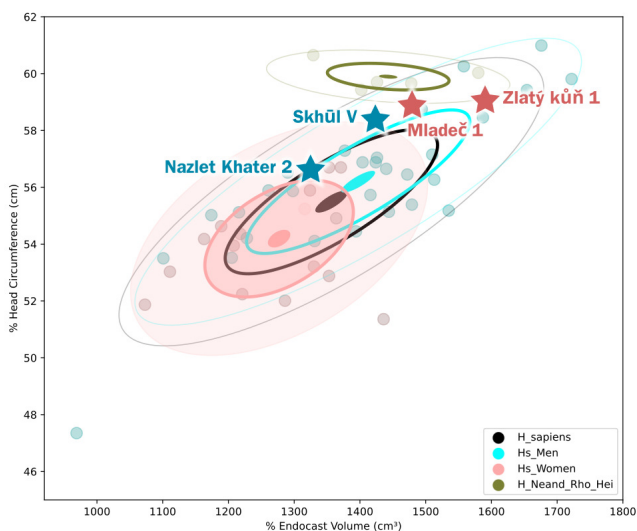


Figura1.10: Distribuição do volume do endocrânio e circunferência da cabeça.

Ao se comparar os dados do estudo com n=50 em relação a outros com números notoriamente maiores [A_Ritchie_2018] [A_Costa_2022] [A_Neubauer_2018], evidencia-se que a amostra conta com uma distribuição semelhante àqueles (Fig.1.11). Ao se aplicar o fator de -9,81% para converter o volume do endocrânio em volume cerebral [A_Moraes_2023e], chega-se a 1283 cm³, ou seja, 49 cm³ acima da média, logo, ao se utilizar os dados de Ritchie et al. (2018) (n=2466) [A_Ritchie_2018], o cérebro de Skhül V está a meio desvio padrão acima da média para o sexo masculino. Já a circunferência da cabeça, que resultou em 58,4 cm, está a quase um desvio padrão tanto do grupo das aproximações faciais, quanto do trabalho de Costa et al. (2022) (n=1045) [A_Costa_2022]. Quando se leva em consideração o grupo de ambos os sexos do *Homo sapiens*, o endocrânio de Skhül V também está acima da média geral, segundo o trabalho com as aproximações faciais e de Neubauer et al. (2018) (n=89) [A_Neubauer_2018] está a 0,58 desvio padrão acima da

média e em relação a Ritchie et al. (2018) (n=5216) [A_Ritchie_2018] está a 1,30 desvio padrão acima da média.

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)	Ritchie et al. (2018)
n	50	89	5216
Mean (ml)	1357	1328	1286
SD	158	164	105

Figura1.11: Volume do endocrânio/cerebral e circunferência da cabeça - comparação entre estudos.

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 outros fósseis (n=14) foram mensuradas em duas distâncias, a sch-scp e pch-acp, ambas apenas no eixo Y, sendo sch a margem 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 [A_Moraes_2023]. Medidas adicionais foram efetuadas a partir do trabalho de [A_McCown_1939].

O gráfico plotado com as medidas das mandíbulas foi dividido em três grupos, um composto por humanos modernos, um composto por humanos arcaicos compreendendo um período de 32.000 a 120.000 anos antes do presente (AP) e um composto por *H. heidelbergensis* e *H. neanderthalensis* (majoritariamente). Em linhas gerais os humanos arcaicos tendem a se compatibilizar mais com o grupo dos neandertais, no entanto, atesta-se que o crânio Skhül V está praticamente na intersecção dos três grupos, sendo o limite superior (em números) do *sapiens* moderno e os limites inferiores dos *sapiens* arcaicos e neandertais/*heidelbergensis* (Fig.1.12).

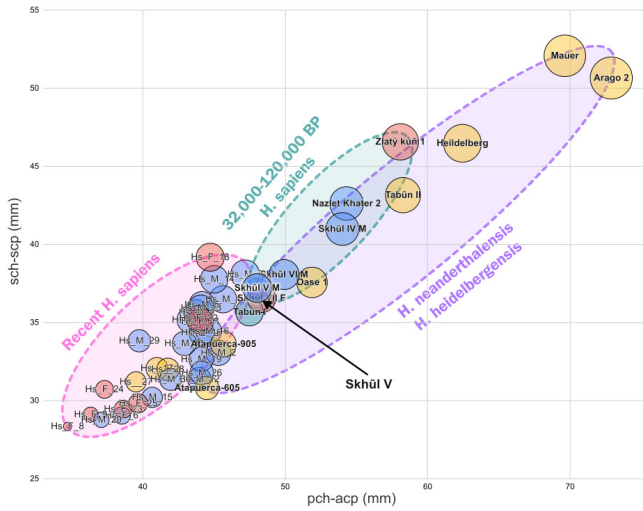


Figura1.12: Distribuição das medidas pch-acp no eixo X e sch-scp no eixo Y, o diâmetro das esferas é proporcional à soma das duas medidas (pch_acp)+(sch_scp). As cores representam o sexo, sendo azul masculino, vermelho feminino e amarelo indefinido.

1.4 Conclusão

O presente trabalho foi bem sucedido em aproximar a face do indivíduo Skhül V com arquivos disponíveis sob licença livre de modo online, utilizando a técnica de deformação anatômica. Mais do que simplesmente revelar a face, outras abordagens permitiram fazer medições que corroboraram com os estudos originais do crânio, bem como demonstraram o mosaico de características que tornam a classificação estrutural do *H. sapiens* um grande desafio.

1.5 Agradecimentos

Ao Dr. Richard Gravalos por ceder a tomografia do doador virtual utilizada neste estudo, bem como à RLA Archaeology por ceder o crânio base para a aproximação, sob licença Creative Commons.

A Aproximação Facial do Homo longi (Harbin, China ~148.000 AP)



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

2.1 Introdução

O crânio de Harbin, como ficou conhecido, é um fóssil descoberto em 1933, durante os trabalhos de edificação de uma ponte sobre o rio Songhua, na cidade de Harbin, China. Recebido como doação em 2018, atualmente a peça faz parte do acervo do Museu de Geociência da Universidade GEO de Hebei [B_Ni_2021] e, por apresentar uma combinação única de características, levou os pesquisadores a proporem que se trata de uma nova espécie, o *Homo longi*, cujo nome é derivado de Long Jiang (Rio dos Dragões), um termo muito utilizado na região da província de Heilongjiang, onde se encontra a cidade de Harbin [B_Ji_2021]. A datação da série de urânio, estimou a idade mínima confiável do fóssil em 148 ± 2 ka e suas notórias dimensões fazem com que o crânio seja considerado maior do que de todos os humanos arcaicos conhecidos segundo Ji et al. 2021 [B_Ji_2021].

2.2 Materiais e Métodos

2.2.1 Conceitos, Software e Hardware

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [B_Stephan_2015], 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 [B_Pereira_2015]. 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.

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 à 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

Cicero Moraes

* 3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil - Bacharel em Marketing, Dr. h. c. FATELL/FUNCAR (Brasil) e CEGECIS (México) - Membro da Mensa Brasil e da Intertel - Revisor convidado: Elsevier, Springer Nature e PLoS - Guinness World Records 2022: First 3D-printed tortoise shell.

* Google Scholar⁶, ResearchGate⁷, ORCID⁸, Web of Science⁹, Homepage.¹⁰

Data da publicação: 28 de novembro de 2023

ISSN: 2764-9466 (Vol. 4, nº 2, 2023)

DOI: 10.6084/m9.figshare.24648591

⁶ <https://scholar.google.com.br/citations?user=u33uvHUAAAAJ>

⁷ <https://www.researchgate.net/profile/Cicero-Moraes>

⁸ <https://orcid.org/0000-0002-9479-0028>

⁹ <https://www.webofscience.com/wos/author/record/HSH-2440-2023>

¹⁰ <http://www.ciceromoraes.com.br>

em Abdullah et al. 2022 [B_Abdullah_2022] e Moraes (2023) [B_Moraes_2023].

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) 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 (\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.

2.2.2 Obtenção do Crânio

O artigo intitulado “Massive cranium from Harbin in northeastern China establishes a new Middle Pleistocene human lineage” [B_Ni_2021] fornece uma série de dados importantes acerca do fóssil de Harbin. Como não foi encontrado um modelo tridimensional do crânio, foram utilizados três vídeos disponíveis na publicação, com rotações em *yaw* (<https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2666675821000552-mmc2.mp4>), *pitch* (<https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2666675821000552-mmc3.mp4>) e *roll* (<https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2666675821000552-mmc4.mp4>).

Os três vídeos foram convertidos em uma sequência de imagens, redimensionados para 2880x2260 px e digitalizados em 3D por fotogrametria, no entanto, como a solução padrão, baseada em OpenMVG+OpenMVS [B_Moraes_2021a] não gerou resultados, apresentando falha, a segunda opção baseada em SMVS+MVE [B_Moraes_2021b], foi testada, sendo bem-sucedida, com uma pequena série de ruídos externos à malha principal (Fig.2.1).

O crânio digital resultante passou por um processo de limpeza dos ruídos externos, foi alinhado ao plano horizontal de Frankfurt e redimensionado segundo a imagem de referência presente em Ni et al. (2021), com a complementação de medidas efetuadas a partir das tabelas disponíveis nas infor-

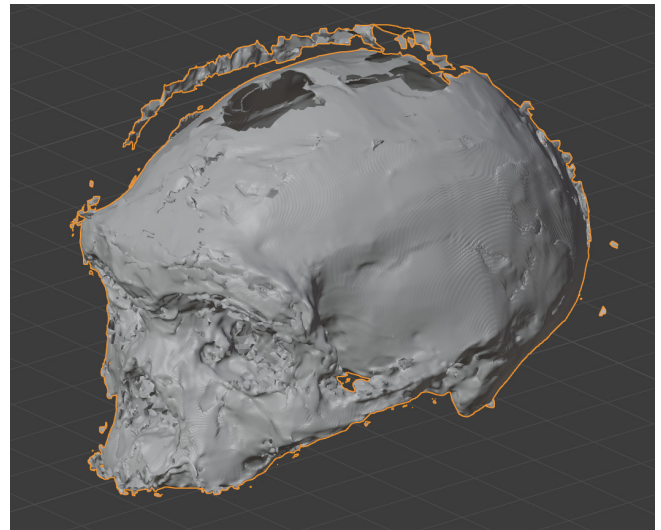


Figura2.1: Fotogrametria resultante dos três vídeos disponíveis em Ni et al. (2021).

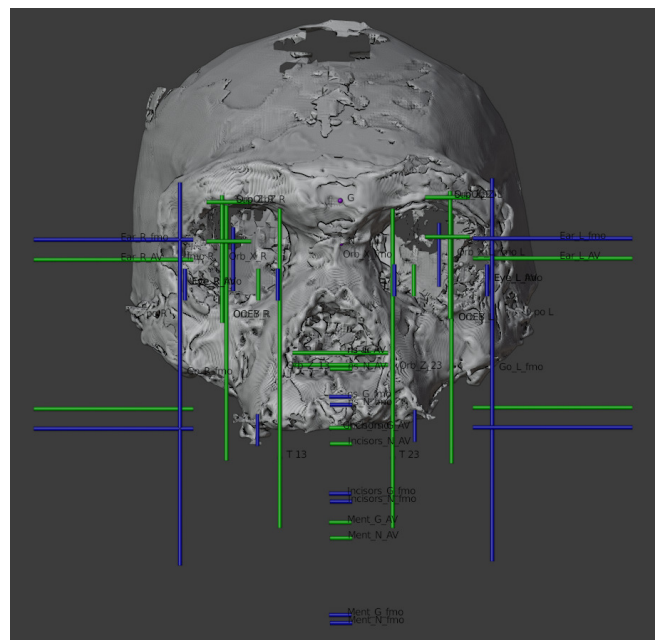


Figura2.2: Crânio alinhado a plano de Frankfurt, com projeções efetuadas a partir de mensurações feitas em tomografias de indivíduos vivos (<https://bit.ly/3NRw2KW>).

mações suplementares do artigo (<https://www.cell.com/cms/10.1016/j.xinn.2021.100130/attachment/04bcf34e-5910-4068-9af9-c4e45cc50013/mmcl>), uma vez que a imagem de referência apresentava pontos de vista do crânio com deformação de perspectiva e uma referência de escala ortográfica (sem perspectiva). Ao trabalhar com as duas referências foi possível aproximar a escala correta, posto que a fotogrametria reconstrói a malha “volumétrica” de modo proporcional. Em seguida a peça recebeu uma série de projeções baseadas em médias e proporções, mensuradas em tomografias computadorizadas de humanos modernos, pertencentes a ancestralidades diferentes [B_Moraes_Suharschi_2022]. As projeções são baseadas em médias (em verde) e em proporção (em azul), de modo que, ficou evidente uma distorção no eixo X do crânio em relação ao eixo Z, uma vez que, a distância fmo-fmo de Harbin é de ~122.32 mm, bem acima da média de humanos modernos que é de 96.6 ± 4.5 , ou seja, quase seis desvios padrão acima (+5.72 SD). No entanto, mesmo com a maior dimensão no eixo X, no eixo Z a face se mostra mais compatível com a dos humanos modernos, posto que as linhas horizontais verdes do nariz e dos incisivos estão mais próximas do esperado, em relação às proporções projetada a partir da distância fmo-fmo (Fig.2.2).

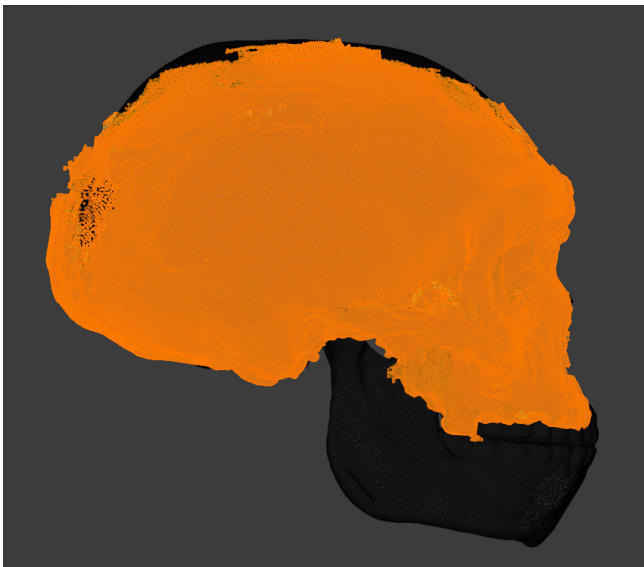


Figura2.3: Complementação do crânio utilizando estrutural de doador virtual (H. erectus).

Para viabilizar a aproximação facial, foi necessário reconstruir a mandíbula e os dentes faltantes. Para tal foi utilizado um crânio completo de um *Homo erectus*, que sofreu algumas deformações estruturais e se ajustou precisamente a região dos dentes e no encaixe dos côndilos. O molar remanescente serviu como parâmetro de alinhamento dos demais dentes, bem como os alvéolos frontais da maxila (Fig.2.3).

O crânio base resultante se adequou tanto aos limites horizontais, onde os gônios quase coincidiram com os limites fmo-fmo, bem como de mostrou coerente com

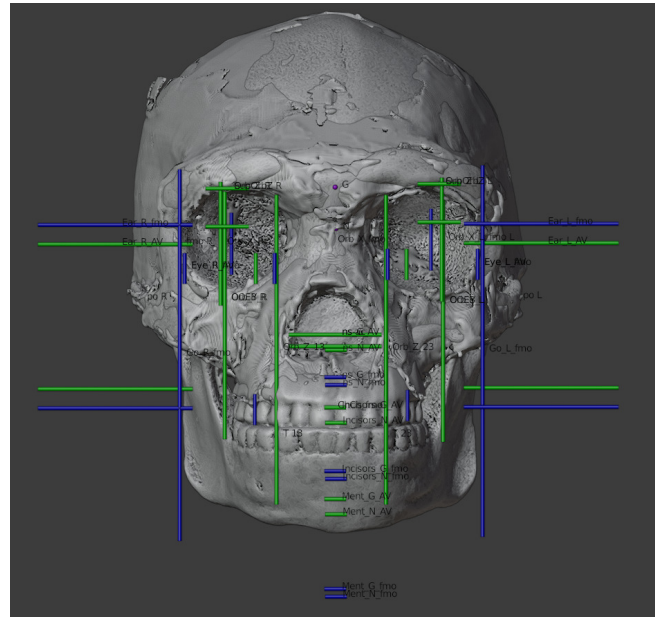


Figura2.4: Complementação do crânio utilizando estrutural de doador virtual (H. erectus).

a projeção média dos incisivos e do mento, a partir do násio, em relação aos humanos modernos (Fig.2.4).

2.2.3 A Aproximação Facial Forense

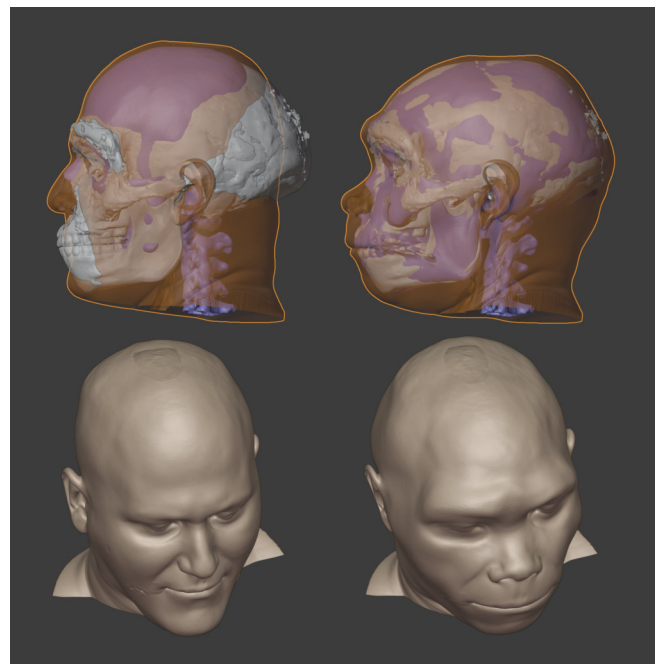


Figura2.5: Deformação anatômica de um *Homo sapiens*.

Seguindo a abordagem disponível em Moraes 2023 [B_Moraes_2023], a tomografia de um doador virtual (*Homo sapiens*) foi importada e passou pelo processo de deformação anatômica, de modo a compatibilizar o crânio do doador com o de Harbin (Fig.2.5, superior), fazendo com que o tecido mole seguisse o padrão de deformação resultando em uma face compatível com tal crânio (Fig.2.5, inferior).

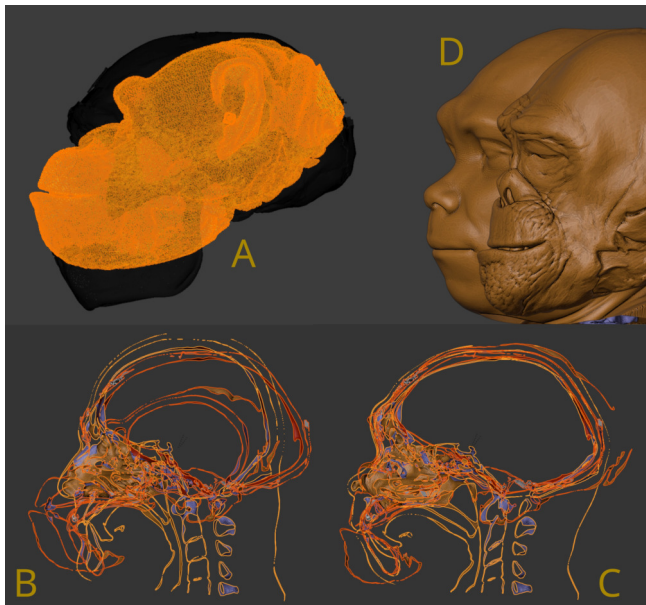


Figura2.6: Adição da deformação anatômica de um *Pan troglodytes*.

Para complementar os dados de projeção do tecido mole, a tomografia de um *Pan troglodytes* (chimpanzé) foi importada na cena (Fig.2.6, A), redimensionada para que as configurações dos olhos se equiparassem e facilitassem a posterior deformação (Fig.2.6, B) e finalmente passasse pelo processo de deformação anatômica, fazendo com que o crânio do chimpanzé se equiparasse ao de Harbin (Fig.2.6, C). O processo gerou duas aproximações, evidenciando uma compatibilidade maior de embas na região do toro orbital e do queixo, diferindo mais na região do nariz (Fig.2.6, D).

Conforme descrito em Abdullah et al. (2022) [B_Abdullah_2022] a malha de outra aproximação facial é imporada e ajustada, interpolando as duas deformações anatômicas efetuadas (Fig.2.7, A), resultando em um busto limpo com planes de 4 lados (Fig.2.7, B). Em seguida o busto passa por um processo de escultura digital, de modo a gerar as marcas de expressão e detalhamentos, como a efetuada na região do toro orbital (Fig.2.7, C). Por se tratar de um crânio de dimensões atípicas, ainda que em linhas gerais a altura do mesmo tenha se equiparado a de um *H. sapiens*, a maioria das estruturas do tecido mole não se compatibilizou à média geral (verde), mas à proporção (linhas azuis), como poder ser claramente observado nas orelhas, cuja média em verde é significativamente menor que a proporção em azul. A dimensão dos olhos no eixo X também seguiu tal lógica, uma vez que as linha sem azul são mais distanciadas que as verdes. Já para os lábios, a proporção quase se equiparou, sendo que o lábio ficou levemente maior, por conta da estrutura dos dentes. Não foi feito nenhum ajuste posterior, ou seja, as dimensões das estruturas compatíveis com as projeções são fruto direto da deformação anatômica (Fig.2.7, D). Como a malha advinda do doador

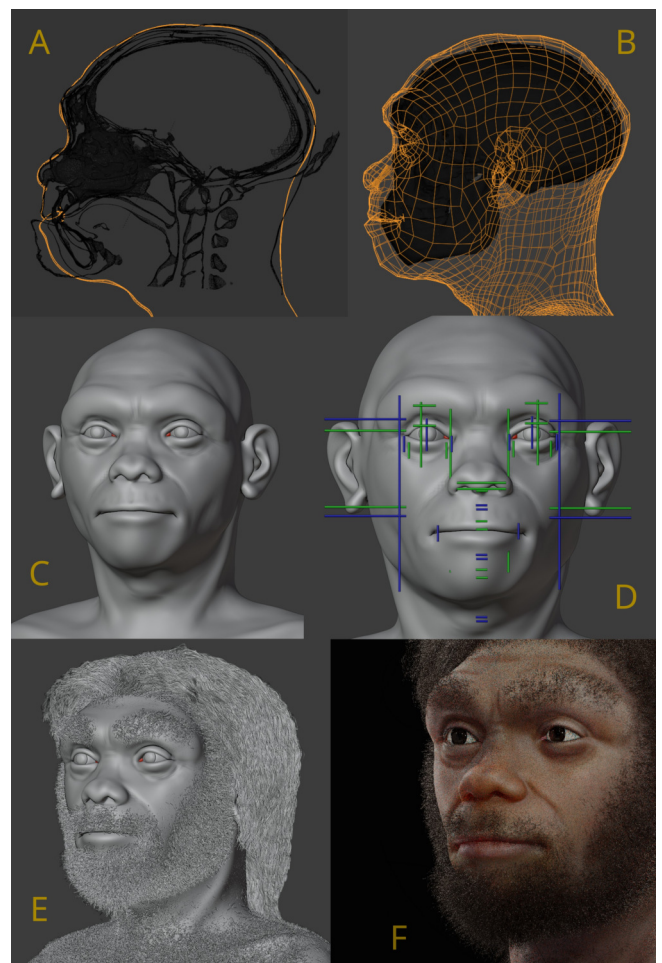


Figura2.7: Etapas finais da aproximação facial digital.

virtual já contava com configurações pré determinadas, como os cabelos e pigmentação, bastou um ajuste para que os pelos se adequassem à face (uma vez que o sexo é potencialmente masculino) (Fig.2.7, E) e a pigmentação fosse compatibilizada com o trabalho de Ni et al. (2021) [B_Ni_2021], que optou por apresentar uma aproximação facial dotada de cabelo longo e pele mais escura. Ao final a iluminação do cenário foi ajustada para evidenciar as estruturas faciais, permitindo a geração das imagens do rosto (Fig.2.7, F).

2.2.4 Resultados e Discussão

Aproximação Facial Objetiva

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.2.8, Fig.2.9, Fig.2.10, Fig.2.11, Fig.2.12).



Figura2.8: Imagem objetiva 3/4.

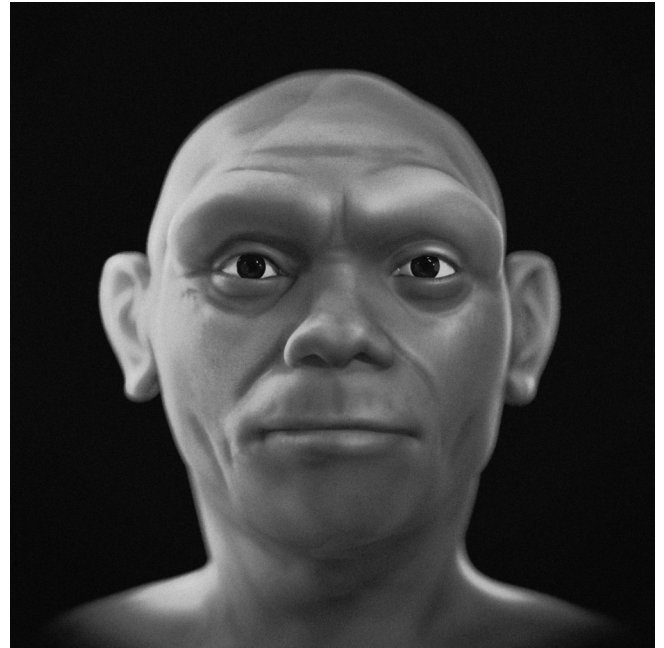


Figura2.9: Imagem objetiva frontal.

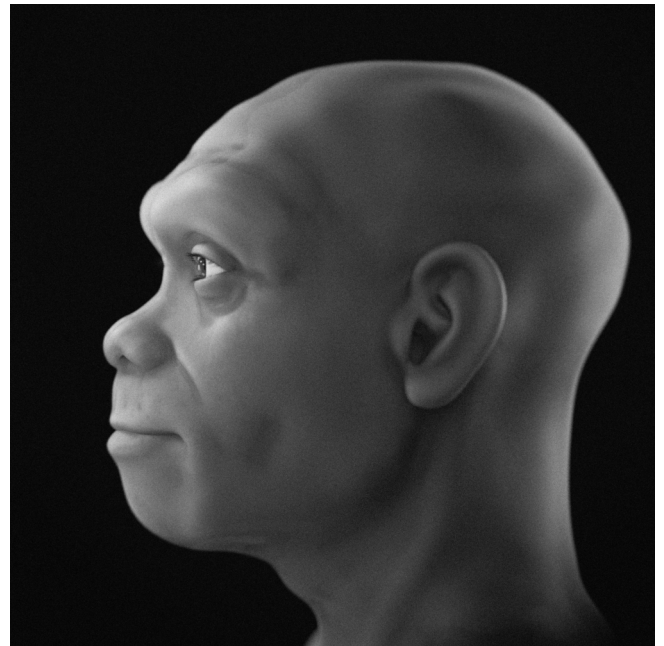


Figura2.10: Imagem objetiva lateral.

Aproximação Facial Artística

A abordagem mais artística consiste em imagens com a coloração da pele e com pêlos (Fig.2.13, Fig.2.14, Fig.2.15, Fig.2.16, Fig.2.17). 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 homínido, muito difícil de se viabilizar apenas com a exposição do crânio e pobre de apelo visual na imagem objetiva em escala de cinza.

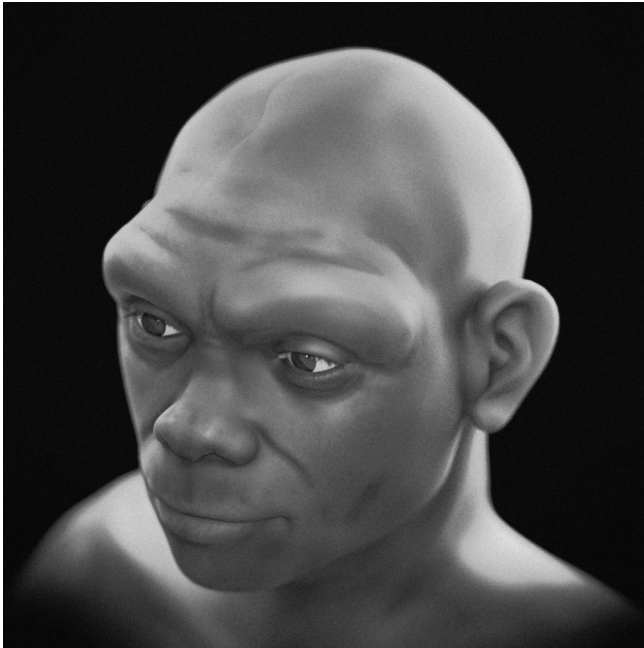


Figura2.11: Imagem objetiva 3/4 superior.



Figura2.13: Imagem artística 3/4.

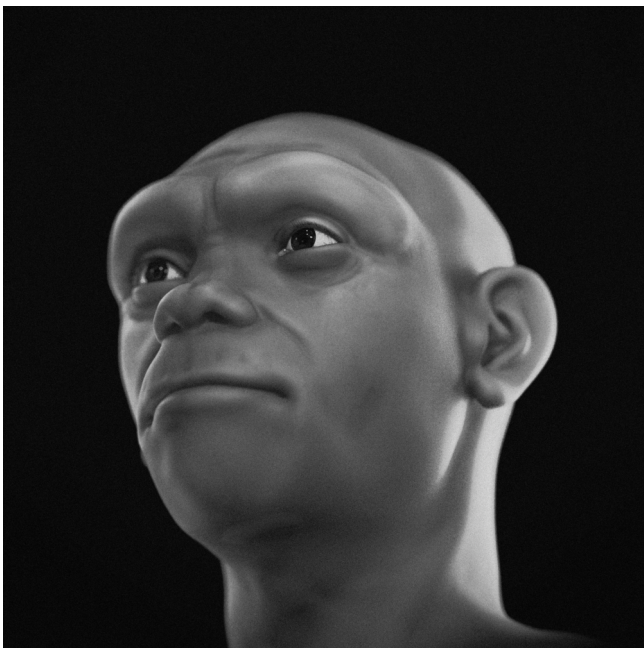


Figura2.12: Imagem objetiva 3/4 inferior.



Figura2.14: Imagem artística frontal.



Figura2.15: Imagem artística lateral.



Figura2.17: Imagem artística 3/4 inferior.



Figura2.16: Imagem artística 3/4 superior.

Endocrânio e Circunferência da Cabeça

No momento da deformação anatômica, além do ajuste do crânio, os modelos dos doadores virtuais contam com um endocrânio já previamente segmentado, permitindo que o seu volume seja levantado. No caso da deformação efetuada no doador humano, o volume do *endocast* foi de ~1660 ml, já o do doador *P. troglodytes* o volume foi de ~1616 ml. Em média o volume do endocrânio resultando foi de 1638 ml e a circunferência da cabeça, efetuado sobre a aproximação facial foi de 65.10 cm.

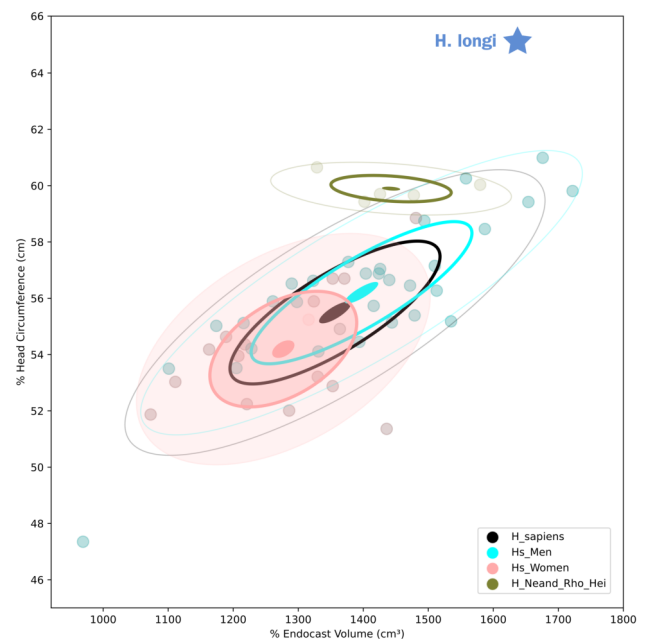


Figura2.18: Gráfico bidimensional do volume do endocrânio (horizontal) e da circunferência da cabeça (vertical), representando o grupo de humanos e outros hominídeos (n=55).

Um gráfico foi plotado, contendo os dados de humanos (geral e ambos os sexos) e de neanderthais, contendo os dados do volume do endocrânio na horizontal e da circunferência da cabeça na vertical. Mesmo se tratando de um gráfico baseado em uma grupo pequeno de indivíduos (n=55), ele se mostrou compatível com dados de pesquisas efetuadas com milhares de pessoas, sendo uma mostra bem dimensionada [B_Moraes_2023b]. Em face disto, é notória a posição do *H. longi* em tal plotagem, uma vez que está bem distante dos demais, principalmente em relação a circunferência da cabeça (Fig.2.18).

Segundo os trabalhos de Ji et al. (2021) [B_Ji_2021] e Ni et al. (2021) [B_Ni_2021], o volume endocraniano ou capacidade craniada seria de 1420 ml, o que difere significativamente resultados deste trabalho. No caso deles, a base para o levantamento foi a tomografia do fóssil, e uma das explicações desta diferença pode ser a espessura do crânio original, inexistente neste estudo, uma vez que a fotogrametria contemplou apenas a parte externa, tendo a parte interna sido projetada a partir das estruturas dos doadores virtuais. Outra explicação é que, pode não ter ficado claro se os autores se referiam ao volume do encrânio ou do que seria o cérebro, pois, levando-se em consideração a segunda opção, ao se converter o volume dos endocrânios (-9,81%) [B_Moraes_2023b] do humano e do *P. troglodytes*, teremos os valores de 1497 para um e 1456 ml para o outro, o que resulta em uma média de ~1477 ml, um valor mais próximo ao do estudo original. Há ainda outra explicação, que será abordada adiante.

Tais diferenças de volumetria em trabalhos distintos não são tão incomuns, no caso do endocrânio de Mladeč 1, segundo Prossinger & Teschler-Nicola (2006) [B_Prossinger_Nicola_2006] o valor é de 1575 ml/cm³, para Neubauer et al. (2018) [B_Neubauer_2018] o volume está estabelecido em 1.606 ml e por fim, segundo outro trabalho do autor do presente material [B_Moraes_2022], o endocrânio contava com 1.481 ml. Há de se pontuar que, neste último trabalho, houve um erro de redimensionamento inicial do crânio, justamente pela referência espacial ortográfica da imagem estar misturadas com visualizações do crânio em perspectiva. O erro do cálculo equivaleu a 10,39% (de 1.342 para 1.481, corrigido). Outra situação que chama a atenção e, de certa forma está relacionada com esse trabalho, foi o levantamento do endocrânio do *H. floresiensis*, posto que, segundo Moraes et al. (2023) [B_Moraes_2023c] a literatura oferecia um range entre 380 e 417 cm³, o levantamento volumétrico do endocrânio extraído diretamente da tomografia do fóssil resultou em 422 cm³, muito compatível, já as segmentações efetuadas da mesma forma que neste estudo resultou em 446 cm³ (+5.69%) para o endocrânio do doador humano e 450 cm³ (+6.22) para o doador *P. troglodytes*. Aparentemente pode haver uma influência da espessura da parede do fóssil em relação a populações modernas, o que pode gerar um erro médio de ~6%. Sendo assim, ao aplicar o fator

de erro do dimensionamento a partir de fotografias (10.39%) e de possível influência da espessura (6%), o valor do endocrânio cairia de 1630 cm³/ml para uma faixa de 1468 a 1540, mais próximas dos 1420 ml do estudo original com o crânio de Harbin. No entanto, este estudo manterá a média de 1638 para o endocrânio, uma vez que foi o resultado adquirido pela volumetria disponível.

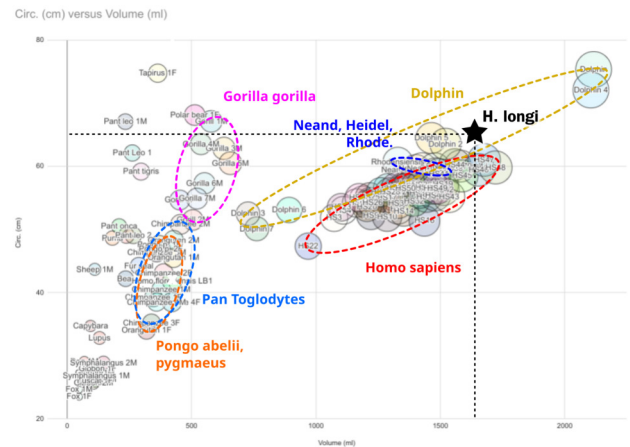


Figura2.19: Gráfico bidimensional do volume do endocrânio (horizontal) e da circunferência da cabeça (vertical), representando o grupo de humanos e outros animais.

Um outro gráfico plotado composto por um grupo maior de animais, mostra que, ao mesmo tempo em que conta com um endocrânio significativamente grande, a circunferência da cabeça do *H. longi* também se destaca, colocando-o no mesmo nível que gorilas macho e leões (Fig.2.19).

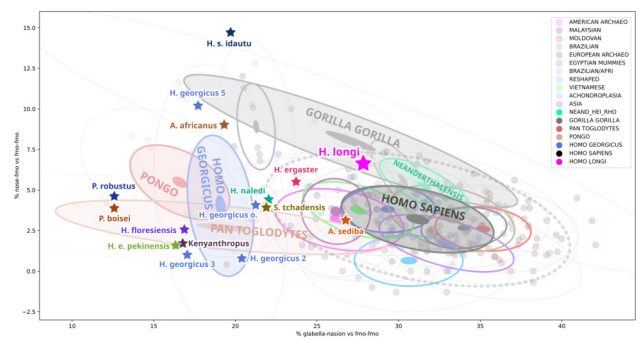


Figura2.20: Cluster populacional (n=259) com fatores da distância da glabella em relação a medida fmo-fmo na horizontal e da distância entre a ponta do osso nasal até o fmo em relação a distância fmo-fmo, na vertical.

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 [B_Moraes_2022b], mas posteriormente os pesquisadores incrementaram o banco de dados com outras espécies (Fig.2.19). Neste traba-

lho a versão mais completa do gráfico plotado mostra uma afinidade do *Homo longi* com os grupos compostos por *H. sapiens*, neanderthais e gorilas.

2.2.5 Conclusão

Graças a uma ampla gama de informações disponíveis nos trabalhos de Ji et al. (2021) e Ni et al. (2021), foi possível reconstruir o fóssil e a face do *H. lungi*, além de abordar algumas medidas e comparativos em relação a outras espécies.

2.3 Agradecimentos

Ao Dr. Richard Gravalos por ceder a tomografia do doador virtual utilizada neste estudo, bem como aos autores supracitados por cederem os dados do crânio base para a aproximação aqui apresentada.

A Aproximação Facial e a Dinâmica do Acidente de Phineas Gage (1848)



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

3.1 Introdução

No dia 13 de setembro de 1848, Phineas P. Gage, um capataz responsável por um grupo de homens especializados na abertura de estradas, trabalhava em mais uma empreitada na linha Rutland & Burlington Railroad, na cidade de Cavendish, estado de Vermont, Estados Unidos da América. Com 25 anos, gozava de excelente saúde e um sistema muscular excepcionalmente bem desenvolvido, distribuídos nos seus 1,68m de altura e 68 Kg. Relatos dão conta de que havia passado apenas um dia doente, desde a infância até a idade adulta. A habilidade laboral de Gage era a escavação de rochas para a passagem de trilhos de ferro, por isso era comum portar uma barra de ferro conhecida como “ferro de compactação”, que servia para socar o material explosivo, objetivando remoção de rochas de difícil extração manual. Naquele dia ele já havia preparado o buraco, a pólvora e o pavio e estava socando-os antes de depositar a areia, neste momento seus homens atraíram-lhe a atenção, ao que ele observou-os pelo ombro, no momento que procedeu com tal ato, largou a barra que bateu em uma rocha provocando uma faísca, seguiu-se a isso uma explosão que fez com que a barra fosse atirada como um míssil, atravessando a cabeça de Gage pelo lado esquerdo e caindo a mais de 10 metros atrás dele, deixando no local marcas de sangue e do tecido cerebral. Para se ter uma ideia da gravidade do acidente, a tal barra de compactação era uma ferramenta de 1,09 metro e comprimento, por 3,18 cm de diâmetro, pesando 6 Kg. Após a peça atravessar a sua cabeça, Gage foi jogado de costas ao chão, teve algumas convulsões e em poucos minutos proferiu algumas palavras. Seus ajudantes, preocupados com a ocorrência e apreciadores da figura do chefe, carregaram-no até um carro de boi que se encontrava em uma estrada próxima e o levaram, sentado, até o hotel onde estava hospedado a 1,21 Km de distância. Ele desceu da carroça quase sem ajuda e uma hora depois subiu os degraus que levavam até o seu quarto. O seu estado parecia bom, apenas se exaurindo por conta da hemorragia que o acometeu e mesmo diante disso, suportou o sofrimento com firmeza. O médico que o atendeu retirou alguns pedaços de ossos e ~28 g

Cicero Moraes

* 3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil - Bacharel em Marketing, Dr. h. c. FATELL/FUNCAR (Brasil) e CEGECIS (México) - Membro da Mensa Brasil e da Intertel - Revisor convidado: Elsevier, Springer Nature e PLoS - Guinness World Records 2022: First 3D-printed tortoise shell.

* Google Scholar¹¹, ResearchGate¹², ORCID¹³, Web of Science¹⁴, Homepage.¹⁵

Data da publicação: 9 de dezembro de 2023

ISSN: 2764-9466 (Vol. 4, n° 2, 2023)

DOI: 10.6084/m9.figshare.24782022

¹¹ <https://scholar.google.com.br/citations?user=u33uvHUAAAAJ>

¹² <https://www.researchgate.net/profile/Cicero-Moraes>

¹³ <https://orcid.org/0000-0002-9479-0028>

¹⁴ <https://www.webofscience.com/wos/author/record/SHS-2440-2023>

¹⁵ <http://www.ciceromoraes.com.br>

de cérebro, antes de enfaixá-lo. Durante o procedimento, Gage disse não se importar com tal situação, uma vez que imaginava que voltaria a trabalhar poucos dias depois. Em um primeiro momento a visão do olho esquerdo, ainda que indistinta, se fazia ativa, sendo perdida totalmente no décimo dia depois do acidente. Seguiram-se períodos de dor, crescimento de fungos, profusão de fluídos fétidos pela boca e pela ferida superior da cabeça (saída da barra), alternados por quadros de debilidade intelectual, estupidez, imbecilidade e manifestações caprichosas e infantis. Seus amigos, antevendo o pior, já haviam preparado o caixão e as roupas, de modo a enviar o corpo para a sua cidade natal, New Hampshire. O médico que o atendeu não acreditava na recuperação até o décimo dia, já no 34º dia a mente de Gage ficou mais equilibrada e menos infantil, no 35º ele passava a maior parte do tempo sentado, começou a andar pela casa, indo até a praça e à rua. No 56º dia voltou a frequentar as ruas da cidade, no 60º dia, quando o médico foi visitá-lo, descobriu que ele saía de casa todos os dias, com exceção dos domingos e que, inclusive, efetuava compras no comércio local, com a precisão que lhe era habitual. No 61º dia teve algum sangramento no braço (que também fora enfaixado no tratamento inicial) e expeliu alguns pedaços pequenos de ossos pela boca. No dia 1º de janeiro de 1849 o ferimento do topo da cabeça se fechou completamente (ainda que as pulsações cerebrais permanecessem perceptíveis), uma cicatriz linear próxima ao ângulo da mandíbula inferior denunciava a entrada do ferro de compactação, mas Gage se mostrava plenamente recuperado, com posição ereta e andar firme e com a seqüela de uma paralisia parcial no lado esquerdo da face. Motivado pela boa recuperação ele se candidatou ao posto de capataz novamente, mas seus amigos acharam a sua mudança de comportamento tão marcante, que decidiram não lhe dar o trabalho. Há de se complementar que Gage passou a demonstrar um comportamento caprichoso, irreverente, falando palavrões eventualmente, o que não era de sua natureza anterior ao acidente, também manifestava pouco respeito aos demais e se mostrava constantemente impaciente a restrições e conselhos, mudando de plano a cada momento, ao sabor da conveniência presente. Antes da sua lesão, ainda que não tivesse estudado de modo formal, era conhecido pela astúcia nos negócios, pela inteligência e pela persistência nos planos de ação, posteriormente ao acidente a sua mudança foi tamanha que os amigos relatavam que ele havia se tornado outra pessoa. Além disso desenvolveu grande apreciação por crianças e animais de estimação, especialmente cavalos e cães, sempre mantendo a sua barra de ferro próxima, junto com as lembranças dos tempos de capataz, as quais mantinha com grande carinho. Após o fechamento dos ferimentos viajou para Boston, a convite e custeado pelo Dr. Henry J. Bigelow, da Universidade de Harvard, que o analisou por 8 ou 9 semanas, acompanhado por uma equipe de médicos. Em 1851 foi contratado para cui-

dar de um estábulo, permanecendo no trabalho de modo ininterrupto e sem problemas de saúde por um ano e meio, até que em 1852 decidiu se mudar para Valparaíso, no Chile, onde foi contratado como cuidador de cavalos e chofer de charrete de cargas. Entre os anos de 1859 e 1860 a sua saúde se deteriorou rapidamente, o que fez com que retornasse para os Estados Unidos, onde passou mais algum tempo até falecer às 22 horas do dia 21 de maio de 1861, exatamente doze anos, seis meses e oito dias depois do acidente histórico. Não foi possível realizar a autópsia para conhecer o estado do encéfalo no momento da morte, o médico que o cuidou teve contato com a família apenas em 1866, cinco anos depois do óbito, mas os familiares, com apoio do prefeito de São Francisco, viabilizaram a exumação do corpo, de modo que o crânio fosse retirado e doado para o progresso da Ciência. O crânio e a barra de compactação foram encaminhados ao Museu do Departamento Médico da Universidade de Harvard, em Boston e incorporados ao seu acervo. Tais informações chegaram ao público geral graças ao documento redigido pelo Dr. John M. Harlow, que apresentou o caso, 20 anos depois para Sociedade Médica de Massachusetts em 1868 [C_Harlow_1869].

O crânio de Phineas Gage foi tomografado no início dos anos 2000 [C_Ratiu_2004] e disponibilizado para visualização tridimensional interativa e *download*, no perfil da Harvard Lybrary do Sketchfab em 2020, sob o título “Skull of Phineas Gage” (<https://skfb.ly/6VCBr>). A disponibilidade instigou o autor, que até aquele momento desconhecia com detalhes a história, a baixar o arquivo e proceder com a aproximação facial forense e uma análise própria da trajetória da barra. A abordagem seria semelhante ao estudo publicado, sobre uma vítima da Batalha de Gotland, de 1361, onde foi apresentado um caso com lesão causada por uma estrutura perfuro-cortante, denunciada pelo crânio do indivíduo [C_Moraes_2022].

3.2 Materiais e Métodos

3.2.1 Conceitos, Software e Hardware

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [C_Stephan_2015], é uma técnica auxiliar de reconhecimento, que reconstrói/aproxima a face de uma pessoa a partir do seu crânio e é utilizada quando há escassa informação para a identificação de um indivíduo [C_Pereira_2017]. 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) [C_Abdullah_2022] e Moraes et al. (2023) [C_Moraes_2023], iniciado com a

importação do crânio na cena 3D, 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 e vídeo 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) 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 (\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.

3.2.2 Preparação do Crânio e Aproximação Facial Inicial

No portal Sketchfab o usuário Harvard Library fornece o crânio de Phineas Gage para *download* (<https://skfb.ly/6VCBr>) 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.

O crânio foi importado no Blender 3D e como é uma malha advinda de reconstrução de tomografia computadorizada, não apresentou textura na superfície (Fig.3.1, A). A mandíbula foi segmentada para corrigir a oclusão (Fig.3.1, B), sendo ajustada na fossa condilar e na região dos dentes, o crânio foi alinhado ao plano de Frankfurt, simulando um adulto em pé, observando o horizonte (Fig.3.1, C). Uma série de pontos anatômicos foram inseridos na superfície, de modo a gerarem projeções médias, proporcionais e esperadas para o crânio e o tecido mole (Fig.3.1, D). Tais projeções são baseadas em mensurações feitas em tomografias de um grupo ($n=68|110$) de indivíduos vivos adultos, pertencentes a diferentes ancestralidades [C_Moraes_2022b]. Ao se observar as posições médias e proporcionais dos pontos nasoespinal, incisivos e do mento, atesta-se que o crânio de Gage está quase perfeitamente nas posições esperadas, o mesmo se

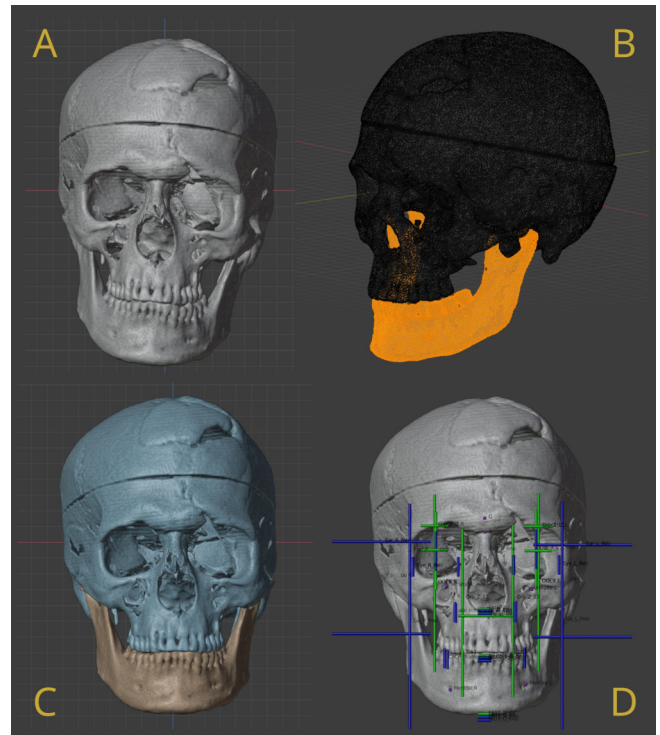


Figura3.1: Preparação do crânio e colocação das projeções.

aplica para a média geral do fmo-fmo (distância orbital frontomalar), cuja distância de Gage é 96,66mm e a média geral é de 96,6 (<https://bit.ly/3NRw2KW>).

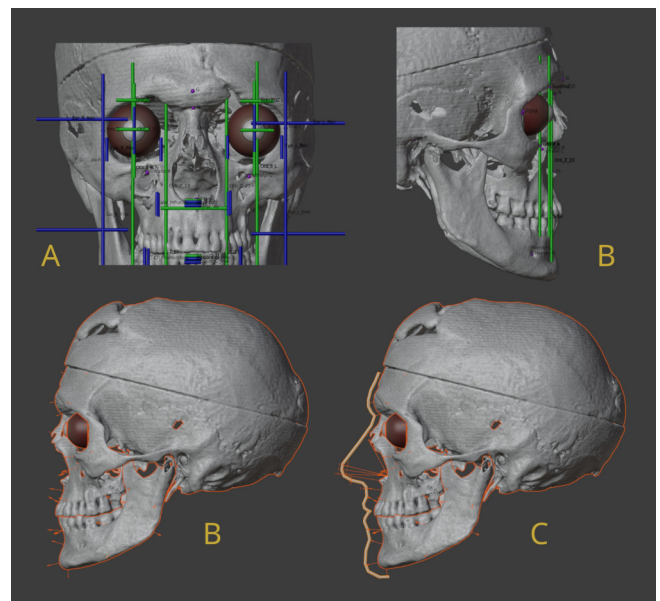


Figura3.2: Posicionamento dos globos oculares, marcadores de espessura de tecido mole, traçado lateral do nariz e da face.

As projeções baseadas em mensuração permitem dentre outras coisas o posicionamento dos globos oculares nos eixos X, Y e Z (Fig.3.2, A, B). Uma série de marcadores de espessura de tecido mole, mensurada em indivíduos vivos por ultrassom [C_De_Greef_2006], foi distribuída em pontos anatômicos de modo a fornecer parâmetros para os limites da pele. O nariz foi projetado também utilizando dados de tomografias efetuadas em indivíduos vivos ($n=110$)

[C_Moraes_2022b] [C_Moraes_2021].

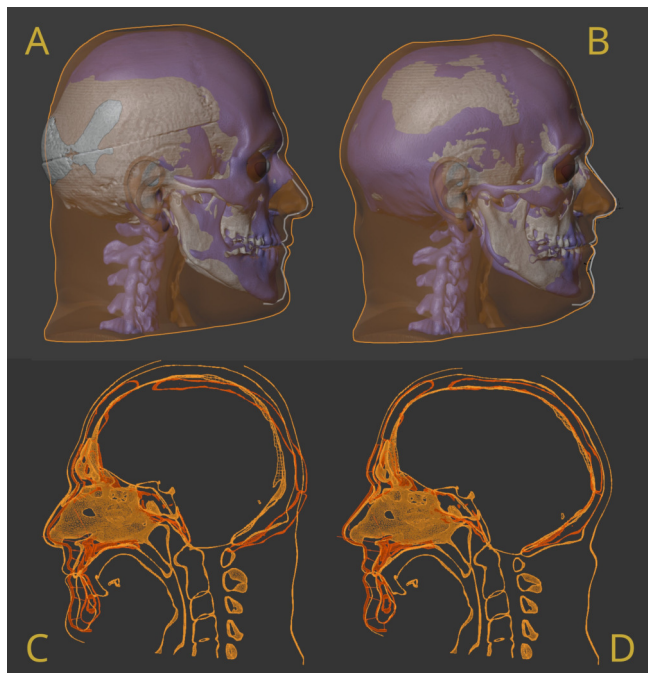


Figura 3.3: Deformação anatômica.

A deformação anatômica permite que a malha composta pelo tecido mole e o crânio de um doador virtual (Fig.3.3, A, C) seja deformada sobre o crânio a ser aproximado e se adéque ao mesmo, ajustando o tecido mole e oferecendo uma estrutura compatível com o que seria a face do indivíduo (Fig.3.3, B, D).

3.2.3 Simulação do Acidente

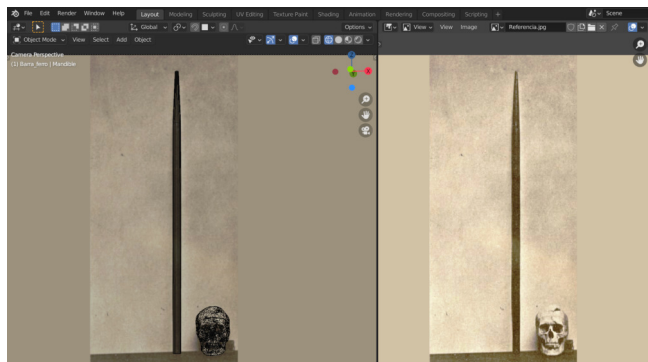


Figura 3.4: Reconstrução da barra de compactação. Reconstrução à esquerda e o foto original à direita.

Com o crânio devidamente importado e os dados básicos de aproximação efetuados, viabilizou-se a simulação do acidente de 1848. Uma foto pertencente ao catálogo descritivo do caso, disponível no banco da Wikimedia Commons (https://en.wikipedia.org/wiki/File:JacksonJBS_A_descriptive_catalogue_of_the_Warren_Anatomical_Museum_1870_frontispiece_623x1024.jpg), foi utilizada como referência de modelagem da barra de

compactação. Utilizando o crânio presente na foto como referência de escala, uma câmera foi posicionada na cena, tendo como *background* a fotografia. A câmera foi ajustada até que o crânio 3D se encontrasse na mesma posição da foto, com a referência ajustada e compatível, a barra foi modelada a partir de uma primitiva 3D tipo cilindro (Fig.3.4). Finalizado o trabalho, o modelo resultou em uma estrutura com 1,16 m de altura, sendo +6,42% em relação à original com 1,09 m, já o diâmetro resultante foi de 3,24 cm, sendo +2,05% em relação ao original de 3,175 cm.

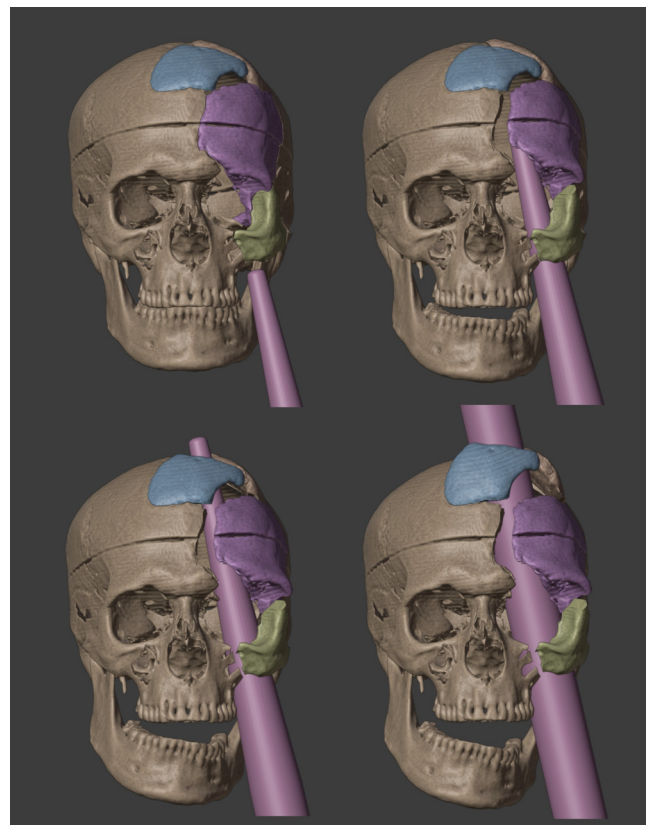


Figura 3.5: Dinâmica da passagem da barra pelo crânio.

O crânio advindo da tomografia computadorizada não contém detalhes menores das lesões, de modo que imagens com mais resolução foram pesquisadas na internet para que a segmentação das lesões pudesse ser efetuada. Uma vez segmentado, uma análise estrutural do crânio foi feita de modo a visualizar os pontos de entrada e saída da barra. Com uma linha traçada e com as lesões evidenciadas, a barra foi ajustada em duas posições, inicial e final, onde a inicial se posicionava próxima da estrutura, mas externa a ela, ou seja, antes de atingir o crânio e a final com a metade da barra passada pelo crânio. Os ossos segmentados foram ajustados manualmente conforme ocorria a colisão das malhas 3D e conformados à barra, por conta da elasticidade da pele, que conteve os ossos quebrados dentro da estrutura da face (Fig.3.5).

Para se ter uma ideia da trajetória da barra pelo crânio, aproveitou-se o *endocast* resultante da deformação anatômica (Fig.3.6, A) como elemento

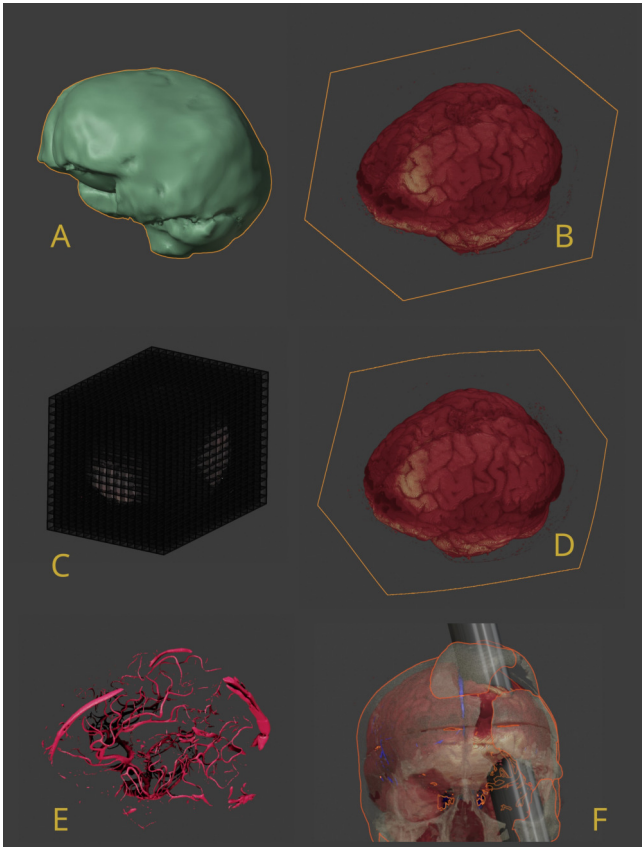


Figura3.6: Aproximação da região encefálica.

limitador para o acondicionamento do cérebro, este advindo de uma tomografia computadorizada, cujo *voxel data* foi importado no Blender, via ferramenta de reconstrução do OrtogOnBlender [C_Moraes_2021b] (Fig.3.6, B). O cérebro em questão foi reconstruído a partir de uma tomografia de alta resolução apresentada em um vídeo no YouTube (https://youtu.be/_p-mcUbEZpA?si=DKPA1G0trvpg0DJ5 [C_Edlow_2019]), que foi baixado, convertido em uma sequência de imagens e posteriormente em um arquivo DICOM, também utilizando ferramentas disponíveis no supracitado *add-on* [C_Moraes_2021c]. Para que a estrutura do *voxel data* pudesse ser ajustada e conformada à malha 3D do *endocast*, os *slices* axiais, sagitais e coronais foram subdivididos, formando uma estrutura em *grid* (Fig.3.6, C), que recebeu uma série de deformações estruturais de modo a se compatibilizar com o que seria o cérebro de Gage (Fig.3.6, D). Também foi reconstruída uma estrutura vascular cerebral (Fig.3.6, E), tendo como referência uma tomografia baixada de um banco de exames disponível para estudo (<https://data.kitware.com/#collection/591086ee8d777f16d01e0724/folder/58a372e38d777f0721a64dc6>). A estrutura vascular segmentada foi ajustada para se compatibilizar com a estrutura cerebral de Gage (Fig.3.6, F, em azul).

3.2.4 Finalização da Aproximação Facial

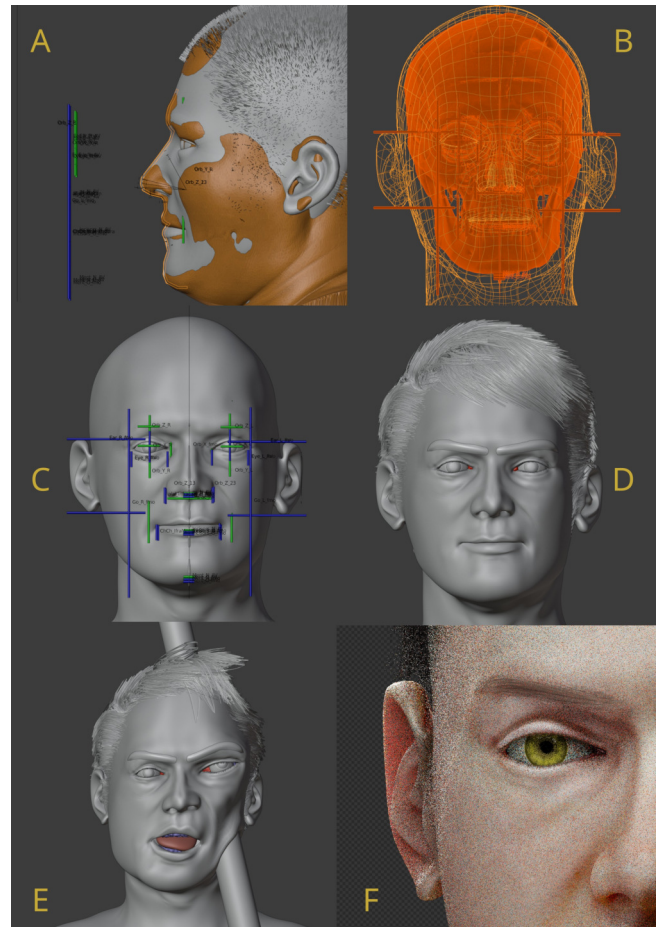


Figura3.7: Etapas finais da aproximação facial com os dados da dinâmica do acidente.

Para finalizar a aproximação facial, seguindo a abordagem disponível em Abdullah et al. (2022) [C_Abdullah_2022], a malha de outra aproximação facial foi importada e ajustada a face de Gage, interpolando os dados das projeções estatísticas e da deformação anatômica (Fig.3.7, A, B). Uma vez ajustado, o busto passou por um processo de escultura digital, para a configuração das marcas de expressão (Fig.3.7, C) e ajuste dos cabelos para se equiparar aos dois retratos conhecidos de Gage (Fig.3.7, D). A deformação anatômica também foi utilizada para a geração de uma imagem da face no momento da passagem da barra pela cabeça, visando evidenciar a gravidade do acidente (Fig.3.7, E), assim o busto final foi ajustado em configurações diferentes, compostas pelo rosto normal, rosto no momento do acidente e rosto pós acidente com o olho esquerdo fechado. A etapa final consistiu na renderização das imagens e vídeo da face (Fig.3.7, F) e da dinâmica do acidente.

3.3 Resultados e Discussão

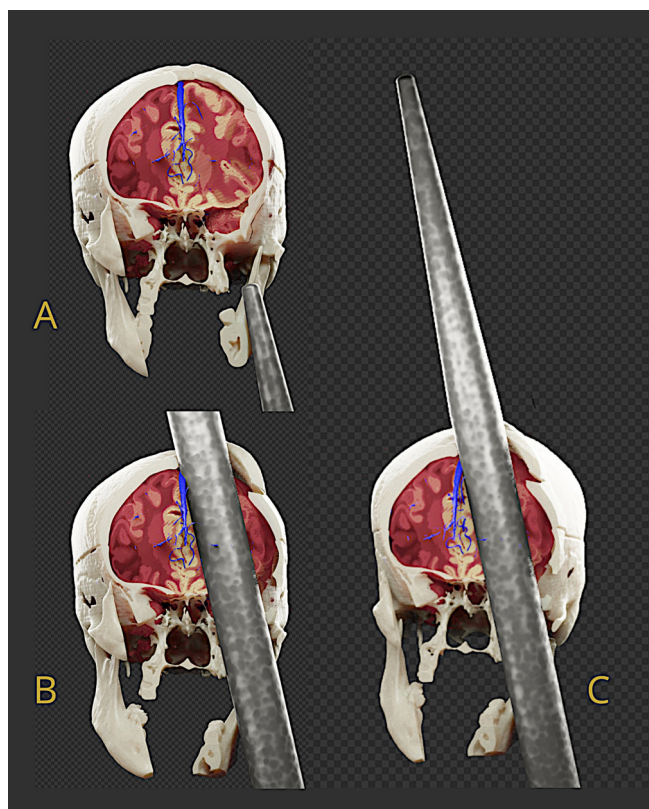


Figura3.8: Visualização frontal da trajetória.

Uma sequência de imagens observando a perfuração frontalmente mostra o interior do cérebro, bem como parte da estrutura vascular (Fig.3.8). A maior parte do dano parece ter se concentrado no lobo frontal esquerdo, tocando levemente as veias superiores. Se levarmos em consideração a margem de erro, o presente trabalho tende a corroborar com o estudo de Ratiu et al. 2004 [C_Ratiu_2004], cujos resultados se assemelham significativamente.

Além disso, como as visualizações internas laterais (Fig.3.9) reforçam que a lesão se concentrou no lobo frontal esquerdo, o que também é compatível com o relato de Harlow (1869) [C_Harlow_1869].

O endocrânio de Gage resultou em um volume de 1396 cm³, com o cálculo de conversão de -9,81% [C_Moraes_2023], chega-se a um volume cerebral de ~1259, muito próximo da média masculina adulta, que é de 1234 (±98) [C_Ritchie_2018]. Tal proximidade da média também é perceptível na circunferência da cabeça, que em Gage é de ~56 cm, já a média em adultos do sexo masculino é de 56.2 (±98) [C_Costa_2022]. Há de se notar que outro caso compatível se deu com a distância fmo-fmo que também se mostrou praticamente a média de adultos. Estudos futuros podem estabelecer o quanto o crânio de Gage, em aspectos gerais pode coincidir com a média geral dos adultos.

Uma imagem da aproximação facial de Phineas Gage foi gerada, com liberdade artística relacionada as co-



Figura3.9: Visualização lateral da trajetória.



Figura3.10: Imagem final da aproximação facial digital.

res (Fig.3.10), uma vez que as fotos conhecidas são em escala de cinza.



Figura3.11: Imagem final da aproximação facial digital.

Uma imagem com a potencial deformação causada na estrutura facial também foi gerada, objetivando servir como elemento didático na exposição do caso (Fig.3.11).

Um vídeo com o processo completo de aproximação e a dinâmica do acidente foi disponibilizado no YouTube: <https://youtu.be/V9wkwoipbWM>

Mais imagens e o arquivo de vídeo podem ser baixadas no seguinte link: <https://drive.google.com/drive/folders/1kqhW1gZELMyRE7ZaaERP-2IU52AabAIL?usp=sharing>

3.4 Conclusão

O trabalho ilustra as capacidades da aproximação facial forense, uma vez que resultou em uma face compatível com a do indivíduo, fornecendo as suas características gerais e poderia tranquilamente servir como base de reconhecimento, ainda que detalhes como cor da pele e cabelos fossem suprimidos por uma imagem em escala de cinza. As ferramentas de visualização de *voxel* data e segmentação se mostraram úteis para a simulação dinâmica do acidente, demonstrando a robustez das soluções baseada em software livre.

3.5 Agradecimentos

Ao Dr. Richard Gravalos por ceder a tomografia do doador virtual utilizada neste estudo. À Harvard Library (<https://library.harvard.edu/>) por fornecer o crânio de Phineas Gage sob licença Creative Commons, o que viabilizou a confecção deste material.

A Aproximação Facial do Crânio de Dully (Suíça, Séc. V)



Data da publicação: 15 de dezembro de 2023
 ISSN: 2764-9466 (Vol. 4, nº 2, 2023)
 DOI: 10.6084/m9.figshare.24843762

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

4.1 Introdução

A deformação craniana intencional/artificial/cultural ou remodelamento craniano intencional/artificial/cultural é uma técnica de modificação corporal permanente (assim como a circuncisão, clitoridectomia, amarração de pés, uvulectomia, cicatrizes intencionais e, mais recentemente, cirurgia plástica) que resulta em uma forma de abóbada plana, alongada ou cônica [D_Enchev_2010] [D_Molnar_2014] [D_Ni_2020] [D_Tavartkiladze_2021]. Não se sabe com certeza o motivo de sua existência, mas há algumas indicações pode ter começado como uma forma de distinção hierárquica ou religiosa e evoluído para um elemento estético, semelhante com o que se passou com a prática da tatuagem [D_Tavartkiladze_2021].

Cicero Moraes

* 3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil - Bacharel em Marketing, Dr. h. c. FATELL/FUNCAR (Brasil) e CEGECIS (México) - Membro da Mensa Brasil e da Intertel - Revisor convidado: Elsevier, Springer Nature e PLoS - Guinness World Records 2022: First 3D-printed tortoise shell.

Google Scholar¹⁶, ResearchGate¹⁷, ORCID¹⁸, Web of Science¹⁹, Homepage.²⁰

Luca Bezzi

* Arqueólogo, Arc-Team, Cles-TN, Itália

Google Scholar 1,²¹ ResearchGate 1.²²

Alessandro Bezzi

* Arqueólogo, Arc-Team, Cles-TN, Itália

ResearchGate 2.²³

Jiří Šindelář

* Agrimensor, GEO-CZ, Tábor-República Tcheca

¹⁶ <https://scholar.google.com.br/citations?user=u33uvHUAAAAJ>

¹⁷ <https://www.researchgate.net/profile/Cicero-Moraes>

¹⁸ <https://orcid.org/0000-0002-9479-0028>

¹⁹ <https://www.webofscience.com/wos/author/record/HSH-2440-2023>

²⁰ <http://www.ciceromoraes.com.br>

²¹ https://scholar.google.cz/citations?hl=en&user=x_hqS2AAAAAJ

²² <https://www.researchgate.net/profile/Luca-Bezzi>

²³ <https://www.researchgate.net/profile/Alessandro-Bezzi>

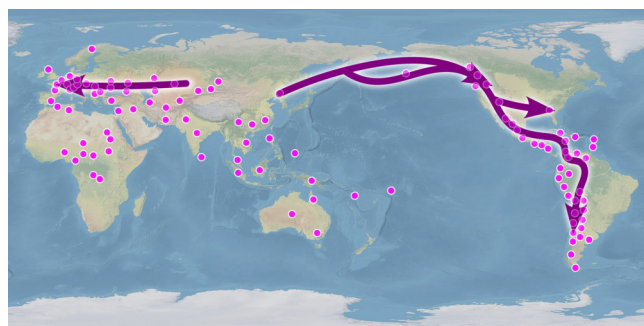


Figura4.1: Mapa composto com achados relacionados a crânios artificialmente deformados/remodelados, com dispersão regional, baseados nos trabalhos de Enchev et al. (2010), Molnár et al. (2014) e Ni et al. (2020), sobre mapa disponível na Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_map_geographical.jpg) sob licença Creative Commons CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication.

Apesar de ser uma técnica efetuada por várias culturas diferentes, distribuídas por quase todo o planeta [D_Enchev_2010], há evidências históricas e ma-

teriais de que os procedimentos utilizados por povos da América e da Europa tenham recebido influência das práticas asiáticas [D_Molnar_2014] [D_Ni_2020] (Fig.4.1).

No ano de 2018 o MCAH - Museu Cantonal de Arqueologia e História (Musée Cantonal d'Archéologie et d'Histoire) de Lousanne, Suíça (<http://www.mcah.ch>), disponibilizou através do seu perfil no Sketchfab, um crânio nomeado "Artificially deformed skull - Dully - 5th c. AD" (<https://skfb.ly/6QZAH>). O arquivo em questão pode ser visualizado em 3D interativo, bem como baixado em vários formatos de arquivos populares no meio da computação gráfica tridimensional, no entanto, a sua licença é restritiva em relação a trabalhos compostos. Objetivando efetuar um trabalho de aproximação facial forense, um dos autores (C.M.) entrou em contato via e-mail com a instituição responsável pelo acervo e recebeu uma autorização para o estudo em 7 de dezembro de 2023. Segundo a descrição composta pelo MCAH, o crânio, nomeado de Dully, foi encontrado em Vaud (Suíça) na década de 1970, pertenceu a um indivíduo do sexo feminino, por volta dos 40 anos de idade, que viveu aproximadamente no **século V** e foi enterrado em um cemitério relacionado aos **borgonheses**, uma tribo germânica, estabelecida ao redor do **Lago Genebra**, teve contatos estreitos com os **hunos** e **alanos**, o que fez os pesquisadores aferirem que tal senhora potencialmente fosse de origem asiática [D_MCACH_2018]. Tal descrição corrobora com os estudos de Mólнар et al. 2014, que estabelece uma linha de tempo relacionada a propagação do costume de deformação/remodelamento craniano em várias fases/grupos, iniciando na Ásia central, por volta do século I, podendo estar associado aos **hunos**, passando pelo cáucaso, onde em ~200 d.C. os povos sármatas e **alanos** transmitiram a técnica, posteriormente se propagou pela Bacia do Danúbio até a Alemanha, mais precisamente ao grupo Ródano, localizado na **Suíça** ao redor do **Lago Genebra** e no vale do Rio Ródano, cuja tradição de deformação foi praticada pelos **borgonheses**, por volta da primeira metade do século V [D_Molnar_2014].

4.2 Materiais e Métodos

4.2.1 Conceitos, Software e Hardware

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [D_Stephan_2015], é uma técnica auxiliar de reconhecimento, que reconstrói/aproxima a face de uma pessoa a partir do seu crânio e é utilizada quando há escassa informação para a identificação de um indivíduo [D_Pereira_2017]. 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) [D_Abdullah_2022] e Moraes et al. (2023) [D_Moraes_2023], iniciado com a importação do crânio na cena 3D, 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) 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 Reconstrução Facial Digital

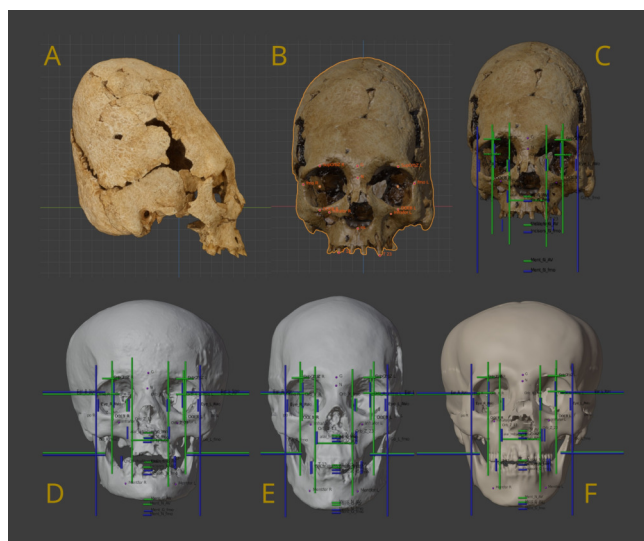


Figura4.2: Alinhamento e projeções anatômicas no crânio de Dully (acima) e outros com deformação/remodelamento artificial (abaixo).

O crânio intitulado “Artificially deformed skull - Dully - 5th c. AD” (<https://skfb.ly/6QZAH>), disponível no perfil do MCAH do Sketchfab foi baixado no formato .OBJ, importado no Blender 3D e alinhado ao plano horizontal de Frankfurt (Fig.4.2, A). Uma série de pontos anatômicos, fornecidos pelo ForensicOnBlender foram distribuídos ao longo da superfície (Fig.4.2, B) para que uma série de projeções, baseadas em mensurações em tomografias de indivíduos vivos [D_Moraes_2022], pudessem ser efetuadas (Fig.4.2, C). Tais projeções oferecem referências como a posição (nos eixos X, Y e Z) dos globos oculares, a posição e o tamanho dos olhos (eixo X), a posição e o tamanho do nariz (eixos X e Z) e uma série de estruturas dos ossos como a posição do mento, este último faltante no crânio de Dully. Ao se analisar as projeções, atestase que a distância orbital frontomalar de 102.5 mm está significativamente acima da média, que é 96.6 mm (± 4.5), o que faz com que a projeção proporcional à distância (em azul) seja exacerbada, no entanto, as distâncias médias (em verde) estão dentro do esperado, onde o ponto nasolabial bate perfeitamente com o limite inferior do nariz, o ponto dos incisivos está um pouco abaixo, mas dentro do desvio padrão (mesmo com o desgaste dentário), o que faz da projeção média do mento um parâmetro estruturalmente confiável para a projeção da mandíbula. Objetivando avaliar a eficácia das projeções anatômicas em crânios com deformação/remodelamento artificial, uma série de crânios completos recebeu os pontos e projeções e não resultaram em linhas fora do esperado para os limites no eixo Z (Fig.4.2, D, E, F), de modo que, utilizar tais projeções como parâmetro de projeção de uma mandíbula faltante pode ser uma abordagem anatomicamente coerente.

Importante: Há de se documentar que os autores já trabalharam em outras aproximações faciais envolvendo crânios com deformação/remodelamento artificial como a Dama de Quatro Tupus [D_Coelho_2017], a Senhora de K'anamarka [D_EL_COMERCIO_2017], a jovem de Juliopolis [D_SERTALP_2023], o crânio de Jericó [D_Moraes_2022b], dentre outras.

Tendo como referência de ancoragem as projeções em linhas, uma tomografia de uma mulher europeia foi importada com as malhas do tecido mole e do crânio reconstruídas, de modo a serem deformadas sobre o crânio de Dolly, ajustando-se a este e replicando a sua estrutura, além de projetar a potencial face em vida (Fig.4.3, A, B). Com o crânio completo resultante, foi possível complementar os pontos anatômicos e as projeções no ForensicOnBlender, melhorando os dados das dimensões do nariz e dos lábios (Fig.4.3, C, D).

Segundo dos dados fornecidos pelo MCAH, o crânio pertenceu a uma mulher com ancestralidade potencialmente asiática, seguindo essa orientação, a tomografia de uma mulher de ancestralidade asiática foi

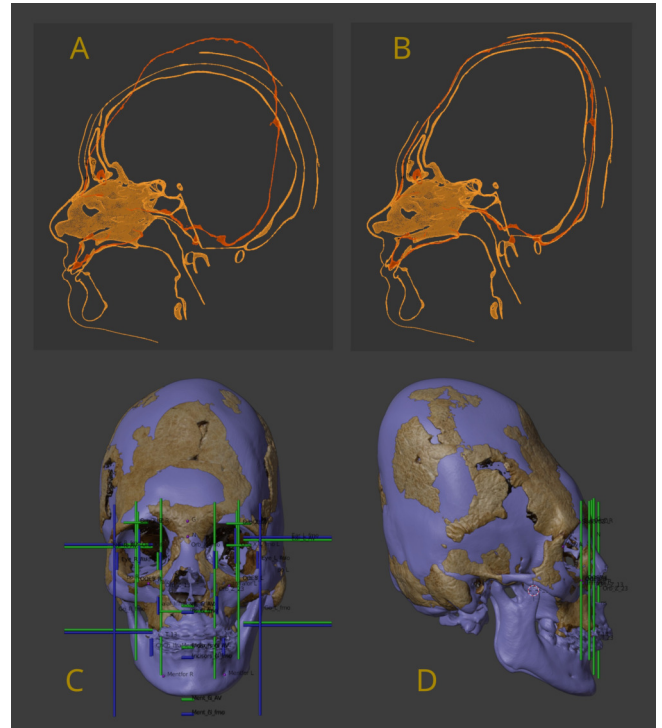


Figura4.3: Deformação anatômica inicial com uma mulher de ancestralidade europeia, visando a reconstrução da região faltante do crânio e posterior complementação final das projeções baseadas em mensurações efetuadas em tomografias de indivíduos vivos.

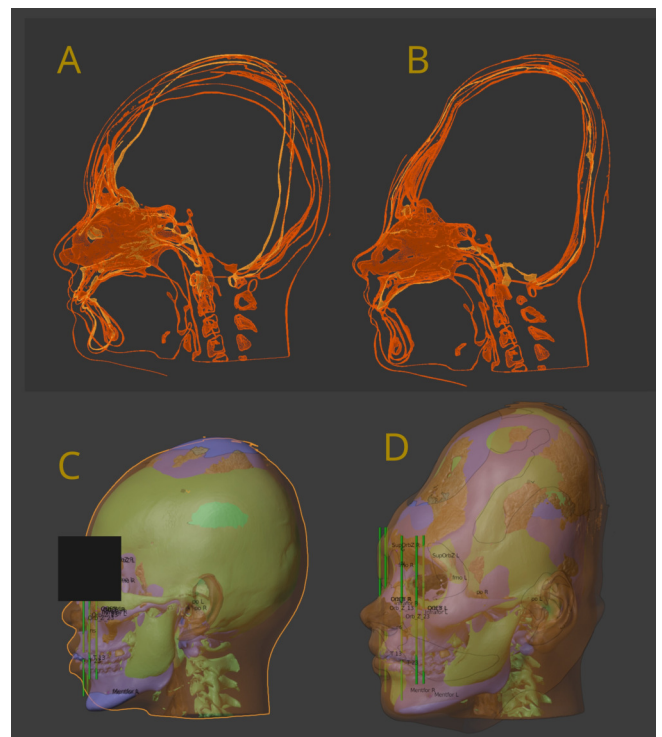


Figura4.4: Etapa complementar da deformação anatômica com a tomografia de uma mulher de ancestralidade asiática.

importada (Fig.4.4, A, C) e também deformada sobre o crânio de Dolly, resultando em uma face muito próximo daquela deformada a partir da tomografia europeia (Fig.4.4, B, D).

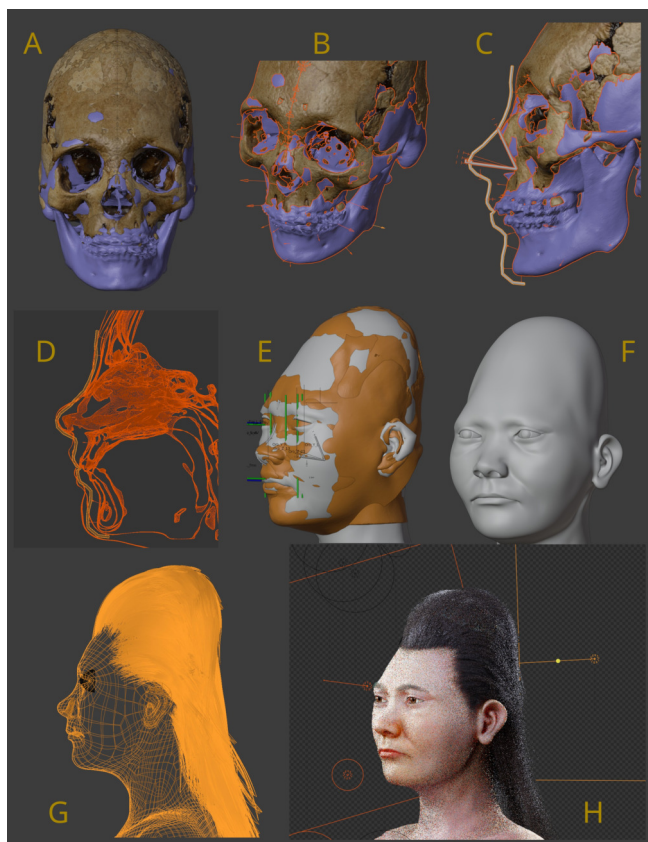


Figura4.5: Etapas finais da aproximação facial digital.

O crânio apresentava algumas assimetrias, para resolvê-las procedeu-se com o espelhamento da peça e a interpolação volumétrica da média em cada lado espelhado, de modo a gerar um modelo mais compatível com a estrutura anatômica em vida (Fig.4.5, A). Visando complementar o processo de aproximação facial com mais projeções, marcadores de profundidade do tecido mole baseado em indivíduos modernos e vivos, com ancestralidade asiática [D_Chan_2011] foram distribuídos pela superfície do crânio (Fig.4.5, B). Para o traçado do perfil da face (Fig.4.5, C) foi necessário complementar os dados dos marcadores de espessura de tecido mole com a projeção nasal baseada na mensuração de tomografias de indivíduos vivos [D_Moraes_2021] [D_Moraes_2022], ao final o traçado do perfil se compatibilizou com as deformações anatômicas (Fig.4.5, D). Seguindo o passo-a-passo descrito em Abdullah et al. 2022 [D_Abdullah_2022], foi importado o busto de outra aproximação facial forense, uma vez que tal modelagem conta com faces de 4 lados e pré-configurações a serem abordadas. O busto do doador foi ajustado às deformações anatômicas e a projeção do perfil, interpolando os dados das três fontes (Fig.4.5, E). A face básica recebeu um trabalho de escultura digital para a inserção de detalhes estrutu-

rais e marcas de expressão visando a compatibilização com a provável idade (Fig.4.5, F). Os cabelos pré-configurados na malha passaram por um ajuste de modo a compatibilizarem-se com a estrutura da face de Dully (Fig.4.5, G). A pele também recebeu pequenas adaptações por pintura digital e ajustes de tom. Luzes foram adicionadas na cena e trabalhadas para evidenciarem as formas faciais (Fig.4.5, H), permitindo a finalização do processo e a geração das imagens do rosto.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Estrutura do Crânio

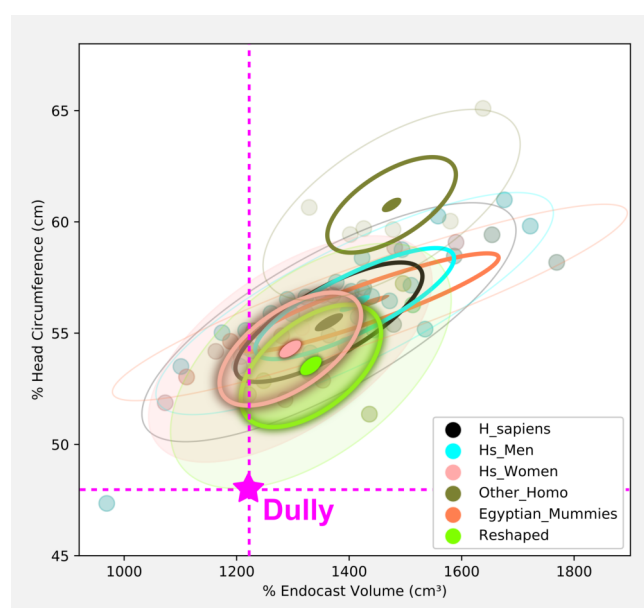


Figura4.6: Distribuição dos agrupamentos relacionados ao volume do endocrânio na horizontal e a circunferência da cabeça na vertical.

O crânio de Dully foi digitalizado levando em consideração apenas os aspectos externos da estrutura, de modo que, foi necessário utilizar o crânio resultante da deformação anatômica para segmentar o endocrânio, cujo volume chegou a 1222 cm³, além disso foi possível mensurar a circunferência da cabeça, com 48,05 cm. Um gráfico com 54 cabeças de H. sapiens e 6 de outras espécies do gênero Homo foi plotado, com subdivisões de grupos, dentre eles o das mulheres e o de crânios artificialmente remodelados. A posição do crânio de Dully indica um certo afastamento do centro das elipses cuja última engloba 95% das mensurações, no entanto, ao se observar apenas os eixos, atesta-se que o volume está dentro do desvio padrão, apenas a circunferência da cabeça que não (Fig.4.6). Ao se converter o volume do endocrânio para cerebral, utilizando uma redução de 9,81% [D_Moraes_2023], chega-se ao valor de 1102 cm³, muito próximo da média geral para o sexo feminino que é

de 1116 cm³ (± 90) [D_Ritchie_2018] atestando a normalidade do volume, no entanto, quando comparamos a média da circunferência da cabeça para o sexo feminino, que é de 54.3 cm (± 2.3) [D_Costa_2022], a cabeça de Dully está 2.53 desvios padrão abaixo da média, o que em algumas literaturas, quando analisado isoladamente, poderia indicar um caso de microcefalia [D_Ross_2019] [D_Hofman_1984]. Curiosamente a linha horizontal do gráfico plotado mostra que o crânio dela está alinhado a outro, em azul, que efetivamente é um caso de microcefalia em um homem adulto (Fig.4.6, à esquerda inferior). Apesar da indicação isolada, há uma explicação bastante simples para a circunferência da cabeça ser pequena e mesmo assim, o volume cerebral ser normal.



Figura4.7: Ajuste da tomografia de um cérebro normal utilizando como referência o endocrânio de Dully.

Objetivando ilustrar de maneira mais didática as diferenças da estrutura do cérebro de Dully com uma estrutura normal, a tomografia de um cérebro [D_Edlow_2019] foi ajustada ao volume do endocrânio [D_Moraes_2023b], de modo a gerar um volume em *voxel data* correspondente ao que seria em vida (Fig.4.7).

Ao se observar os cortes em planos diferentes, compreende-se o motivo da circunferência da cabeça ser tão pequena, ao mesmo tempo que o volume se mantém compatível com padrões de normalidade. Nos planos coronal e sagital a área recortada do crânio de Dully é maior do que a do doador sem deformação craniana, já no corte axial, o crânio de Dully é significativamente menor, de modo que, se um observador analisasse apenas estas duas imagens, poderia inferir que se tratava de um cérebro significativamente menor (Fig.4.8).

Um gráfico tipo *box* foi plotado, com a média geral dos grupos de aproximações faciais estudadas pelos autores. Ao se observar o grupo composto pe-

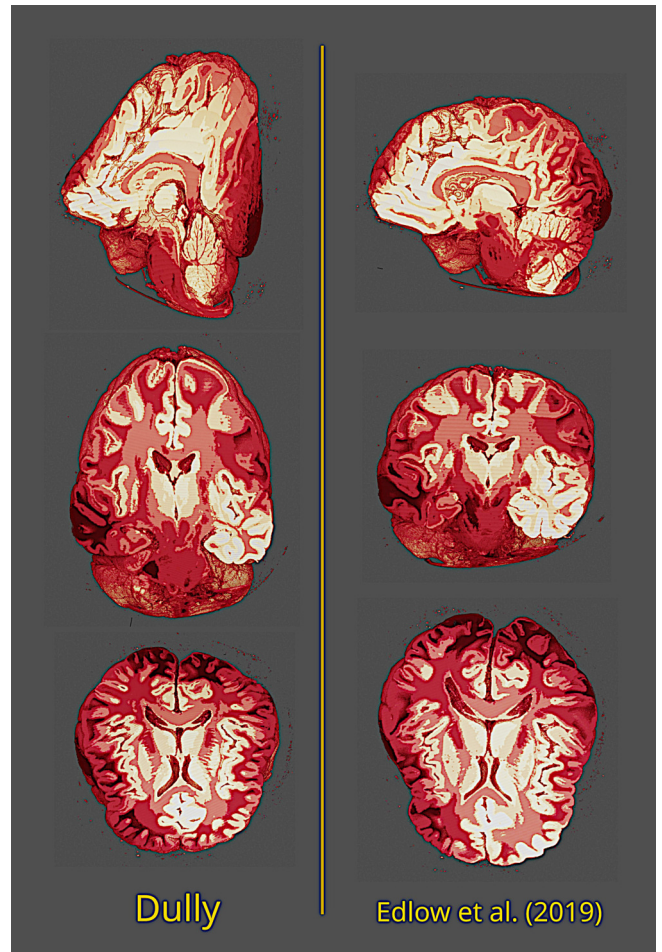


Figura4.8: Comparativo dos cortes em eixos diferentes do cérebro de Dully (à esquerda) e de um anônimo sem deformação craniana (à direita).

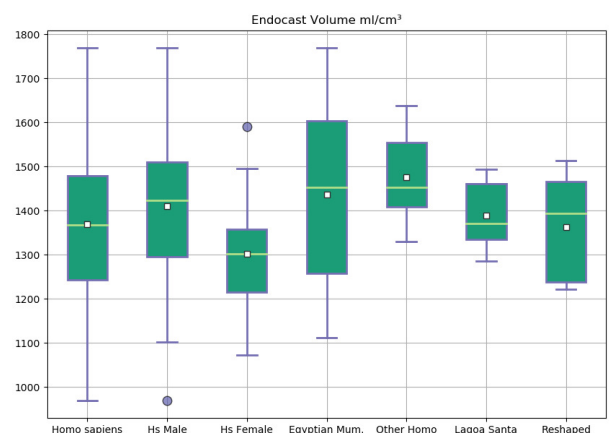


Figura4.9: Comparação do volume do endocrânio entre grupos diferentes. Os crânios com deformação/remodelamento artificial estão no grupo intitulado Reshaped.

los crânios com deformação/remodelamento artificial (n=9), atesta-se que a média e o topo do histograma estão levemente acima dos H. sapiens em geral, denotando que, ao menos nesta amostra, as deformações intencionais não geraram volume fora da normalidade (Fig.4.9).

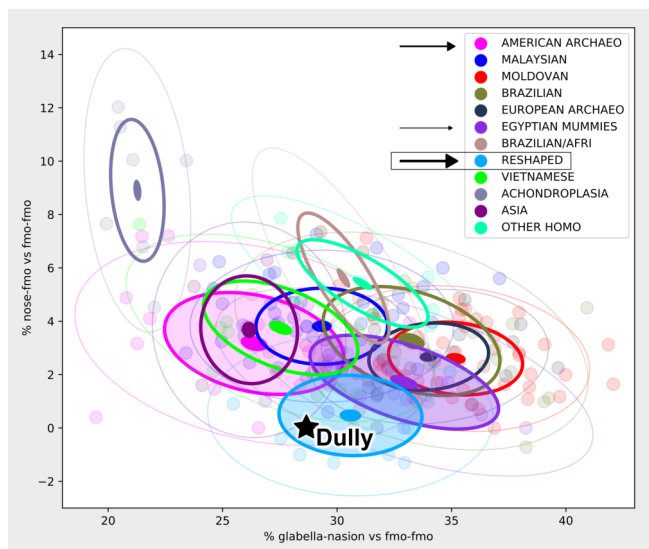


Figura4.10: Cluster populacional (n=225) com fatores da distância da glabella em relação a medida fmo-fmo na horizontal e da distância entre a ponta do osso nasal até o fmo em relação a distância fmo-fmo, na vertical.

Em relação a distribuição populacional, segundo parâmetros de medição na região do nariz e dos olhos [D_Moraes_2022c], o posicionamento do crânio de Dully demonstrou grande afinidade com o grupo dos crânios remodelados, dentro do desvio padrão e próximo aos grupos compostos por crânios arqueológicos americanos sem deformação craniana e do grupo de múmias egípcias (Fig.4.10). A proximidade com o grupo americano natural se explica pela estrutura facial compatível com a ancestralidade asiática, já a afinidade com o grupo de múmias egípcias pode estar atrelado ao fato de muitos dos crânios em questão apresentarem anormalidade estruturais (potencialmente pela consanguinidade nos matrimônios), como o de Tutancâmon, que se aproximou mais do grupo dos remodelados artificialmente, ainda que não se trate de um [D_Moraes_2023]. Além dos fatores citados, avaliar dados forenses em crânios com deformação, seja natural ou artificial, representa um grande desafio, uma vez que parte majoritária da literatura tem como base crânios dentro dos parâmetros de normalidade.

4.3.2 Aproximação Facial Digital

Foram renderizados dois grupos de imagens, um com a face objetiva, sem cabelos e em escala de cinza (Fig.4.11, Fig.4.12, Fig.4.13, Fig.4.14, Fig.4.15) e outro artístico, com cabelo e coloração da pele (Fig.4.16, Fig.4.17, Fig.4.18, Fig.4.19, Fig.4.20). O primeiro grupo é mais compatível com a abordagem forense, o segundo visa a apresentação em ambiente museístico, para a população geral.

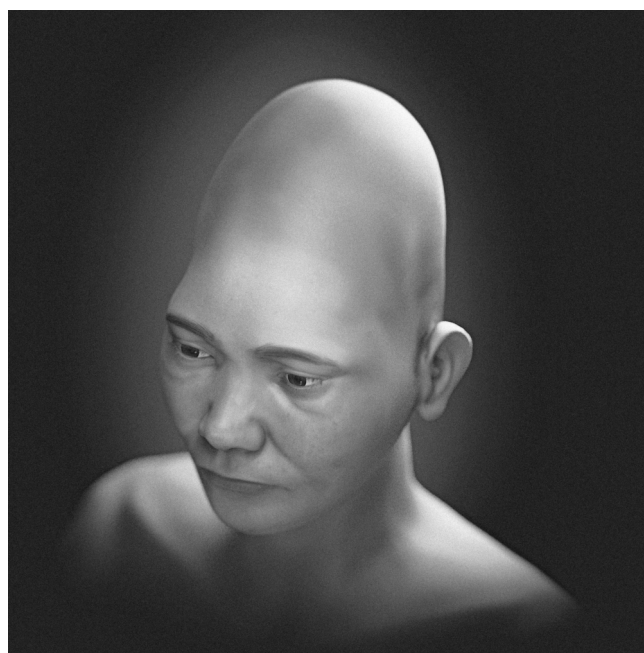


Figura4.11: Face objetiva - 3/4 superior.

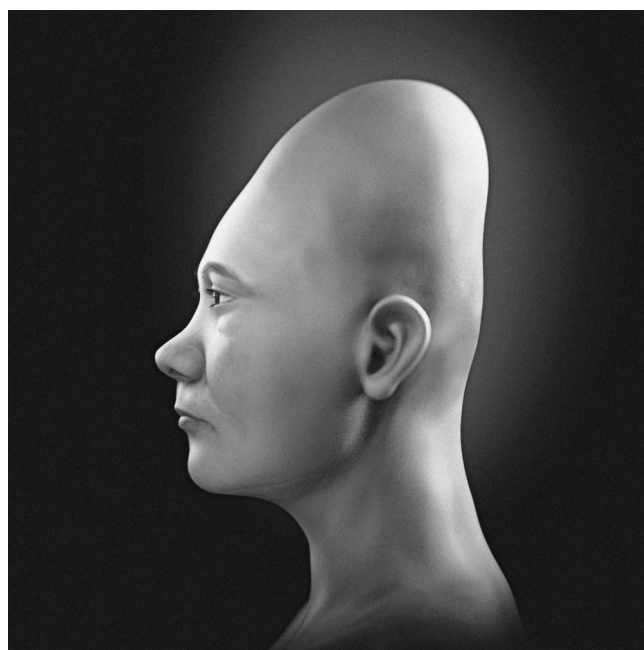


Figura4.12: Face objetiva - perfil.

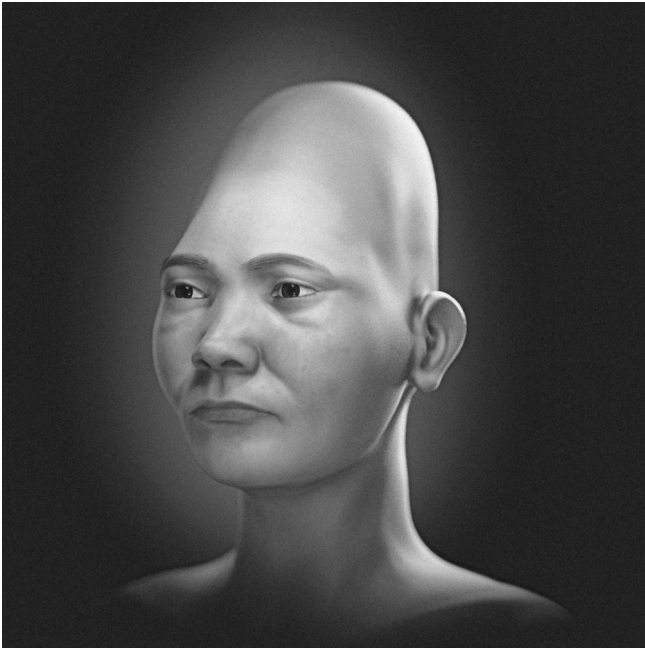


Figura4.13: Face objetiva - 3/4.

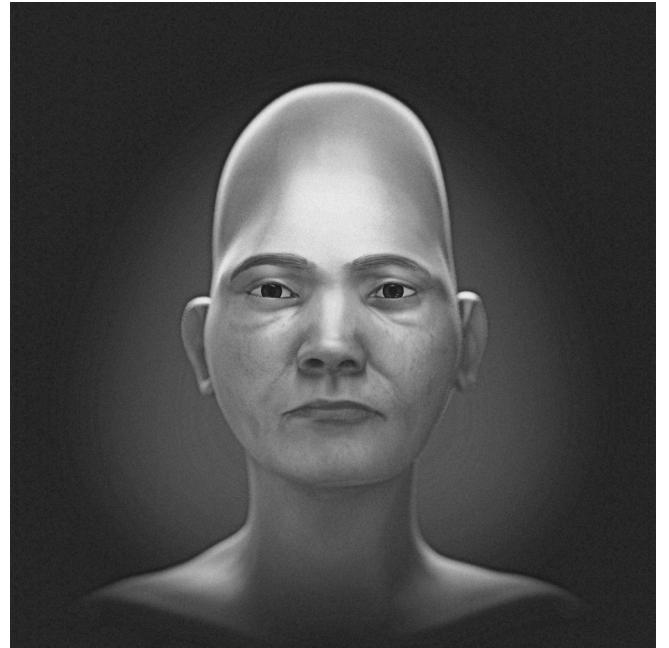


Figura4.15: Face objetiva - frontal.

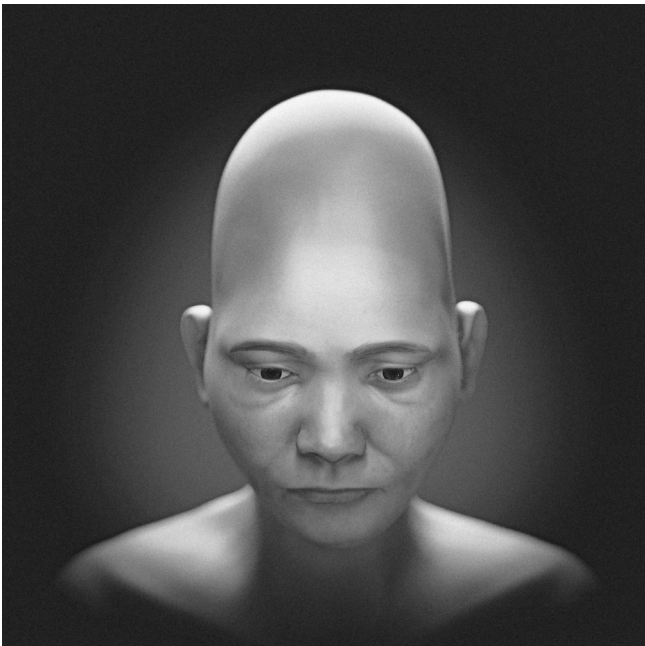


Figura4.14: Face objetiva - frontal superior.



Figura4.16: Face artística - 3/4 superior.



Figura4.17: Face artística - perfil.



Figura4.19: Face artística - frontal superior.



Figura4.18: Face artística - 3/4.



Figura4.20: Face artística - frontal.

4.4 Conclusão

As ferramentas baseadas em software livre, gratuito e multiplataforma fornecidas pelo OrtogOnBlender permitiram não apenas a aproximação facial de Dully, mas a análise do crânio, com levantamento estrutural e volumétrico do endocrânio e do cérebro, com dados advindos de tomografias computadorizadas.

4.5 Agradecimentos

Ao Dr. Richard Gravalos e ao Dr. Quang Ngoc Dong por cederem as tomografias das doadoras virtuais utilizadas neste estudo. Ao MCAH - Museu Cantonal de Arqueologia e História (Musée Cantonal d'Archéologie et d'Histoire), por autorizar o uso do modelo tridimensional do crânio, que viabilizou o presente estudo.

Referências Bibliográficas

- [A_Abdullah_2022] 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>
- [A_Bezzi_2016] Bezzi, A., Bezzi, L., Moraes, C., Carrara, N., Pievani, T., & Tiziani, M. (2016). FACCE. I molti volti della storia umana. Una mostra open source. <http://bit.ly/45rYsns>
- [A_Costa_2022] 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>
- [A_Grant_2018] Grant, M. (2018). An analysis of the categorisation of the Skhul-Qafzeh hominin remains as modern. *The Human Voyage*, 2. Retrieved from <https://studentjournals.anu.edu.au/index.php/hv/article/view/79>
- [A_McCown_1939] McCown TD, and Keith A (1939) *The Stone Age of Mount Carmel*. 11. The Fossil Human Remains From the Levallois-Mousterian. Oxford: Clarendon.
- [A_Moraes_2022] 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
- [A_Moraes_2022b] Moraes, C., Šindelář, J., & Drbal, K. (2022). A Aproximação Facial Forense do Crânio Mladeč 1. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20435787>. http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/5/Mladec.html
- [A_Moraes_2023] Moraes, C., Bezzi, L., & Bezzi, A. (2023). A Aproximação Facial Digital 3D do Homo floresiensis Baseada em Deformação Anatômica. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.23304077>. http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/6/Floresiensis.html
- [A_Moraes_2023b] Moraes, C. (2023). A Aproximação Facial Digital 3D de Ava (Escócia, ~3806 AP). *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.23560587>. http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/6/Ava.html
- [A_Moraes_2023c] Moraes, C., Galassi, F. M., Šindelář, J., Varotto, E., Habicht, M., & Beaini, T. L. (2023). A Aproximação Facial Digital 3D de Zlatý kůň 1 (45.000 AP). *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.23733504>. http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/6/Zlaty.html
- [A_Moraes_2023d] Moraes, C., & Elias Santos, M. (2023). A Aproximação Facial do Crânio de Nazlet Khater 2. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.22557598>. http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/6/NazletKhater2.html
- [A_Moraes_2023e] 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
- [A_Neubauer_2018] 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>
- [A_Ritchie_2018] 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>
- [A_SMITHSONIAN_2022] SMITHSONIAN. (2022, August 30). Skhül v. The Smithsonian Institution's Human Origins Program. <https://humanorigins.si.edu/evidence/human-fossils/fossils/skh%C5%ABl-v>

- [A_Stephan_2015] 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>
- [A_Pereira_2015] 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>
- [A_Vasilyev_2015] Vasilyev, S.V. PALEOANTHROPOLOGY OF FOSSIL HOMININS FROM THE LEVANT AND IRAQ, in: 43rd Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. in IGCP 610 Third Plenary Conference and Field Trip “From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary” 22-30 September 2015, Astrakhan, Russia. *Proceedings / Ed.: A. Gilbert, V. Yanko-Hombach, T. Yanina. Moscow, MSU, 2015, 220 p.*
- [B_Abdullah_2022] 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>
- [B_Ji_2021] Ji, Q., Wu, W., Ji, Y., Li, Q., & Ni, X. (2021). Late Middle Pleistocene Harbin cranium represents a new Homo species. In *The Innovation* (Vol. 2, Issue 3, p. 100132). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2021.100132>
- [B_Ni_2021] Ni, X., Ji, Q., Wu, W., Shao, Q., Ji, Y., Zhang, C., Liang, L., Ge, J., Guo, Z., Li, J., Li, Q., Grün, R., & Stringer, C. (2021). Massive cranium from Harbin in northeastern China establishes a new Middle Pleistocene human lineage. In *The Innovation* (Vol. 2, Issue 3, p. 100130). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2021.100130>
- [B_Moraes_2021a] 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>. http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/2/Video3D.html
- [B_Moraes_2021b] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. D. (2021). Digitalização 3D a partir de Fotografias com o SMVS e o MVE no OrtoGOn-Blender. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.13549595>
- [B_Moraes_Suharschi_2022] 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>
- [B_Moraes_2022] Moraes, C., Šindelář, J., & Drbal, K. (2022). A Aproximação Facial Forense do Crânio Mladeč 1. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20435787>
- [B_Moraes_2022b] 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>
- [B_Moraes_2023] Moraes, C. (2023). A Aproximação Facial Digital 3D do Crânio Skhül V (80.000-120.000 AP). *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.23936826>. http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/7/Skhul.html
- [B_Moraes_2023b] Moraes, C., Habicht, M. E., Galassi, F. M., Varotto, E., & Beaini, T. (2023). Pharaoh Tutankhamun: a novel 3D digital facial approximation. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, 127(1), 13–22. <https://doi.org/10.36253/ijae-14514>
- [B_Moraes_2023c] Moraes, C., Bezzi, L., & Bezzi, A. (2023). A Aproximação Facial Digital 3D do Homo floresiensis Baseada em Deformação Anatômica. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.23304077>
- [B_Neubauer_2018] 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>
- [B_Pereira_2015] 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>
- [B_Prossinger_Nicola_2006] Prossinger, H., & Teschler-Nicola, M. (2006). Electronic Segmentation Methods Reveal the Preservation Status and Otherwise Unobservable Features of the Mladeč 1 Cranium. In *Early*

Modern Humans at the Moravian Gate (pp. 341–356). Springer Vienna. https://doi.org/10.1007/978-3-211-49294-9_11

- [B_Stephan_2015] 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>
- [C_Abdullah_2022] 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>
- [C_Costa_2022] 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>
- [C_De_Greef_2006] 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>
- [C_Edlow_2019] Edlow, B. L., Mareyam, A., Horn, A., Polimeni, J. R., Witzel, T., Tisdall, M. D., Augustinack, J., Stockmann, J. P., Diamond, B. R., Stevens, A., Tirrell, L. S., Folkerth, R. D., Wald, L. L., Fischl, B., & van der Kouwe, A. (2019). 7 Tesla MRI of the ex vivo human brain at 100 micron resolution. *Cold Spring Harbor Laboratory*. <https://doi.org/10.1101/649822>
- [C_Harlow_1869] Harlow, J. M. (John Martyn), 1819–1907, “Recovery from the Passage of an Iron Bar Through the Head,” On-View, accessed December 8, 2023, <https://collections.countway.harvard.edu/onview/items/show/25407>.
- [C_Moraes_2021] 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.
- [C_Moraes_2021b] Moraes, C., Graf, M., Dornelles, R., & Rosa, E. D. (2021). Reconstrução de Voxel Data no OrtogOnBlender. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.13670134>. http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/2/
- [C_Moraes_2021c] Moraes, C., Dallazen, E., Dornelles, R., & Da Rosa, E. (2021). Conversão de Imagens em Arquivos DICOM com o OrtogOnBlender. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.14445366>
- [C_Moraes_2022] Moraes, C., Beaini, T. L., Steffensen, T. H., & Dalstra, M. (2022). A Aproximação Facial de uma Vítima da Batalha de Gotland (1361). *Figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.21432384>. http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/5/Gotland.html
- [C_Moraes_2022b] 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>
- [C_Moraes_2023] Moraes, C., Habicht, M. E., Galassi, F. M., Varotto, E., & Beaini, T. (2023). Pharaoh Tutankhamun: a novel 3D digital facial approximation. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, 127(1), 13–22. <https://doi.org/10.36253/ijae-14514>
- [C_Pereira_2017] 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>
- [C_Ratiu_2004] Ratiu, P., Talos, I.-F., Haker, S., Lieberman, D., & Everett, P. (2004). The Tale of Phineas Gage, Digitally Remastered. In *Journal of Neurotrauma* (Vol. 21, Issue 5, pp. 637–643). Mary Ann Liebert Inc. <https://doi.org/10.1089/089771504774129964>
- [C_Ritchie_2018] 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>
- [C_Stephan_2015] 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>
- [D_Abdullah_2022] 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>
- [D_Chan_2011] Chan, W. N. J., Listi, G. A., & Manhein, M. H. (2011). In Vivo Facial Tissue Depth Study of Chinese-American Adults in New York City. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 56, Issue 2, pp. 350–358). Wiley. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01640.x>
- [D_Coelho_2017] Coelho, J. T. (2017, October 12). The 4,500-year-old face of the “lady with the four brooches” revealed. *The Sun*. <https://bit.ly/3uTFUEr>
- [D_Costa_2022] 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>
- [D_Edlow_2019] Edlow, B. L., Mareyam, A., Horn, A., Polimeni, J. R., Witzel, T., Tisdall, M. D., Augustinack, J., Stockmann, J. P., Diamond, B. R., Stevens, A., Tirrell, L. S., Folkerth, R. D., Wald, L. L., Fischl, B., & van der Kouwe, A. (2019). 7 Tesla MRI of the ex vivo human brain at 100 micron resolution. *Cold Spring Harbor Laboratory*. <https://doi.org/10.1101/649822>
- [D_EL_COMERCIO_2017] EL COMERCIO (2017, July 14). Cusco: Así era El Rostro de la Señora de K'anamarka [fotos]. *El Comercio Perú*. <https://bit.ly/3v1KPyC>
- [D_Enchev_2010] Enchev, Y., Nedelkov, G., Atanassova-Timeva, N., & Jordanov, J. (2010). Paleoneurosurgical aspects of Proto-Bulgarian artificial skull deformations. In *Neurosurgical Focus* (Vol. 29, Issue 6, p. E3). Journal of Neurosurgery Publishing Group (JNSPG). <https://doi.org/10.3171/2010.9.focus10193>
- [D_Hofman_1984] Hofman, M. A. (1984). A biometric analysis of brain size in micrencephalics. In *Journal of Neurology* (Vol. 231, Issue 2, pp. 87–93). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/bf00313723>
- [D_MCACH_2018] MCAH. (2018). Artificially deformed skull - dully - 5th c. ad - download free 3D model by Musée cantonal d'archéologie et d'histoire (@mcah). *Sketchfab*. <https://skfb.ly/6QZAH>
- [D_Molnar_2014] Molnár, M., János, I., Szűcs, L., & Szathmáry, L. (2014). Artificially deformed crania from the Hun-Germanic Period (5th–6th century ad) in northeastern Hungary: historical and morphological analysis. In *Neurosurgical Focus* (Vol. 36, Issue 4, p. E1). Journal of Neurosurgery Publishing Group (JNSPG). <https://doi.org/10.3171/2014.1.focus13466>
- [D_Moraes_2021] 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.
- [D_Moraes_2022] 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>
- [D_Moraes_2022b] Moraes, C., Beaini, T. L., & Santos, M. E. (2022). A Aproximação Facial Forense do Crânio de Jericó (BM 127414), ≈9000 AP. *Figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.21772343>. http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/5/Jericho.html
- [D_Moraes_2022c] 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>
- [D_Moraes_2023] Moraes, C., Habicht, M. E., Galassi, F. M., Varotto, E., & Beaini, T. (2023). Pharaoh Tutankhamun: a novel 3D digital facial approximation. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, 127(1), 13–22. <https://doi.org/10.36253/ijae-14514>

- [D_Moraes_2023b] Moraes, C. (2023). A Aproximação Facial e a Dinâmica do Acidente de Phineas Gage (1848). figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.24782022>
- [D_Ni_2020] Ni, X., Li, Q., Stidham, T. A., Yang, Y., Ji, Q., Jin, C., & Samiullah, K. (2020). Earliest-known intentionally deformed human cranium from Asia. In *Archaeological and Anthropological Sciences* (Vol. 12, Issue 4). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01045-x>
- [D_Pereira_2017] 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>
- [D_Ritchie_2018] 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>
- [D_Ross_2019] Ross, M., E. Microcephaly. (2019). In *The Causes of Epilepsy* (pp. 497–507). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108355209.073>
- [D_SERTALP_2023] Sertalp, E., Moraes, C., & Bütün, E. (2023) Facial Reconstruction of a Deformed Skull from the Roman Period of Juliopolis.
- [D_Stephan_2015] 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>
- [D_Tavartkiladze_2021] Tavartkiladze, N. (2021). Genesis of Artificially Deformed Early Medieval Skulls Discovered at Samtavro Cemetery and Their Historical Significance. In *South Caucasus – Archaeological Context* (Issue 1, pp. 6–22). National Agency for Cultural Heritage Preservation Georgia. <https://doi.org/10.52147/2667-9353/2021-1-6-22>