

OrtogoOnlineMag

ISSN: 2764-9466, Vol.3, nº 2

Cicero Moraes

Everton da Rosa

Rodrigo Dornelles

OrtogOnlineMag

Volume 3, número 2
Dezembro de 2022
Semestral

EXPEDIENTE

Editor Científico e Diagramação
Cicero Moraes

Conselho Editorial

Everton da Rosa
Rodrigo Dornelles

Colaboradores

José Luís Lira
Paulo Eduardo Miamoto Dias
Marcos Paulo Salles Machado
Thiago Leite Beaini
Marco Aurélio Guimarães
Paulo Henrique Bueno
Ricardo Henrique Alves da Silva
Ricardo Nisioka Kimura
Luca Bezzi
Alessandro Bezzi
Richard Gravalos
Carla Reis Machado
Israel Chilvarquer
Janaina Curi
Thiago Leite Beaini
Johari Yap Abdullah
Jafri Malin Abdullah
Ilie Suharschi
Dong Ngoc Quang
Moacir Elias Santos

Idioma da Publicação
Português

www.ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnlineMag/index/
cogitas3d@gmail.com
ortogonline@ortogonline.com

Cicero André da Costa Moraes
R. das Laranjeiras, 88
Jd. Jacarandás
78.557-682
Sinop-MT

Sumário

1	A Aproximação Facial Forense do Crânio Mladeč 1	1
1.1	Resumo	1
1.2	<i>Abstract</i>	1
1.3	Introdução	1
1.4	Materiais e Métodos	2
1.4.1	Configuração do Microcomputador e do Sistema Operacional	2
1.4.2	Captura de Tela	2
1.4.3	Digitalização do Crânio por Fotogrametria	2
1.4.4	Complementação do Crânio	3
1.4.5	Aproximação Facial Forense	3
1.5	Resultados e Discussão	5
1.5.1	Dados Posteriores a Aproximação Facial	6
1.6	Conclusão	6
1.7	Agradecimentos	7
2	Modelo 3D vs Fotogrametria por Imagens e Vídeo	9
2.1	Resumo	9
2.2	<i>Abstract</i>	9
2.3	Introdução	9
2.4	Materiais e Métodos	10
2.4.1	Captura de Tela	10
2.4.2	Software Utilizado na Primeira Etapa	11
2.4.3	Configuração dos Microcomputadores	11
2.5	Resultados e Discussão	11
2.5.1	Resultados Iniciais no CloudCompare	11
2.5.2	Complemento com o RealityCapture e o Zephyr	13
2.5.3	Análise Gráfica Completa	14
2.6	Conclusão	16
2.7	Agradecimentos	16
2.8	Dados e Tabelas Complementares	17
3	A Aproximação Facial de uma Vítima da Batalha de Gotland (1361)	19
3.1	Resumo	19
3.2	<i>Abstract</i>	19
3.3	Introdução	19
3.4	Materiais e Métodos	20
3.4.1	Exame do Crânio	20
3.4.2	Aproximação Facial Forense	22
3.5	Resultados e Discussão	23
3.6	Conclusão	24
3.7	Agradecimentos	24
4	A Aproximação Facial de um Crânio com Sinais de Sífilis Terciária Encontrado no Monastério de Skriðuklaustur (Islândia)	25
4.1	Resumo	25
4.2	<i>Abstract</i>	25
4.3	Introdução	26
4.3.1	Uma Breve História da Sífilis	26
4.3.2	O Desenvolvimento da Doença	26
4.3.3	A sífilis nos Dias Atuais e a Motivação do Projeto	26
4.4	Materiais e Métodos	27
4.4.1	Aquisição e Análise do Crânio	27
4.4.2	A Aproximação Facial Forense	28
4.5	Resultados e Discussão	29

4.6	Conclusão	29
4.7	Agradecimentos	29
5	A Aproximação Facial Forense do Crânio de Jericó (BM 127414), ≈9000 AP	31
5.1	Resumo	31
5.2	<i>Abstract</i>	31
5.3	Introdução	31
5.3.1	Os Crânios de Jericó	31
5.3.2	O crânio BM 127414	32
5.3.3	Modelos Digitais Interativos, Impressão 3D e Aproximação Facial	32
5.4	Materiais e Métodos	33
5.4.1	Digitalização 3D do Crânio	33
5.4.2	Aproximação Facial Forense	33
5.5	Resultados e Discussão	34
5.6	Conclusão	35
5.7	Agradecimentos	35
	Referências Bibliográficas	37

A Aproximação Facial Forense do Crânio Mladeč 1

The Forensic Facial Approximation to the Skull Mladeč 1

Cicero Moraes

 u33uwHUA AAAAJ  Cicero-Moraes  0000-0002-9479-0028

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

Jiří Šindelář

Agrimensor, GEO-CZ, Tábor-República Tcheca

Karel Drbal

 HFSJ7EAAA AJ  Karel-Drbal  0000-0003-4450-4625

Vice-Diretor da Administração das Cavernas da República Tcheca

Data da publicação: 4 de agosto de 2022

ISSN: 2764-9466 (Vol. 3, nº 2, 2022)

DOI: 10.6084/m9.figshare.20435787

1.1 Resumo

O presente capítulo apresenta o trabalho de aproximação facial forense do fóssil Mladeč 1, um dos mais antigos da Europa, com 31.000 anos antes do presente (AP). Será abordado desde a digitalização do crânio por fotogrametria e redimensionamento indireto, até a utilização de um conjunto de técnicas que mesclam abordagens clássicas com dados estatísticos e de adaptação anatômica de indivíduos vivos, de modo a minimizar os elementos subjetivos das metodologias mais antigas. Além disso, o volume do endocrânio foi levantado e comparado com estudos anteriores. Assim que o trabalho se encontrava quase finalizado, novos dados foram descobertos, o que permitiu enriquecer ainda mais os resultados finais, fomentando uma discussão acerca da precisão de técnicas indiretas de fotogrametria, redimensionamento e volumetria do endocrânio.

1.2 Abstract

This chapter presents the forensic facial approximation work of the Mladeč 1 fossil, one of the oldest in Europe, dating back 31,000 years before the present (BP). It will be approached from the digitalization of the skull by photogrammetry and indirect resizing, to the use of a set of techniques that mix classic approaches with statistical data and anatomical adaptation of living individuals, in order to minimize the subjective elements of the older methodologies. In addition, the volume of the endocranium was calculated and compared with previous studies. As soon as the work was almost finished, new data were discovered, which allowed the authors to further enrich the final results, fostering a discussion about the precision of indirect techniques of photogrammetry, resizing and volumetry of the endocranium.

A full translated online version of this article can be accessed at this link: <https://bit.ly/3swgMKZ>

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

1.3 Introdução

Em 1881 o arqueólogo austro-húngaro Josef Szombathy (1853-1943) descobriu um crânio na Caverna Principal, em um sítio arqueológico próximo a cidade de Mladeč, República Tcheca. Em um primeiro momento pensava-se que o crânio era de um homem adulto, mas estudos posteriores, que comparavam as características de outros fósseis também encontrados no local, revelaram que era na verdade de uma mulher, falecida por volta de 17 anos de idade [A1], há 31.000 anos atrás, configurando o fóssil como um dos mais antigos de *Homo sapiens* encontrados na Europa [A2].

No começo e no final da década de 1930 foram efetuadas duas reconstruções faciais forenses [A3], ambas quando ainda se acreditava que o crânio pertenciu a um indivíduo do sexo masculino. Tais aproximações carecem de documentação, o que dificulta a compreensão das técnicas aplicadas, seja na reconstrução completa do crânio que não dispõe da mandíbula, seja dos tecidos moles, que geralmente são modelados tendo tabelas de espessura de tecido mole como base.

No ano de 2021 o [Museu de História Natural de Viena](#) disponibilizou uma [versão interativa](#) e online do crânio Mladeč 1, sob licença Creative Commons (CC BY-NC 4.0). Tal modelo inspirou a criação do projeto de aproximação facial forense apresentado neste capítulo, igualmente sob licença Creative Commons (CC BY 4.0).

1.4 Materiais e Métodos

1.4.1 Configuração do Microcomputador e do Sistema Operacional

Todo o trabalho foi efetuado em um microcomputador 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.

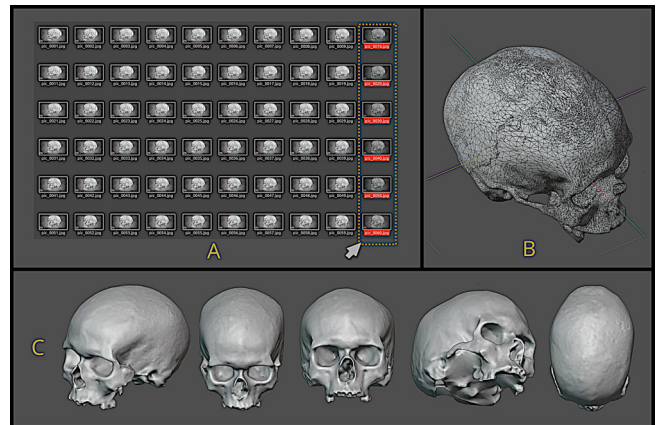
O sistema operacional utilizado foi o [Linux 3DCS](#), que é baseado no [Ubuntu 20.04 LTS](#).

1.4.2 Captura de Tela

Inicialmente o link <https://skfb.ly/o7xwQ> foi aberto no navegador Chrome, a textura desabilitada e o *wireframe* habilitado, de modo a mostrar as arestas das faces que compõem o modelo do fóssil Mladeč 1. Tal medida é necessária para o processo de fotogrametria, que será descrito posteriormente. Uma vez que as configurações necessárias foram efetuadas, a página foi maximizada e a tela capturada em vídeo com o software [SimpleScreenRecorder](#) (o mesmo pode ser feito com o software livre e multiplataforma [OBS Studio](#)). O modelo interativo foi orbitado de modo a capturar a maior área possível da superfície e resultou em um arquivo de vídeo .AVI de 1m32s, com 384 MB e qualidade média, respeitando a configuração *default* do software. O vídeo pode ser visualizado de modo online no [YouTube](#).

1.4.3 Digitalização do Crânio por Fotogrametria

O [OrtogOnBlender](#) [A4] é um *add-on* escrito em Python, que roda no Blender 3D, incrementando-o com comandos não disponíveis na versão nativa, como a digitalização 3D a partir de fotos (fotogrametria), a reconstrução 3D de tomografias computadorizadas (DICOM), o cálculo booleano em estruturas complexas e outros. Dentre os comandos disponíveis no *add-on*, está aquele que converte vídeos em arquivos de imagem, o [Video to Images](#) [A5] [A6].



Figural.1: Capturas de tela na página do Museu de História Natural de Viena. Créditos do modelo original: Mladeč 1 Skull (NHMW-Anthro-OSTE 5454) by Natural History Museum Vienna is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial.

Ao se proceder com o comando foram gerados 2753 imagem em FullHD (1920 x 1080 px), das quais foi separada uma faixa de 83 capturas, com um retângulo de seleção dos *thumbnails* junto ao gerenciador de arquivos (Fig.1.1, A). Tais imagens foram enviadas a um diretório próprio e serviram de base para a fotogrametria efetuada na seção **Photogrammetry**, com o modo *default*, ou seja **OpenMVG+OpenMVS**, com o **Decrease picture size** desativado e o **D Factor** e o **Smooth Factor**, ambos com o valor de 4. Esses cuidados são necessários para que a digitalização 3D mantenha o máximo de detalhes possível da superfície. Das 83 fotos foram aproveitadas 63 pelo sistema, o suficiente para reconstruir a parte de interesse para a aproximação facial. O processo levou um tempo total de 4 minutos e 27 segundos e gerou um modelo correspondente ao crânio Mladeč 1, com a textura do *wireframe*, utilizada para facilitar os cálculos dos algoritmos de fotogrametria (Fig.1.1, B). A fotogrametria sem um marcador ArUco [A7] não fornece dados de escala do objeto, de modo que, para colocar o crânio em seu tamanho real recorreu-se a fotos com referência de escala presente em vários capítulos do livro *Early Modern Humans at the Moravian Gate* [A8]. Uma vez que as imagens têm deformação de perspectiva e a referência de escala (ortográfica) não tem, optou-se por utilizar o volume geral das vistas para o redimensionamento à escala, o que pode imprimir ao modelo

uma pequena margem de erro em relação ao crânio real. Não sendo necessária a textura do *wireframe*, a mesma foi desabilitada e o crânio alinhado no plano de Frankfurt (Fig.1.1, C) de modo a proceder com a reconstrução das regiões faltantes.

1.4.4 Complementação do Crânio

O fóssil Mladeč 1 foi encontrado sem a mandíbula e com uma série de dentes faltantes. Para que a aproximação facial possa ser efetuada, é necessário que o crânio esteja completo e em face de tal situação, foi necessário recorrer a uma reconstrução das partes ausentes na estrutura.

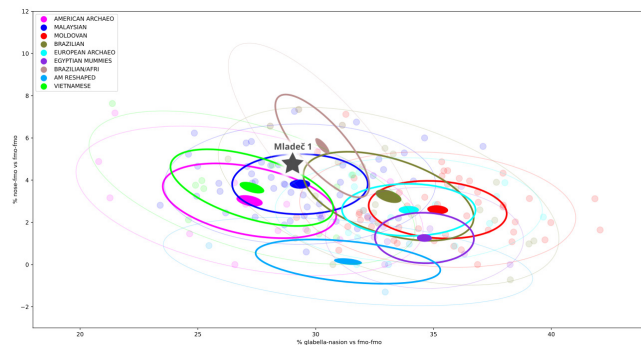


Figura1.2: Posicionamento do crânio Mladeč 1 nos *clusters* populacionais.

Antes de iniciar os trabalhos de recuperação das regiões faltantes algumas medidas foram feitas no crânio a ser aproximado, de modo a localizar doadores virtuais que sirvam não apenas para a recuperação, mas para o posterior processo de aproximação facial. Foram efetuadas as mensurações dos espaços entre os frontomales orbitais (*fmo-fmo*), entre a grabela e o násio (*g-n*) e entre o rínio e a borda lateral mais extrema da órbita (*rhi-ec*). Esses dados são plotados em um gráfico de *clusters* populacionais [A9], indicando afinidades com tomografias que possam estar no acervo de doadores virtuais dos autores. No caso do crânio Mladeč 1, houve maior afinidade com *clusters* de asiáticos (MALAYSIAN, VIETNAMESE e AMERICAN ARCHAEO), brasileiros gerais (BRAZILIAN) e brasileiros de ancestralidade marcadamente africana (BRAZILIAN/AFRI). Tal posicionamento (Fig.1.2) não é uma evidência definitiva de que se trata de um indivíduo daqueles grupos ancestrais, mas que há uma compatibilidade da região dos olhos e do nariz com indivíduos dos *clusters*.

O OrtogOnBlender conta com o submódulo ForensicOnBlender [A10], criado para facilitar o trabalho de aproximação facial forense. Dentre os comandos disponíveis há um que permite o traçado de uma série de projeções, tanto de estruturas do tecido mole a ser aproximado, quanto de regiões do crânio, tais informações são resultantes de medidas efetuadas uma série de tomografias de indivíduos vivos com um *n*

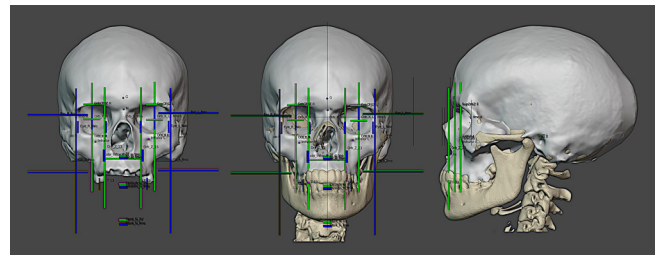


Figura1.3: Projeção de linhas correspondentes a limites de estruturas do tecido mole e ossos.

variando de 74 a 110 tomografias de diferentes grupos populacionais [A11] [A12] [A13]. A se informar uma série de pontos anatômicos do crânio, seja completo ou não, e ativar o comando final, disponível na seção **Projections (Exp.)**, um conjunto de linhas são projetadas em vários eixos, fornecendo dados de médias e proporções de estruturas como o tamanho horizontal da boca, a distância entre as asas nasais, a posição nos três eixos dos globos oculares, os limites frontais dos gônios, a posição dos incisivos e do mento, dentre outras tantas. Graças às linhas que indicam os limites da mandíbula, foi possível reconstruir as arcadas superior e inferior, bem como a mandíbula completa. A projeção dos alvéolos dos dentes faltantes e a compatibilidade estrutural com a doadora virtual [A14] permitiu uma adaptação harmoniosa e dentro das médias e proporções esperadas, respeitando o desvio padrão de cada um (Fig.1.3).

1.4.5 Aproximação Facial Forense

A reconstrução facial forense (RFF) é uma técnica auxiliar de reconhecimento, utilizada quando há escassa informação para a identificação de um indivíduo [A15]. Nota-se que a técnica não se trata de identificação, como aquelas oferecidas por DNA ou compatibilidade de arcadas dentárias, mas de reconhecimento que pode levar à posterior identificação.

Ao longo de sua história a RFF tem recebido uma série de críticas, principalmente pela clássica dificuldade de definir o que é arte e o que é abordagem científica ao se trabalhar num rosto a ser “revivido”. O Dr. Carl N. Stephan fez importantes contribuições à crítica da metodologia ao apontar uma série de problemas que envolvem o seu escopo [A16], bem como buscou imprimir uma objetividade maior às projeções das estruturas anatômicas como a largura da boca [A17], a posição dos globos oculares [A18], a projeção do nariz [A19] e outros. Ele também esclareceu a diferença entre reconstrução facial forense (RFF) e aproximação facial forense (AFF) [A20], indicando que a segunda se apoia em elementos mais objetivos para a modelagem da face, fruto de um aprimoramento contínuo e fundamentado em pesquisas efetuadas em estruturas reais da anatomia.

O presente trabalho utiliza o mesmo passo-a-passo abordado em Abdullah et al. (2022) [A21], iniciado

com a complementação das regiões faltantes do crânio, seguindo com a projeção do perfil e estruturas da face a partir de dados estatísticos, gerando o volume do rosto com o auxílio da técnica de deformação anatômica e o acabamento com o detalhamento da face, configuração dos cabelos e geração das imagens finais.

Projeção da Face Básica e Volume do Endocrânio



Figura 1.4: Etapas da aproximação facial forense e da deformação anatômica.

O crânio reconstruído completamente já contava com algumas linhas delimitadoras de estruturas anatômicas, dentre elas a do **posicionamento dos globos oculares** nos eixos X, Y e Z (Fig.1.4, A). Uma série de marcadores de espessura de tecido mole foi distribuída ao longo do crânio, baseada em um indivíduo do sexo feminino, mais próximo de 17 anos e com índice de massa corporal (IMC) médio [A22] (Fig.1.4, B). O traçado lateral do nariz seguiu uma abordagem fundamentada em levantamentos estatísticos efetuados em tomografias de indivíduos vivos [A23] [A12] [A13] (Fig.1.4, C). Tal abordagem conta com tutoriais em **texto** e **vídeo**, disponibilizados abertamente de modo online. A projeção do perfil do rosto ajuda muito na aproximação, mas ela representa apenas uma parte plana bidimensional de um rosto complexo, lembrando uma fatia de uma complexa tomografia, geralmente composta por uma matriz de 512x512x512, ou seja, a traçado do perfil corresponde a apenas uma de um total de 512 fatias. Para auxiliar a aproximação estão presentes as projeções bidimensi-

onais do tamanho da boca, olhos e afins. Trata-se das linhas abordadas anteriormente e que também serviram ao propósito da reconstrução das partes faltantes do crânio. Os marcadores de espessura de tecido mole ajudam enormemente a indicar os limites da pele, mas cobrem apenas alguns pontos e não informam suficientemente acerca da complexidade da superfície da face. Uma forma de interpolar todas essas informações com elementos coerentes da anatomia humana é justamente utilizar tomografias de indivíduos reais e deformá-las sobre as projeções anteriormente comentadas, utilizando a deformação anatômica. O conceito é muito simples, basta reconstruir o crânio e o tecido mole [A24] da tomografia de um doador virtual mais próximo possível dentro do cluster populacional abordado anteriormente [A9]. Em seguida fazer a deformação no crânio, mas com influência de movimentação no tecido mole, o que pode ser efetuado com um modificador **Lattice** ou por movimentação de vértices com o **Proportional edit** ativado. Ao se equiparar o crânio do doador com o crânio a ser aproximado, o tecido mole se compatibiliza com o indivíduo do crânio cuja face será aproximada. Tal abordagem funciona tanto em humanos [A25], como em outros animais [A26], e neste trabalho foi efetuada com um indivíduo do sexo feminino e outro do sexo masculino, frente a ambiguidade histórica causada pela forma do crânio Mladeč 1. No entanto, o tecido mole deformado dos dois doadores resultou em faces muito semelhantes, principalmente na visão de perfil (Fig.1.4, D, E, F). Uma característica da deformação facial é também o auxílio na correção das projeções estatísticas, uma vez que se trata de anatomia real, a forma é mais harmoniosa e mais coerente do que médias populacionais e traçados manuais feitos sobre os limitadores (projeções e marcadores de espessura). No caso da aproximação aqui apresentada, a deformação anatômica indicou que os globos oculares precisavam recuar um pouco no eixo Y (Fig.1.4, G, H), mantendo-se dentro do desvio padrão aferido nos estudos. Também na região do queixo e logo acima dele, a linha da deformação resultou em um aspecto mais harmonioso do que o desenho inicial, traçado sobre os marcadores de espessura de tecido mole (Fig.1.4, I, J). Ali também o deslocamento respeitou o desvio padrão dos marcadores. Apesar de gerar um perfil muito semelhante e frontalmente também tender majoritariamente à compatibilidade, o tecido mole do indivíduo do sexo masculino contava com um IMC maior do que aquele do sexo feminino, o que se tornou evidente na região do pescoço e próximo aos gônios (Fig.1.4, F, K). Quando observa-se apenas a malha do indivíduo do sexo feminino, atesta-se a compatibilidade dos marcadores de espessura de tecido mole em quase todos os pontos (Fig.1.4, L, M), exceto no *mid-philtrum*, mas essa discrepância já havia sido identificada em um dos **estudos da projeção nasal**. Um outro aspecto interessante da deformação anatômica é que se torna possível projetar regiões não disponíveis em modelos externos, como o crânio

advindo de fotogrametria, que digitaliza apenas a superfície externa. A tomografia deformada mantém as estruturas internas dos ossos do crânio e ao se gerar um negativo, pode-se extrair o endocrânio (Fig.1.4, N) e levantar o seu volume. Uma vez que todos os cuidados sejam tomados, para que os **normals** das faces do endocrânio apontem para fora, o volume pode ser extraído dentro do Blender, utilizando-se as **feramentas de impressão 3D**. O levantamento informou um volume de 1342 ml, o que se mostrou compatível com estudo efetuado com crânios de humanos atuais, com média de 1328 (± 164 ml) [A27]. Ao se comparar com os resultados obtidos por Prossinger & Teschler-Nicola (2006) [A28], que mensuraram o crânio Mladeč 1 e chegaram a um volume de 1575 cm, a diferença volumétrica é de 233 ml, ou 14,79%. Há de se levar em conta dois fatores, um, que o crânio do doador virtual trata-se de uma estrutura completa e saudável, com a espessura média dos ossos maior do que a média do crânio Mladeč 1. O outro fator já foi abordado anteriormente, acerca da margem de erro do redimensionamento do crânio, feito a partir de imagens e o problema do cruzamento de referências ortográficas e fotografias com deformação de perspectiva.

Finalização da Aproximação Facial

A face proveniente da tomografia computadorizada apresenta uma superfície composta por milhares de **faces de 3 lados**, o que dificulta o trabalho do acabamento. Além disso, o modelo pode conter defeitos na superfície, provenientes de algum artefato metálico, como restauração nos dentes ou placas cirúrgicas. Para evitar esse problemas, uma face de aproximação forense anterior é aproveitada, de modo a economizar tempo e esforço.

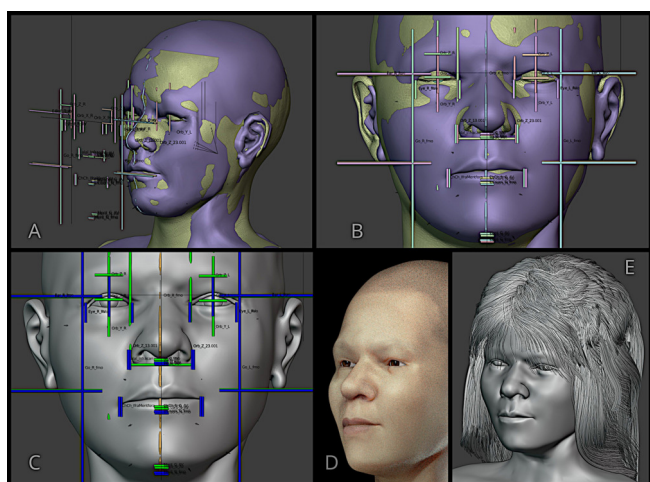


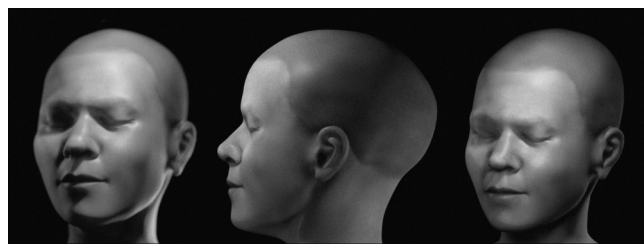
Figura1.5: Etapas finais da aproximação facial forense.

Neste caso a face da **Eva de Naharon**, uma aproximação efetuada no ano de 2018 foi importada e deformada até que se adequasse a estrutura desejada (Fig.1.5, A). A escultura digital é efetuada de modo a

refinar os detalhes da superfície, respeitando os parâmetros das projeções disponíveis (Fig.1.5, B, C). A pigmentação, ou seja, a textura e os **shaders** são adequados às características da aproximação, sem a necessidade de iniciar uma nova configuração (Fig.1.5, D). Por fim os cabelos também foram reconfigurados (Fig.1.5, E), faltando apenas a geração das imagens finais.

1.5 Resultados e Discussão

Foram geradas duas versões da aproximação facial, uma sem cabelos e sem pelos, com os olhos fechados e com imagens em escala de cinza e outra com cabelos e pêlos, com os olhos abertos e colorida.



Figural1.6: Aproximação facial forense básica e objetiva.

A primeira versão buscou apresentar uma abordagem mais objetiva, focando no volume advindo das projeções e deformação anatômica (Fig.1.6). Trata-se de um resultado mais científico e sem tanto apelo visual.

Aviso: A imagem da aproximação a ser apresentada a abaixo, pode sofrer alterações com a evolução das pesquisas do crânio!



Figura1.7: Aproximação facial forense colorida, composta e subjetiva.

A segunda versão é mais subjetiva e artística, uma vez que conta com detalhes adicionais, como cor, cabelos e pêlos faciais (sobrancelhas e cílios), imprime-se expressividade à imagem, bem como mais apelo junto ao público geral (Fig.1.7).

Logo, a imagem simples ilustra uma abordagem mais científica e a composta, uma abordagem mais artística. A primeira oferece uma volumetria fundamen-

tada em dados estatísticos e na anatomia real e a segunda cria uma símbolo popular, que funciona como chamariz para que eventuais interessados criem uma identificação empática com o indivíduo e possa buscar mais informações, se inteirar acerca das pesquisas científicas do fóssil, bem como a sua longa história na arqueologia. As duas imagens apresentam aspectos andrógenos, devido às características do crânio e dependendo do ponto de vista pode parecer um homem jovem mais delicado ou uma mulher jovem mais robusta.

1.5.1 Dados Posteriores a Aproximação Facial

Por conta de dois fatores, os autores ignoraram que o crânio Mladeč 1 oferecia a opção de download do modelo. Um deles é o escasso número de instituições que permitem que seu acervo seja baixado e isso é tão incomum que ao observar o modelo e, frente a satisfação de tê-lo disponível, os autores se adiantaram na digitalização sem ler esse detalhe na descrição, posto que as preocupações iniciais eram: a) ter o modelo disponível para visualização e b) a licença do modelo permitir que o mesmo fosse utilizado para um projeto livre. O segundo fator é a praticidade da metodologia, pois, em poucas horas a digitalização do crânio já estava efetuada, bem como a reconstrução das regiões faltantes. No outro dia a aproximação facial já estava pronta e em três dias o texto deste capítulo estava quase finalizado. Apenas neste terceiro dia é que os autores se deram conta, sob grande admiração, que o crânio estava disponível para download.

Diante de tal novidade, optaram por aproveitar a oportunidade para comparar o crânio digitalizado por fotogrametria com o modelo original, baixado do perfil do Museu de História Natural de Viena, no Sketchfab. O objetivo era mensurar o erro de redimensionamento e, uma vez dimensionado corretamente, comparar as malhas, de modo a atestar as proporções da fotogrametria em relação ao modelo real.

Os modelos foram então alinhados de modo que se encontrassem na mesma rotação, ou seja, no plano horizontal de Frankfurt. Foi possível atestar a diferença de escala entre eles, ainda que a proporção parecesse compatível (Fig.1.8, A). A diferença da escala é facilmente explicável, pela dificuldade de se posicionar uma referência ortográfica em uma foto com deformação de perspectiva. Mesmo com uma imagem frontal e uma lateral, a perspectiva pode gerar erros de escala. Ao se redimensionar os dois modelos a compatibilidade das malhas se mostrou mais do que satisfatória (Fig.1.8, B, C) e a margem de erro foi pequena, uma vez que o modelo da fotogrametria foi do fator 1,00000 para o fator 1,03351, ou seja, houve uma ampliação de 3,55% em cada eixo (X, Y, Z). Tal diferença em um eixo isolado é pequena, mas amplia-se dependendo das dimensões a serem utilizadas. Por exemplo, se tal margem for aplicada em dois eixos (área quadrada) resultará no seguinte fator: $((1,03351^2)-1)*100 = 6,81\%$ de erro. Se tal margem for aplicada em três eixos (volume), resultará no seguinte fator: $((1,03351^3)-1)*100 = 10,39\%$. O modelo original (Sketchfab) e o modelo advindo da fotogrametria foram exportados ao software CloudCompare, de modo que as malhas fossem comparadas (Fig.1.8, D). A precisão final dos modelos resultante foi submilimétrica (Fig.1.8, E), tendo como média o valor de -0,28 mm, ou seja, o modelo da fotogrametria em geral é ligeiramente menor do que o original. O desvio padrão foi de 0,58 mm.

Ao se redimensionar o endocrânio, o novo valor resultante foi de 1481 ml, ou seja, 10,39% a mais do que o valor anterior que era 1342 ml, e o novo valor se manteve dentro do desvio padrão de indivíduos modernos, cujo volume máximo seria 1492 (1328 ± 164 ml). Ao se comparar com o volume obtido por Prossinger & Teschler-Nicola (2006), de 1575 ml, a diferença caiu para 94 ml, ou 5,97% a menos em relação à peça real. Soma-se a isso o já discutido estado do crânio do doador virtual, que se encontra saudável e com uma média de espessura óssea maior do que o fóssil Mladeč 1, temos uma diferença dentro do esperado.

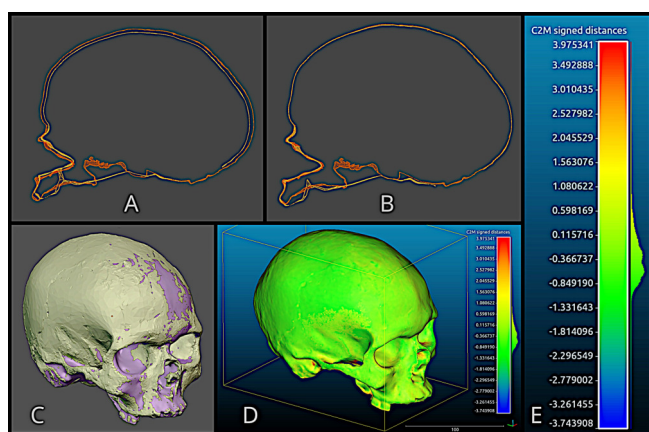


Figura1.8: Correção da escala do crânio e comparação com o modelo original.

1.6 Conclusão

O presente capítulo mostrou que a deformação anatômica converge para um mesmo perfil na aproximação facial forense, seja o doador virtual do sexo masculino ou feminino, tendo resultados ainda melhores quando os IMCs dos doadores são iguais. A fotogrametria por captura de vídeo em modelos interativos online gerou uma malha compatível com o original, atestando a robustez do método. A referência de escala ortográfica em uma fotografia com deformação de perspectiva gerou um pequeno erro, mas que não foi suficiente para comprometer os resultados, principalmente na aproximação facial, pois parte das projeções estatísticas são calculadas proporcio-

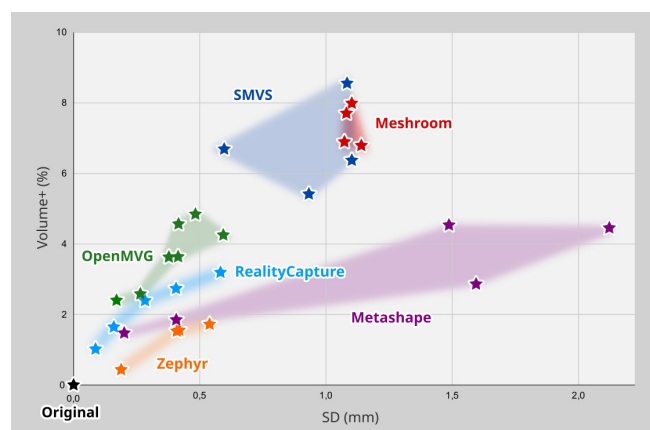
nalmente, bem como a malha interpolada da deformação anatômica, logo, em ambas situações o erro de escala não fez diferença significativa. Já as projeções por média se mantiveram dentro do desvio padrão, uma vez que são unidimensionais e mesmo no caso de extrações volumétricas como o endocrânio, os resultados se mantiveram dentro do desvio padrão da média esperada para humanos modernos e também se adequaram a parâmetros de crânios saudáveis, uma vez que o erro foi pequeno em relação ao fóssil, cuja superfície reconstruída internamente se apresentou mais irregular e mais fina do que aquela de endocrânios de indivíduos vivos.

1.7 Agradecimentos

Agradecemos a Administração das Cavernas da República Tcheca, ao Museu de História Natural de Viena, que forneceu não apenas o modelo em 3D interativo do fóssil Mladeč 1, mas também, de modo surpreendente e quase inacreditável, a malha do crânio em formato Wavefront (.OBJ) para download. Agradecemos a todos os autores que publicaram a obra *Early Modern Humans at the Moravian Gate*, que serviu como base da pesquisa, oferecendo dados importantíssimos para viabilizar o trabalho aqui apresentado. Agradecemos também ao Dr. Richard Gravalos que gentilmente cedeu as tomografias dos doadores virtuais.

Modelo 3D vs Fotogrametria por Imagens e Vídeo

3D Model vs Photogrammetry by Image and Video



Cicero Moraes

[u33uwHUA](#) [Cicero-Moraes](#) [0000-0002-9479-0028](#)
3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT

Luca Bezzi

[x_hqS2A](#) [Luca-Bezzi](#)
Arqueólogo, Arc-Team, Cles-TN, Itália

Alessandro Bezzi

[Alessandro-Bezzi](#)
Arqueólogo, Arc-Team, Cles-TN, Itália

Jiří Šindelář

Agrimensor, GEO-CZ, Tábor-República Tcheca

Everton da Rosa

[Everton-Rosa](#) [0000-0002-4175-3282](#)
Cirurgião BMF, Hospital de Base, Brasília-DF

Rodrigo Dornelles

[ZNqVhQY](#) [Rodrigo-Dornelles](#)
Cirurgião Plástico, Núcleo de Plástica Avançada - NPA, São Paulo-SP

2.1 Resumo

O presente artigo apresenta a comparação de 29 modelos digitalizados em 6 programas de fotogrametria diferentes, de modo a analisar a precisão da digitalização versus o modelo original.

2.2 Abstract

This article presents a comparison of 29 models scanned in 6 different photogrammetry programs, in order to analyze the accuracy of the scan versus the original model.

A full translated online version of this article can be accessed at this link: <https://bit.ly/3DA24ZG>

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

2.3 Introdução

É praxe nos estudos de comparação entre sistemas de digitalização, se tomar a referência do padrão ouro, como por exemplo, um modelo advindo de escaneamento por luz estruturada ou tomografia computadorizada e então comparar tal modelo com as digitalizações pretendidas. O problema nesse caso é que o modelo padrão ouro já não representa completamente o real, pois podem haver algumas distorções por conta da resolução das ferramentas de digitalização. Para resolver esse problema, o presente trabalho utilizou uma abordagem diferente, tomando como base um modelo 3D disponível para visualização interativa, capturando telas de pontos de vistas diferentes desse modelo, gerando uma malha 3D por fotogrametria e finalmente comparando tal malha com o arquivo 3D baixado em formato .OBJ, ou seja, o mesmo que é visualizado interativamente. Tal situação permite a comparação com um modelo preciso, diferente de uma digitalização que é algo indireto. Deste modo é possível mensurar qual é o grau de precisão da fotogrametria do modo mais direto possível.

Data da publicação: 25 de agosto de 2022

ISSN: 2764-9466 (Vol. 3, nº 2, 2022)

DOI: 10.6084/m9.figshare.20633262

2.4 Materiais e Métodos

O Museu de História de Estocolmo (Historiska), possui uma conta no site do Sketchfab, um portal de visualização interativa de modelos 3D, onde disponibiliza uma série de peças do seu acervo, não apenas para a visualização, mas também permite que o modelo em 3D seja baixado em alguns formatos de arquivos, dentre eles o .OBJ (Wavefront), amplamente compatível com o Blender 3D. Entre os itens da coleção, um dos que mais chamam a atenção é o **crânio de uma vítima de guerra** travada na segunda metade do século XIV e encontrado na Ilha de Gotland, Suécia. Uma grande lesão *perimortem* na região da maxila e mandíbula salta aos olhos dos observadores causando estupefação e curiosidade.

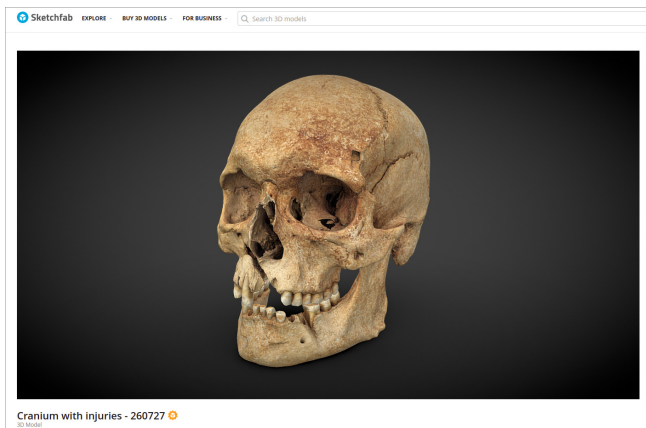


Figura2.1: Captura de tela da visualização interativo do crânio 260272 pertencente ao acervo do Museu de História de Estocolmo (Historiska). Cranium with injuries - 260272 by Historiska is licensed under Creative Commons Attribution.

2.4.1 Captura de Tela

Em face da textura rica em contraste e da ausência de reflexão ou brilho (Fig.2.1), o modelo se mostrou ideal para a digitalização 3D por fotogrametria, um processo de reconstrução 3D de objetos a partir de fotografias/imagens de um volume. De modo a mensurar a acurácia do modelo da fotogrametria em relação ao original, foi decidido capturar imagens e vídeos de telas de 4K (3840x2160 px) e 2K (fullhd, 1920x1080 px). Todo o trabalho inicial foi executado em um notebook e um computador, ambos rodando o Linux 3DCS, para a captura em vídeo utilizou-se o aplicativo SimpleScreenRecorder e para a captura das telas em imagens, utilizou-se o capturador padrão do sistema, acionado pela tecla Print Screen.

Todas as capturas foram efetuadas em um notebook (Fig.2.2) Lenovo Ideapad S145, a resolução padrão do sistema já é 2K, de modo que não precisou ser feita nenhuma adaptação. Já para a captura 4K foi necessário conectar o notebook em um monitor Smart TV Ultra Slim 4K UHD. Foram feitas 4 capturas, duas delas de imagens 2K e 4K e duas delas de vídeo 2K e

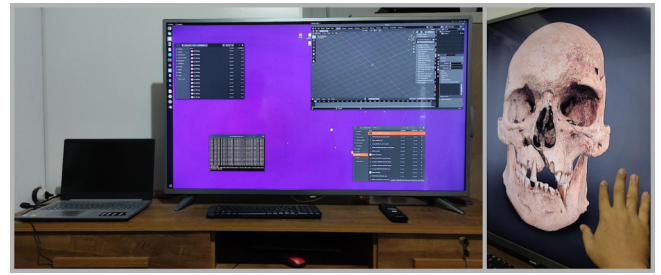


Figura2.2: Notebook com a saída de vídeo (HDMI) em um monitor 4K (à esquerda), ao lado os detalhes do crânio em zoom, com uma mão ao lado para se ter ideia da escala e resolução.

4K. Os vídeos foram convertidos em imagens com a ferramenta Video to Images do OrtoGOnBlender [B1] [B2], resultando em quatro diretórios (disponíveis para download):

- 2K_img: 147 imagens;
- 2K_video: 145 imagens;
- 4K_img: 144 imagens;
- 4K_video: 144 imagens.

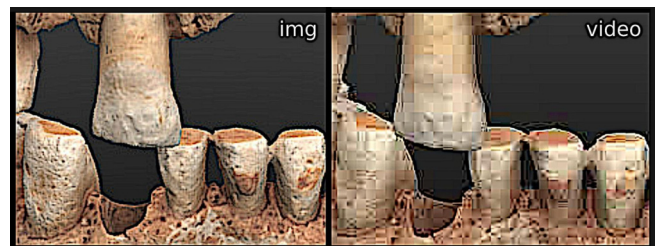


Figura2.3: Imagens com a nitidez exacerbada de modo a evidenciar a perda de dados no vídeo.

Em um primeiro momento é possível notar que há uma significativa perda de qualidade nas imagens advindas da conversão feita a partir do vídeo (Fig.2.3), algo esperado posto que os codecs atuais costumam comprimir significativamente os quadros. É importante observar também que, mesmo se tratando de imagens 2K e 4K, o crânio sempre foi capturado completamente, de modo que a sua resolução é significativamente inferior do que a total.



Figura2.4: Região útil dentro de uma imagem 4K.

Tomando uma captura onde o crânio aparece frontalmente e traçando um retângulo correspondente a re-

gião ocupada pela peça, resultam-se as dimensões de 1024 x 1560 px (Fig.2.4), ou seja 1.6 MP (megapixel), o que corresponde 19,3% da resolução total de 8.29 MP (3840 x 2160 px), e ainda há regiões vazias nesse retângulo menor, ou seja, nem sempre uma grande resolução total é garantia de que a peça siga o mesmo parâmetro.

2.4.2 Software Utilizado na Primeira Etapa

Para digitalizar os modelos a partir de fotos, foram escolhidas 4 soluções:

- **Metashape:** Software standalone da Agisoft, fechado, pago (US \$179) e multiplataforma. Trata-se de um dos melhores aplicativos para fotogrametria disponível no mercado.
- **OpenMVG + OpenMVS:** Software livre, gratuito e multiplataforma, disponível no OrtogOnBlender [B3] [B4].
- **SMVS + MVE:** Software livre, gratuito e multiplataforma, disponível no OrtogOnBlender [B5].
- **Meshroom:** Software livre, gratuito e multiplataforma, disponível no OrtogOnBlender.

As malhas resultantes foram alinhadas no OrtogOnBlender e exportadas no formato STL, de modo a serem comparadas no software CloudCompare, que gerou o histograma, a média e o desvio padrão em relação ao modelo original.

2.4.3 Configuração dos Microcomputadores

- Máquina 1 - Desktop:
 - 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.
- Máquina 2 - Notebook:
 - Processador Intel Core i7-8565U 1.80GHz;
 - 20 GB de memória RAM;
 - GPU Nvidia Geforce MX110 de 2GB GDDR5;
 - SSD m2 256 GB; SSD SATA III 480 GB 2.5”.

2.5 Resultados e Discussão

2.5.1 Resultados Iniciais no CloudCompare

Ao todo foram efetuadas 20 digitalizações, sendo 5 com o Metashape, 7 com o OpenMVG+OpenMVS, 4 com o SMVS+MVE e 4 com o Meshroom. Cada modelo digitalizado foi comparado com o .OBJ baixado do Skechfab. O CloudCompare gerou um histograma que é apresentado na parte direita e já é possível analisar uma série de características de cada *software*.

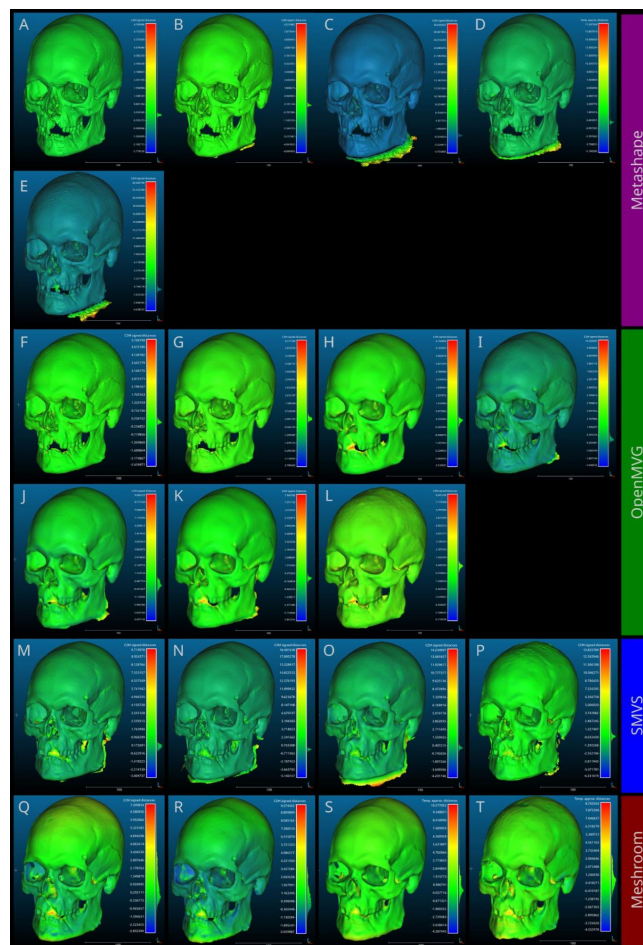


Figura2.5: Comparações efetuadas no software CloudCompare.

Metashape (MSP)

O modelo advindo das imagens 4K capturadas uma a uma (4k img ULTRA MSP), foi rodado no modo Utra High (Fig.2.5, A), apresentando um elevadíssimo número de detalhes, quase sem ruído algum. O modelo advindo das imagens capturadas uma a uma (4k img MSP), foi rodado no modo High (Fig.2.5, B), apresentando um elevadíssimo número de detalhes e um pequeno volume de ruído. O modelo advindo das imagens convertidas da gravação em vídeo 4K (4k video MSP), foi rodado no modo High (Fig.2.5, C), apresentando um elevadíssimo número de detalhes e um significativo volume de ruído. O modelo advindo das

imagens 2K capturadas uma a uma (**2k img MSP**), foi rodado no modo High (Fig.2.5, D), apresentando um elevado número de detalhes e um significativo volume de ruído. O modelo advindo das imagens convertidas da gravação em vídeo 2K (**2k video MSP**), foi rodado no modo High (Fig.2.5, E), apresentando um elevado número de detalhes e um significativo volume de ruído. Em linhas gerais, mesmo com o ruído, os vértices próximo a distância zero foram a grande maioria, criando um histograma bastante condensado.

OpenMVG+OpenMVS (MVG)

O modelo advindo das imagens 4K capturadas uma a uma (**4k img 1 1 MVG**), foi rodado com o F Factor e o Smooth Factor em 1 e o Decrease picture size desabilitado (Fig.2.5, F), apresentando um bom número de detalhes, quase sem ruído algum. O modelo advindo das imagens 4K capturadas uma a uma (**4k img MVG**), foi rodado com o F Factor e o Smooth Factor em 4 e o Decrease picture size desabilitado (Fig.2.5, G), apresentando um bom número de detalhes, quase sem ruído algum. O modelo advindo das imagens convertidas da gravação em vídeo 4K (**4k video MVG**), foi rodado com o F Factor e o Smooth Factor em 4 e o Decrease picture size desabilitado (Fig.2.5, H), apresentando um bom número de detalhes, com pouco ruído. O modelo advindo das imagens 4K capturadas uma a uma (**4k img dec MVG**), foi rodado com o F Factor e o Smooth Factor em 4 e o Decrease picture size habilitado (Fig.2.5, I), apresentando um bom número de detalhes e um pequeno volume de ruído. O modelo advindo das imagens convertidas da gravação em vídeo 4K (**4k video dec MVG**), foi rodado com o F Factor e o Smooth Factor em 4 e o Decrease picture size habilitado (Fig.2.5, J), apresentando um bom número de detalhes e um pequeno volume de ruído. O modelo advindo das imagens 2K capturadas uma a uma (**2k img MVG**), foi rodado com o F Factor e o Smooth Factor em 4 (Fig.2.5, K), apresentando um bom número de detalhes e um pequeno volume de ruído. O modelo advindo das imagens convertidas da gravação em vídeo 2K (**2k video MVG**), foi rodado com o F Factor e o Smooth Factor em 4 (Fig.2.5, L), apresentando um bom número de detalhes, quase sem ruído algum. Em linhas gerais, mesmo com o ruído, os vértices próximo a distância zero foram a grande maioria, criando um histograma bastante condensado.

SMVS

O modelo advindo das imagens 4K capturadas uma a uma (**4k img SMVS**), foi rodado com o Decrease scanning time desabilitado (Fig.2.5, M), apresentando um bom número de detalhes e um pequeno volume de ruído. O modelo advindo das imagens convertidas da gravação em vídeo 4K (**4k video SMVS**), foi rodado com o Decrease scanning time desabilitado (Fig.2.5, N), apresentando um bom número de detalhes e um significativo volume de ruído. O modelo advindo das imagens 2K capturadas uma a uma (**2k img SMVS**), foi rodado com o Decrease scanning time desabilitado (Fig.2.5, O), apresentando um bom número de detalhes e um significativo volume de ruído. O modelo advindo das imagens convertidas da gravação em vídeo 2K (**2k video SMVS**), foi rodado com o Decrease scanning time desabilitado (Fig.2.5, P), apresentando um bom número de detalhes e um pequeno volume de ruído. Em linhas gerais, mesmo com o ruído, os vértices próximo a distância zero foram a grande maioria, criando um histograma bastante condensado.

Meshroom (MR)

O modelo advindo das imagens 4K capturadas uma a uma (**4k img MR**) (Fig.2.5, Q), apresentou um bom número de detalhes e bem pouco ruído na região dos dentes. O modelo advindo das imagens convertidas da gravação em vídeo 4K (**4k video MR**) (Fig.2.5, R), apresentou um bom número de detalhes e bem pouco ruído na região dos dentes. O modelo advindo das imagens 2K capturadas uma a uma (**2k img MR**) (Fig.2.5, S), apresentou um bom número de detalhes e bem pouco ruído na região dos dentes. O modelo advindo das imagens convertidas da gravação em vídeo 2K (**2k video MR**) (Fig.2.5, T), apresentou um bom número de detalhes e bem pouco ruído na região dos dentes. Em linhas gerais, mesmo baixo nível de ruído, os vértices próximo a distância zero não foram tão constantes como aquele dos outros sistemas de fotogrametria, criando um histograma significativamente espalhado.

Análise Inicial dos Gráficos

Uma série de gráficos foram gerados durante os estudos e dois deles escolhidos para a apresentação dos dados, posto que ilustram com relativa simplicidade a acurácia e o custo-benefício em se tratando do processamento e tempo envolvidos para a digitalização dos modelos.

Por *default* o CloudCompare fornece a informação da média (mean) e do desvio padrão (SD) das distâncias entre os modelos comparados. A média não costuma ser um dado robusto, posto que pode ocultar uma

grande variação de distâncias, caso estas sejam simétricas. Neste quesito o desvio padrão é um dado mais consistente, pois informa a faixa onde se encontram o maior número de pontos, no entanto, ele sozinho não informa acerca da compatibilidade volumétrica do modelo original em relação ao digitalizado, pois podem haver ruídos e ausências no processo. Para reforçar a análise foram levantados os volumes de todas as digitalizações e comparadas com o modelo original, extraindo a porcentagem a mais (Volume+ %) de cada um: $((Modelo\ atual - Modelo\ original) * 100) / Modelo\ original$.

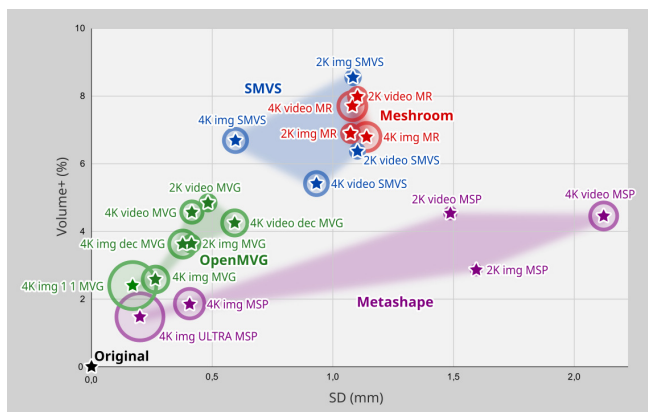


Figura2.6: Gráfico de distribuição: desvio padrão (SD) vs porcentagem de volume a mais em relação ao original (Volume+ %) vs tempo de processamento (diâmetro do círculo).

O gráfico resultante (Fig.2.6) apresenta o modelo Original na origem do quadrante à esquerda inferior e quanto mais próximo ao Original estiver o resultado, tanto melhor será o mesmo. O modelo mais próximo à origem é o 4K img ULTRA MSP e o segundo o 4K img 11 MVG. Isso mostra que a digitalização efetuada no Metashape foi aquela com os melhores resultados, seguido de uma executada pelo OpenMVG+OpenMVS. É curioso observar que, mesmo tendo o melhor resultado global, há um distanciamento significativo no eixo X (SD) entre os modelos do Metashape. Ora, se o software apresentou o melhor resultado qual é o motivo de tal discrepância? Simples, a geração de ruído criou malhas que aumentaram o valor do desvio padrão, mas mesmo com essas malhas a mais o volume do modelo final não cresceu significativamente, evidenciando que, mesmo com ruído, os modelos do Metashape se mantiveram fiéis ao volume do Original. Mais a frente se observará que os detalhes da superfície são bem maiores neste software do que nos outros e isso explica substancialmente a coerência volumétrica. Já o OpenMVG+OpenMVS não digitalizou modelos tão detalhados, mas foi mais eficiente em isolar o modelo, sem gerar tantos ruídos. Com resultados globalmente mais distantes, o SMVS e o Meshroom se afastaram um pouco dos demais, sendo que o primeiro se saiu melhor do que o segundo em linhas gerais. Apesar do gráfico apresentar dados de tempo no diâmetro dos marcadores, não fica muito claro o custo-benefício do mesmo em relação aos resultados

e buscando evidenciar tal abordagem, um outro gráfico foi plotado (Fig.2.7), com os dados da máquina utilizada e do tempo gasto nas digitalizações.

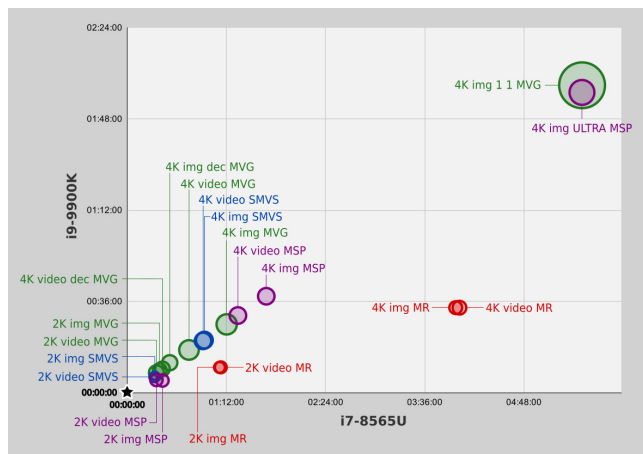


Figura2.7: Gráfico de comparação temporal, com a dimensão do arquivo representada pelo círculo.

O eixo Y é representado pelos resultados obtidos no Desktop com o processador i9 e o eixo X no notebook com o processador i7. O diâmetro dos círculos corresponde ao tamanho dos arquivos finais (STL sem textura). O tempo de digitalização dos dois modelos melhores posicionados no gráfico anterior os colocam bem distante dos demais, levantando questões acerca do custo benefício da geração dos mesmos, principalmente se a máquina utilizada for mais modesta.

2.5.2 Complemento com o RealityCapture e o Zephyr

De modo a melhorar a comparação entre soluções de fotogrametria, foram rodados mais testes com dois softwares standalone, o RealityCapture e o 3DF Zephyr. Ambos não oferecem o mesmo suporte aos sistemas operacionais dos demais citados e os testes foram executados em computadores diferentes dos supracitados neste estudo, de modo que avaliou-se apenas a questão estrutural e não o tempo de digitalização.

RealityCapture (MSP)

O modelo advindo das imagens 4K capturadas uma a uma (4k img HD RC), foi rodado no modo HD (Fig.2.8, A), apresentando um elevadíssimo número de detalhes, quase sem ruído algum. O modelo advindo das imagens capturadas uma a uma (4k img RC), foi rodado no modo Normal (Fig.2.8, B), apresentando um elevadíssimo número de detalhes, quase sem ruído algum. O modelo advindo das imagens convertidas da gravação em vídeo 4K (4k video RC), foi rodado no



Figura 2.8: Comparações efetuadas no software CloudCompare.

modo Normal (Fig.2.8, C), apresentando um elevadíssimo número de detalhes, quase sem ruído algum. O modelo advindo das imagens 2K capturadas uma a uma (2k img RC), foi rodado no modo Normal (Fig.2.8, D), apresentando um elevadíssimo número de detalhes, quase sem ruído algum. O modelo advindo das imagens convertidas da gravação em vídeo 2K (2k video MSP), foi rodado no modo Normal (Fig.2.8, E), apresentando um elevado número de detalhes e um pequeno volume de ruído. Em linhas gerais, os vértices próximo a distância zero foram a grande maioria, criando um histograma bastante condensado.

3DF Zephyr (ZPY)

O modelo advindo das imagens capturadas uma a uma (4k img ZPY), foi rodado no modo Normal (Fig.2.8, F), apresentando um elevadíssimo número de detalhes, quase sem ruído algum. O modelo advindo das imagens convertidas da gravação em vídeo 4K (4k video ZPY), foi rodado no modo Normal (Fig.2.8, G), apresentando um elevadíssimo número de detalhes, quase sem ruído algum. O modelo advindo das imagens 2K capturadas uma a uma (2k img ZPY), foi rodado no modo Normal (Fig.2.8, H), apresentando um elevadíssimo número de detalhes e um pequeno volume de ruído. O modelo advindo das imagens convertidas da gravação em vídeo 2K (2k video ZPY), foi rodado no modo Normal (Fig.2.8, I), apresentando um elevado número de detalhes e um pequeno volume de ruído. Em linhas gerais, os vértices próximo a distância zero foram a grande maioria, criando um histograma bastante condensado.

2.5.3 Análise Gráfica Completa

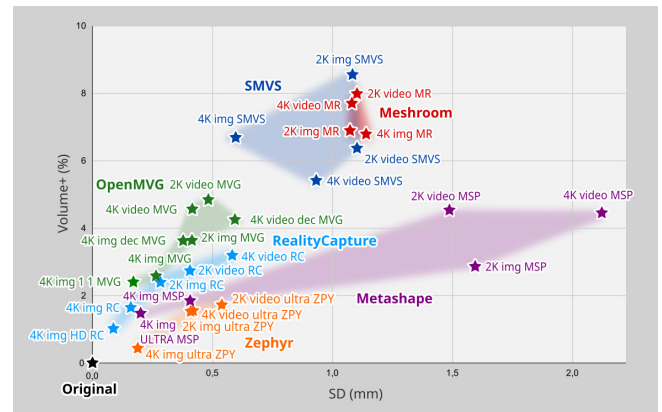


Figura 2.9: Gráfico de distribuição: desvio padrão (SD) vs porcentagem de volume a mais em relação ao original (Volume+ %) vs tempo de processamento (dimensão do círculo).

Com o incremento dos dados foi rodado um novo gráfico (Fig.2.9), posicionando o grupo composto pelos modelos gerados no RealityCapture e no Zephyr. Nos dois casos percebe-se um agrupamento maior do que no Metashape e isso indica que os modelos não geraram muito ruído. Os dois programas geraram modelos com o volume muito compatível com o original (.OBJ) e ainda que o desvio padrão diferiu nos melhores resultados fica difícil ter certeza de qual se saiu melhor.

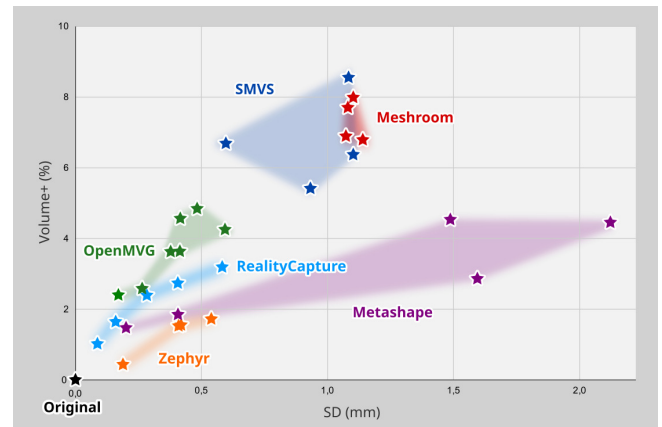


Figura 2.10: Gráfico de distribuição: desvio padrão (SD) vs porcentagem de volume a mais em relação ao original (Volume+ %).

Ao se simplificar os gráficos (Fig.2.10) a dúvida de qual se saiu melhor persiste, pois, de um lado o RealityCapture gerou um desvio padrão menor do que 0,10 mm, mas um volume ligeiramente maior do que 1%. Já o Zephyr gerou um desvio padrão um pouco menor do que 0,20 mm, mas um volume menor do que 0,5%.

Uma forma de se chegar a um fator justo, frente aos dados apresentados, é multiplicar o volume pelo desvio padrão. Assim evidencia-se qual modelo está mais próximo ao Original, possibilitando o ranqueamento dos resultados.

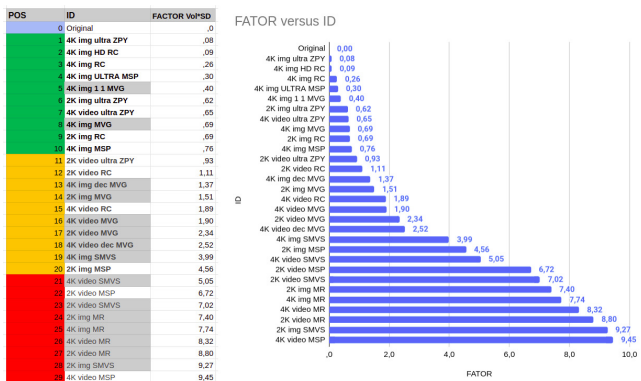


Figura 2.11: Ranking baseado no fator Volume*SD.

Ao se ranquear os resultados (Fig. 2.11), fica evidente a pequena diferença entre o Zephyr em primeiro e o RealityCapture em segundo e terceiro. Em seguida desmonta o modelo gerado no Metashape, em quarto, o modelo do OpenMVG+OpenMVS em quinto fechando o top 5. Curiosamente, entre o top 10 encontram-se dois modelos gerados no OpenMVG+OpenMVS, evidenciando a qualidade do software livre entre o domínio dos pagos. Também percebe-se a superioridade do OpenMVG+OpenMVS frente às outras soluções gratuitas e disponíveis no OrtogOnBlender, o SMVS e o Meshroom.

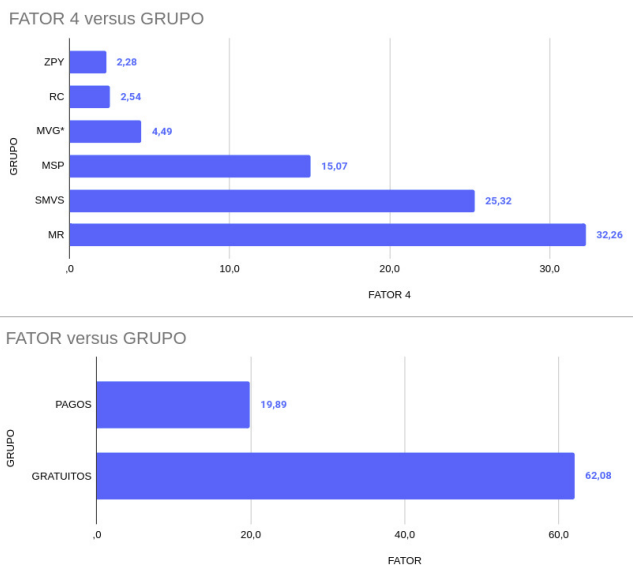


Figura 2.12: Ranking baseado no fator Volume*SD - Programas individualizados e em grupo de pagos e gratuitos.

Ao se agrupar todos os fatores, retirando os modelos reduzidos do OpenMVG, pois não se adequam ao 4K ou ao 2K, temos um ranking geral, tendo o Zephyr em primeiro, o RealityCapture em segundo, o OpenMVG+OpenMVS em terceiro, o Metashape em quarto, o SMVS em quinto e o Meshroom em sexto (Fig. 2.12). Ao se juntar todos os resultados, e comparar as soluções gratuitas versus a paga, temos uma diferença significativa no fator, de pouco mais de 3 vezes. No entanto, tal fator, como já comentado, evidencia apenas a compatibilidade estrutural e não o deta-

lhamento da superfície.

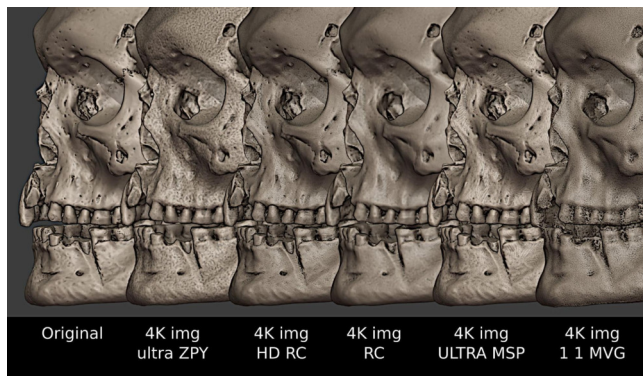


Figura 2.13: Comparação entre as malhas.

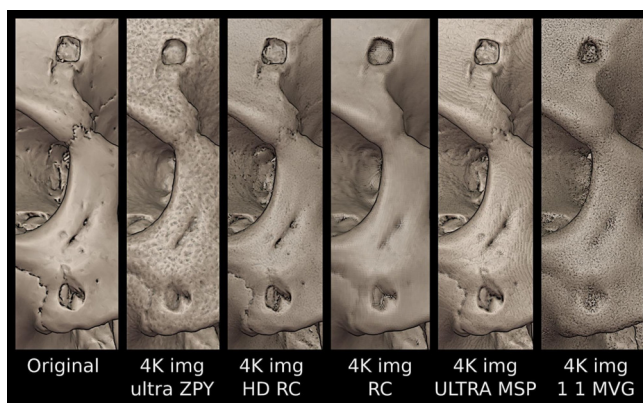


Figura 2.14: Comparação entre as malhas.

Ao se analisar cuidadosamente os detalhes da superfície (Fig. Fig. 2.13 e Fig. 2.14), percebe-se que o Metashape gerou a malha mais detalhada dentre todas, seguido pelo RealityCapture e pelo Zephyr. Já o OpenMVG+OpenMVS, apesar de criar um modelo sem ruídos que alterassem o fator do volume e desvio padrão, é dotado de uma superfície pobre em detalhes quando comparada com as outras.



Figura 2.15: Comparação entre as malhas.

Ao se alinhar visualmente os dez melhores resultados (Fig. 2.15), atesta-se o poder de detalhamento dos programas pagos e fechados, frente ao OpenMVG+OpenMVS. Se o Metashape não tivesse ge-

rado tanto ruído, certamente seria o primeiro colocado no contexto geral.

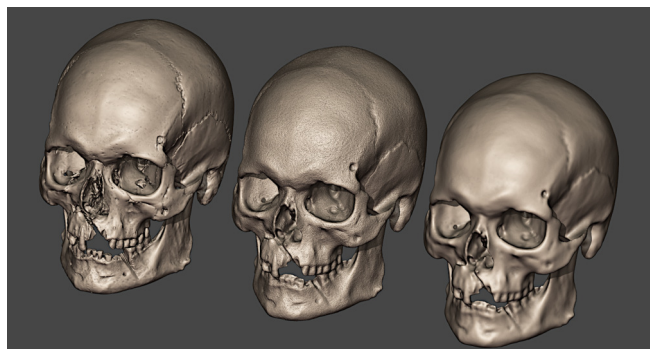


Figura2.16: Modelo original à esquerda, modelo 4K img MVG com o Displacemente ativado ao centro e o mesmo modelo sem o Displacemente à direita.

Uma forma de se contornar a ausência de detalhes é ativar o modificador Displacement (Fig.2.16), já presente no modelo gerado pelo OpenMVG+OpenMVS do OrtogOnBlender. Não se trata da superfície estritamente real, mas tem servido ao propósito de enriquecimento dos detalhes da superfície em casos reais de próteses faciais [B6] [B7], o que levanta a questão acerca do que espera-se de um modelo em aplicações críticas.

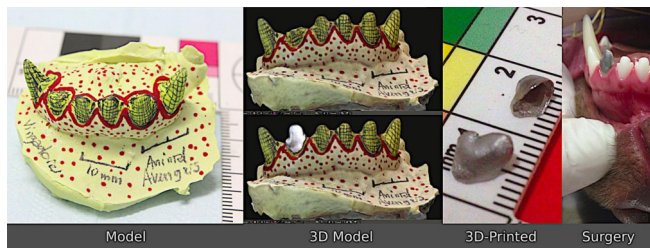


Figura2.17: Passo-a-passo da criação de uma prótese dentária canina.

Já o SMVS que apresentou resultados distantes do OpenMVG+OpenMVS, posicionando-se em 19°, 21°, 23° e 28° de 29 modelos avaliados, foi utilizado em um projeto de confecção de coroa dentária (Fig.2.17), o que pedia alta precisão no escaneamento dos modelos. Além do dente, o SMVS foi utilizado em outra situação crítica, a prótese do bico de um araçari (*Pteroglossus aracari*).

De todos os programas e bibliotecas aqui testados, o único ainda não utilizado pelos autores em projetos efetivos foi o Meshroom, mas mesmo ele apresenta resultados dentro da margem de erro necessárias para a reconstrução facial forense, por exemplo.

2.6 Conclusão

Depois de analisar todos os resultados é possível se atentar para algumas situações:

- Os programas pagos geram resultados melhores do que os gratuitos, principalmente nos detalhes da superfície, mas os gratuitos não se afastam tanto dos pagos, tendo muitas vantagens e no final das contas equiparando-se num contexto geral. Um bom exemplo disso é a possibilidade de gerar um modelo já orientado e na escala correta, usando marcadores ArUco com o OpenMVG+OpenMVS [B8];
- As imagens 4K geram resultados melhores do que aqueles das imagens 2K;
- Imagens das telas capturadas geram resultados melhores do que aquele dos vídeos convertidos em imagens;
- Um modelo com volume compatível e desvio padrão baixo não é determinante para a qualidade dos detalhes da superfície.
- Se a qualidade dos detalhes não for essencial, soluções mais simples geram bons modelos sem necessitar de muito tempo para tal;
- Todos os modelos gerados podem ser utilizados em um trabalho de aproximação facial forense, ou seja, mesmo com qualidade diferente, todas soluções utilizadas podem ser aplicadas;
- Ainda que tenha gerado valores distantes dos melhores programas, mesmo o SMVS pode ser utilizado em digitalizações críticas que pedem alta resolução nos modelos;
- O presente estudo corrobora com outro, apresentado em 2013 [B9] e que evidenciava a precisão de software gratuito e de código aberto na fotogrametria para as ciências forenses, gerando modelos com precisão submilimétrica;
- Em linhas gerais, levando em consideração a coerência estrutural e o detalhamento dos modelos, o resultado final seria: RealityCapture >= Metashape > 3DF Zephyr > OpenMVG+OpenMVS > SMVS > Meshroom.

2.7 Agradecimentos

Ao Museu de História de Estocolmo por disponibilizar o modelo 3D utilizado neste capítulo.

2.8 Dados e Tabelas Complementares

Esta seção conta com as tabelas contendo os dados utilizados para plotar os gráficos apresentados neste capítulo.

ID	Mean (mm)	SD (mm)	Time (h:m:s) i9	Time (h:m:s) i7	Size (MB)	Volume+ (%)
Original	0	0			50	0
4K img 1 1 MVG	,09	,17	02:01:15	05:30:15	343,4	2,3
4K img MVG	,16	,27	00:26:54	01:12:07	39,3	2,6
4K img SMVS	,17	,60	00:20:41	00:55:55	22,5	6,7
4K img MR	,76	1,14	00:33:30	03:58:28	13,1	6,8
4K video MVG	,27	,42	00:16:48	00:44:45	35,4	4,6
4K video SMVS	,25	,93	00:20:22	00:54:56	21,4	5,4
4K video MR	,79	1,08	00:33:29	04:01:12	11,2	7,7
2K img MVG	,20	,41	00:08:50	00:23:26	13,3	3,6
2K img SMVS	,35	1,08	00:06:27	00:19:58	7,3	8,5
2K img MR	,85	1,07	00:09:55	01:06:54	8,3	6,9
2K video MVG	,28	,48	00:07:50	00:21:03	16,2	4,8
2K video SMVS	,36	1,10	00:06:08	00:19:42	7,8	6,4
2K video MR	,88	1,10	00:09:57	01:07:50	9,5	8,
4K img dec MVG	,24	,38	00:30:47	00:30:47	17	3,6
4K video dec MVG	,20	,59	00:25:29	00:25:29	15,3	4,2
4K img MSP	,13	,41	00:38:00	01:40:52	21,7	1,9
4K video MSP	,63	2,12	00:30:24	01:20:16	21,9	4,5
2K img MSP	,49	1,59	00:04:46	00:25:28	10,4	2,9
2K video MSP	,52	1,48	00:04:58	00:21:05	10,4	4,5
4K img ULTRA MSP	,05	,20	01:58:26	05:30:10	70,01	1,5

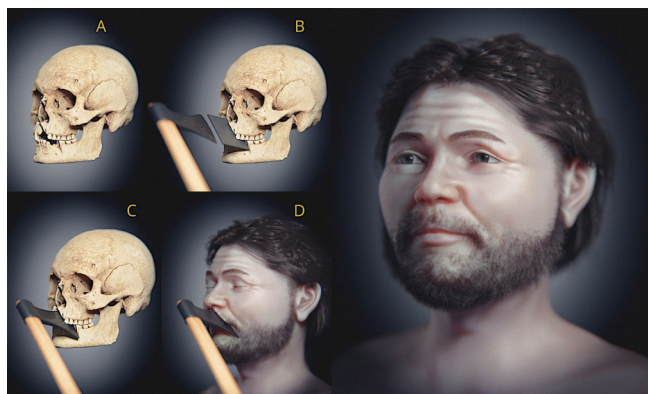
Figura2.18: Tabela 1.

ID	Mean (mm)	SD (mm)	Size (MB)	Volume+ (%)	FACTOR Vol*SD
Original	0	0	50	0	
4K img 1 1 MVG	,09	,17	343,4	2,3	3,
4K img MVG	,16	,27	39,3	2,6	3,6
4K img SMVS	,17	,60	22,5	6,7	9,1
4K img MR	,76	1,14	13,1	6,8	11,3
4K video MVG	,27	,42	35,4	4,6	6,2
4K video SMVS	,25	,93	21,4	5,4	9,1
4K video MR	,79	1,08	11,2	7,7	12,
2K img MVG	,20	,41	13,3	3,6	5,3
2K img SMVS	,35	1,08	7,3	8,5	12,9
2K img MR	,85	1,07	8,3	6,9	11,2
2K video MVG	,28	,48	16,2	4,8	6,8
2K video SMVS	,36	1,10	7,8	6,4	10,8
2K video MR	,88	1,10	9,5	8,	12,4
4K img dec MVG	,24	,38	17	3,6	5,1
4K video dec MVG	,20	,59	15,3	4,2	6,6
4K img MSP	,13	,41	21,7	1,9	3,5
4K video MSP	,63	2,12	21,9	4,5	12,9
2K img MSP	,49	1,59	10,4	2,9	9,2
2K video MSP	,52	1,48	10,4	4,5	10,5
4K img ULTRA MSP	,05	,20	70,01	1,5	2,3
4K img RC	,05	,16	100,08	1,6	2,3
4K video RC	,25	,58	160,7	3,2	5,6
2K img RC	,11	,28	37,7	2,4	3,6
2K video RC	,13	,41	61	2,7	4,4
4K img HD RC	,39	,09	405,5	1,	1,4
4K img ultra ZPY	,04	,19	37,2	0,4	1,2
4K video ultra ZPY	,06	,42	32,6	1,6	3,2
2K img ultra ZPY	,10	,41	13	1,5	3,2
2K video ultra ZPY	,09	,54	14,4	1,7	3,9
AVERAGE	,30	,66	54,25	3,79	6,64

Figura2.19: Tabela 2.

A Aproximação Facial de uma Vítima da Batalha de Gotland (1361)

The Facial Approximation of a Victim of the Battle of Gotland (1361)



Cicero Moraes

u33uwHUAAAJ Cicero-Moraes 0000-0002-9479-0028
3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT

Thiago Beaini

Y5ko_LUAAAJ Thiago-Beaini 0000-0003-0034-624X
Cirurgião Dentista, Professor Assistente - Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG

Thomas Hvashøj Steffensen

Departamento de Odontologia e Saúde Bucal - Seção de Ortodontia, Dinamarca

Michel Dalstra

Michel-Dalstra-2
Seção de Ortodontia, Departamento de Odontologia, Saúde, Universidade de Aarhus, Holanda

Data da publicação: 30 de outubro de 2022

ISSN: 2764-9466 (Vol. 3, nº 2, 2022)

DOI: 10.6084/m9.figshare.21432384

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

3.1 Resumo

O presente artigo aborda o trabalho de aproximação facial forense de uma vítima da Batalha de Gotland, ocorrida em 1361 na ilha de mesmo nome, localizada na Suécia. Além de reconstruir o aspecto do indivíduo em vida, o trabalho buscou apresentar o ferimento recebido por um objeto cortante, ao ser golpeado na região frontal da face.

3.2 Abstract

This article presents the forensic facial approximation work of a victim of the Battle of Gotland, which took place in 1361 on the island of the same name, located in Sweden. In addition to reconstructing the aspect of the individual in life, the work sought to present the wound received by a sharp object, when being struck in the frontal region of the face.

A full translated online version of this article can be accessed at this link: <https://bit.ly/3zFJTUC>

3.3 Introdução

Gotland é uma ilha localizada no atual território do Reino da Suécia, popularmente conhecida pelo sangrento conflito ocorrido em 29 de julho de 1361, a chamada **Batalha de Gotland** [C1] [C17] [C18] [C19] [C20].

Os primeiros sinais de vida em Visby foram datados por volta de 3000 a.C., mas a data exata de quando foi construída em uma cidade é desconhecida, provavelmente próximo de 800 d.C. por conta do crescente comércio com os dinamarqueses, suecos e alemães. Também foi importante para os alemães funcionando como uma parada antes de rumarem para os Estados Bálticos e Novgorod. Assim, a principal população de Visby era alemã, convertendo-a em uma cidade dominante da Liga Hanseática.

A relação hostil com os fazendeiros de Gotland foi um dos principais motivos para a edificação da muralha da cidade. A batalha de Visby deve ser considerada como um evento único em relação à estratégia de Valdemar IV de reunificar a Dinamarca após a falência e a criação de dívida por seu pai, o rei Cristóvão II. Valdemar IV fez em 1359 um acordo com o rei sueco Magnus Eriksson sobre a conquista de seu filho, Erik Erikson, que governava o sul da Suécia. No entanto, Valdemar

IV aproveitou o conflito interno sueco e em 1360 conquistou Scania, Halland e Blekinge para que se tornassem parte do reino dinamarquês. Depois disso, ele continuou sua missão de ampliar o território a Dinamarca também reivindicando Oland em 1361 e depois Visby em Gotland.

Acredita-se que Valdemar IV e seu exército chegaram a Gotland, inicialmente em 22 de julho de 1361 a sudeste de Visby. Os cidadãos alemães que viviam em Visby permaneceram passivos, então os agricultores que habitavam o restante de Gotland tiveram que enfrentá-los. Os fazendeiros nunca haviam sido organizados em uma armada e eram muito inexperientes contra um exército dinamarquês bem equipado e treinado. Os agricultores não conseguiram dar a resistência necessária contra o exército superior dinamarquês, sendo derrotados três vezes. Acredita-se que a primeira batalha ocorreu quando o exército dinamarquês chegou a Gotland por mar e escavações arqueológicas mostraram que a segunda batalha foi em Mästerby antes de chegarem a Visby em 29 de julho.

Achados arqueológicos podem dar uma ideia de como a batalha foi travada. Um grupo de 2.000 agricultores ficaram entre a muralha defensiva do castelo de Visby e o mosteiro local, de modo que os flancos foram cobertos. Lesões de esqueletos e ossos cranianos mostram que o exército de Valdemar usava bestas, que na época era uma arma deveras assustadora por conta de suas flechas letais. Mais tarde, a tática do exército de Valdemar foi atacar, num primeiro momento, as pernas dos oponentes com espadas e machados, pois os mesmos dispunham de armaduras para seus corpos, mas as pernas se encontravam desprotegidas e logo, vulneráveis aos ataques.

As escavações revelaram 1185 soldados caídos, todos enterrados no cemitério de Solberga, onde fizeram uma cruz de pedra calcária para lembrar os mortos e que ainda hoje se encontra no local. Após a batalha os soldados foram enterrados em valas comuns com suas roupas, armaduras e armas. O primeiro de todos os quatro famosos achados arqueológicos foi feito em 1905, o segundo em 1912 e depois em 1928 e 1930. Tal acervo se destaca mundialmente por conta de seus materiais, crânios e esqueletos ainda bem conservados.

Pouco depois da batalha, Valdemar perdeu o domínio sobre Gotland, mas o recuperou em 1366 como parte de uma estratégia diplomática maior. Depois disso, Gotland permaneceu no reino dinamarquês até 1645, quando a Suécia conquistou seu domínio. Depois de 1645 a importância da cidade caiu até que em 1800 se tornou conhecida pela literatura medieval e turismo. A batalha de Visby aumentou o conhecimento da guerra das eras medievais e em tempos atuais, é considerada um banho de sangue, mas infelizmente essa era a realidade das batalhas travadas na época.

Em 2014 o Museu de História de Estocolmo (Historiska) inaugura a mostra O massacre no muro - a batalha de Gotland 1361, na qual apresenta elementos que marcaram o conflito e que impressionaram significativamente os visitantes, como pode ser atestado nas palavras da antropóloga Katrin Friberg:

O termo massacre no título da exposição cria uma espécie de antecipação pesada e desagradável, sei que o que me espera é uma história de batalha sangrenta e morte súbita maligna. Massacre é exatamente o que foi o evento, e esta exposição consegue contar a história dele e ao seu redor de forma criativa, inteligente e comovente. Há também um alerta sobre o material que pode assustar as crianças e, de fato, grande parte do conteúdo da exposição (constituída, entre outras coisas, por esqueletos das grandes valas comuns deixadas pelo evento), é repugnante de se ver. No entanto, o mais assustador e cativante é a história sobre os objetos que a exposição conta.

No ano de 2020 o mesmo museu publica em seu perfil do Sketchfab, uma rede social para o compartilhamento de modelos tridimensionais interativos, um crânio de uma vítima da batalha de Visby intitulado [Cranium with injuries - 260727](#), sob licença Creative Commons e com a opção de baixar o arquivo texturizado em vários formatos populares no campo da edição e impressão 3D. Tal modelo serviu como base para o trabalho aqui exposto.

3.4 Materiais e Métodos

3.4.1 Exame do Crânio

O crânio digital em formato .OBJ foi baixado e examinado em ambiente digital, seguindo o protocolo de exame de crânio abordado por Vanrell 2009 [C2].

Exame das Peças Ósseas

Aspecto da ossada: Escaneamento de crânio humano com dimensões reduzidas na proporção 1/10. O crânio foi ampliado para exibir escala natural no programa Blender por meio de comando (S+10). Número de ossos. 2 conjuntos de ossos: Crânio e Mandíbula Material a examinar (relatar):

O exame qualitativo [C3], descrito na Tabela 3.1 resultou em um indivíduo do sexo masculino.

Tabela3.1: Crânio - Exame Qualitativo

Crânio	Homem	Mulher
Frontal	<input type="checkbox"/> Inclinado para trás	<input type="checkbox"/> Vertical
Glabela	<input type="checkbox"/> Saliente (arco supra-ciliar)	<input type="checkbox"/> Não saliente
Articulação fronto-nasal	<input type="checkbox"/> Angular	<input type="checkbox"/> Curva
Arco supra-ciliar	<input type="checkbox"/> Redondo	<input type="checkbox"/> Angulado
Processos mastóides e estilóides	<input type="checkbox"/> Bem desenvolvida (Crânio está-vel)	<input type="checkbox"/> Pouco desenvolvida (Crânio instá-vel)
Peso do crânio	Não Disponível	
Côndilo occipital	<input type="checkbox"/> Longos e estreitos	<input type="checkbox"/> Curtos e largos

Tabela3.2: Mandíbula - Exame Qualitativo

Mandíbula	Homem	Mulher
Mandíbula	<input type="checkbox"/> Robusta	<input type="checkbox"/> Delicada
Côndilos	<input type="checkbox"/> Robustos	<input type="checkbox"/> Delicados

Exame Descritivo



Figura3.1: Em vista Frontal, crânio exibindo fraturas na região anterior da maxila e lateral esquerda mandibular; em norma lateral, fratura na região do processo alveolar da maxila no lado direito. Em vista de topo, o escaneamento exibe boa captura das suturas cranianas externas; em norma basal, fraturas na região posterior do côndilo occipital; em detalhe, o sítio de trauma da mandíbula com desgaste na raiz do dente 36 e raiz residual do dente 34.

Aspecto: Crânio Humano com traços marcantes de anatomia Traço(s) de fratura (s): Sim, sinais claros de trauma corto-contundente na região anterior da maxila e nas regiões dos dentes 34, 35 e 36.

Ossos envolvidos: O trauma da região superior provocou fratura na base do processo alveolar desde a região do dente 11, com saída na região da raiz mesial

do dente 16. Internamente a fratura percorreu a sutura palatina, o forame palatino e base do processo alveolar com separação total do fragmento. Também há sinal de fratura na região da base do crânio. O trauma na região dos dentes 34 e 35 causou fratura do dente 34, com presença do remanescente radicular dentro do alvéolo. Os dentes 11, 21, 22 e 35 foram avulsionados em decorrência do impacto. A raiz do dente 36 apresenta lesão por contato com objeto corto-contundente. Houve perda post-mortem dos dentes 13 e 42.

Observações complementares: A ausência de processo reparativo nas raízes dos dentes afetados sugere que o trauma ocorreu em momento próximo à morte do indivíduo.

Exame Qualitativo

Sexo: Utilizando os dados expostos na Tabela 3.4 de Medidas Cranianas, o Índice Condílio (IC) resultou em 39,71, uma vez que o valor está abaixo de 50, indica o **masculino**. O índice do forame mágnico resultou em 58, uma vez que o valor é maior do 35, indica o **sexo masculino**.

Ancestralidade [C4]: O Índice Cefálico Horizontal (ICH) resultou em 70mm, sendo menor do que 74,9 é classificado como **dolicrânio**. O índice Cefálico Sagital resultou em 70,05 mm, estando entre os valores 75 e 69 é classificado como **mesocrânio**. O Índice Cefálico Posterior resultou em 96,35 mm, estando entre os valores 98 e 91,9, é classificado como **metriocrânio**. O índice prosopométrico resultou em 64,33, sendo maior que 55 é classificado como **dolicofacial caucasiano**. O índice Nasal resultou em 52,17, estando entre 47,9 e 53, é classificado como **mesorrino mongólico**, no entanto, tal índice foi comprometido pela ausência de estrutura óssea. O perfil da face resultou em 81°, sendo menor do que 81° é classificado como **prognato**. O índice da mandíbula resultou em 103°, indicando que o indivíduo contava com mais de 35 anos.

Tabela3.3: Avaliação das suturas

Coronal		
Porção superior	<input type="checkbox"/> Apagada	<input type="checkbox"/> Não apagada
Porção média	<input type="checkbox"/> Apagada	<input type="checkbox"/> Não apagada
Porção inferior	<input type="checkbox"/> Apagada	<input type="checkbox"/> Não apagada
Sagital		
Porção superior	<input type="checkbox"/> Apagada	<input type="checkbox"/> Não apagada
Porção média	<input type="checkbox"/> Apagada	<input type="checkbox"/> Não apagada
Porção inferior	<input type="checkbox"/> Apagada	<input type="checkbox"/> Não apagada
Sagital		
Porção superior	<input type="checkbox"/> Apagada	<input type="checkbox"/> Não apagada
Porção média	<input type="checkbox"/> Apagada	<input type="checkbox"/> Não apagada
Porção inferior	<input type="checkbox"/> Apagada	<input type="checkbox"/> Não apagada

A Avaliação das Suturas [C5] indica se tratar de um adulto jovem.

Tabela3.4: Medidas Cranianas

Medida	Referência	Valor (mm)
Largura crani-ana	Eurio-Eurio	131,8
Largura bizigo-mática	Zígio-Zígio	131,7
Altura crani-ana posterior	Básio-Bregma	126,99
Comprimento craniano	Glabela-Metalambda	181,29
Compr. côndilo occipital dir.	C.Cônd.D	20,5
Compr. côndilo occipital esq.	C.Cônd.E	20,5
Larg. côndilo occipital dir.	L.Cônd.D	8,14
Larg. côndilo occipital esq.	L.Cônd.E	8,14
Altura da face	Násio-Próstio	65,44
Largura da face	Malar-Malar	101,72
Largura nasal	LN	24,52
Altura nasal	Násio-Espinal	47
Básio-násio	BN	71,88
Básio-próstio	BP	54,34
Meato audi-tivo externo/ espinha nasal anterior	MAE/ENA	114,24
Meato audi-tivo externo/ lambda	MAE/L	118,54
Largura Fo-rame Magno		32,11
Comprimento Forame Magno		37,39
Estatura	Arco	20,66
Estatura	Corda	16,01

Odontograma: Desgaste oclusal significativo indica dieta de alimentos duros com indícios de idade mais avançada (Fig.3.2).

18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
P	P	P	P	P	P	X	P	X	P	P	P	P	P	P	P
P	P	P	P	P	P	O	P	P	P	P	F	O	F	P	P
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

Figura3.2: **Odontograma.** Legenda: P, presente; X, dente desaparecido; O, alvéolo vazio “post mortem”; F, fraturado; R, restaurado; C, cariado.

3.4.2 Aproximação Facial Forense

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [C9] é uma técnica auxiliar de reconhecimento, utilizada quando há escassa informação para a identificação de um indivíduo [C6]. Nota-se que a técnica não se trata de identificação, como aquelas oferecidas por DNA ou compatibilidade de arcadas dentárias, mas de reconhecimento que pode levar à posterior identificação.

O presente trabalho utiliza o mesmo passo-a-passo abordado em Abdullah et al. (2022) [C7] e Moraes et al. (2022) [C8], iniciado com a complementação das regiões faltantes do crânio, seguindo com a projeção do perfil e estruturas da face a partir de dados estatísticos, gerando o volume do rosto com o auxílio da técnica de deformação anatômica e o acabamento com o detalhamento da face, configuração dos cabelos e geração das imagens finais.

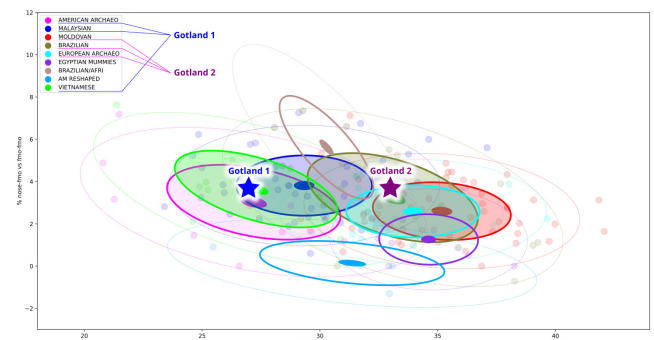


Figura3.3: Clusters populacionais apresentando o crânio original (Gotland 1), dentro do espectro de ancestralidade asiática e o crânio corrigido (Gotland 2) dentro do espectro da população europeia.

A aproximação facial foi efetuada dentro do software Blender 3D, através do add-on ForensicOnBlender [C10] que fornece uma série de ferramentas específicas para a abordagem aqui exposta. O crânio foi importado para uma cena digital e alinhado ao plano horizontal de Frankfurt, recebendo correção na oclusão, pois a mandíbula se encontrava levemente deslocada (Fig.3.4, A), Como haviam regiões faltantes no osso nasal e maxila (Fig.3.4, B), um trabalho de reconstrução estrutural a partir de um doador virtual foi implementada, resultando em um crânio completo (Fig.3.4, C). O gabarito de projeção nasal [C11] foi utilizado para atestar a conformação do osso nasal dentro da média e desvio padrão esperados (Fig.3.4, D). Ao se corrigir o osso nasal e plotar o gráfico de clusters populacionais [C12] com as medidas do crânio tal como foi originalmente baixado (Gotland 1) e posteriormente com a estrutura corrigida (Gotland 2), atesta-se que a falta de volume posicionava o crânio no meio de clusters de origem asiática, ao passo que posteriormente a correção, posicionou em clusters de origem europeia (Fig.3.3), isso explica o motivo do crânio gerar afinidade com a população asiática na etapa anterior, quando efetuadas as mensurações na

região nasal (mesorrino mongólico).

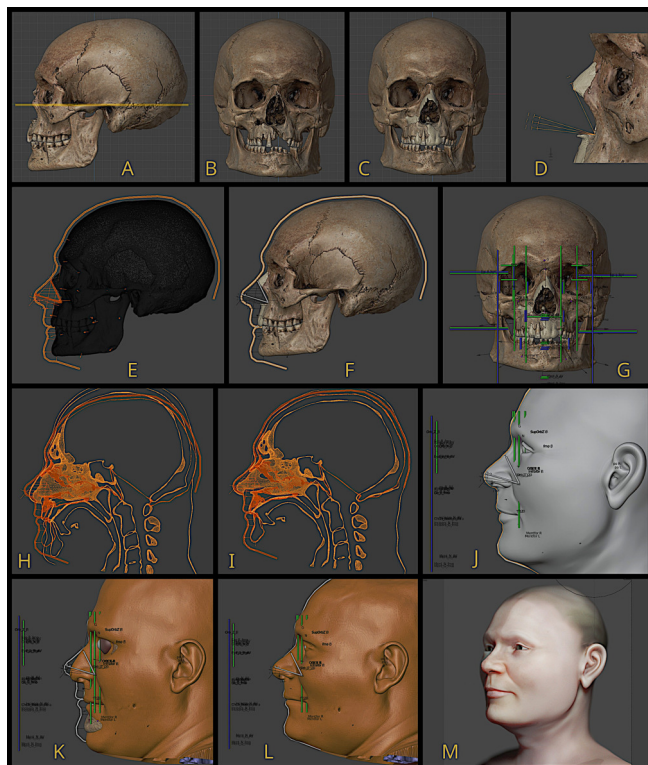


Figura3.4: Etapas da aproximação facial forense.

A etapa seguinte consistiu na distribuição de marcadores de espessura do tecido mole, seguindo a tabela levantada em indivíduos vivos de origem europeia [C13], seguido da projeção lateral do nariz [C11] e da face (Fig.3.4, E e F). Em seguida uma série de pontos foram distribuídos ao longo da face, de modo a projetar as posições esperadas de elementos do tecido mole e dos ossos [C11] [C14] [C15]. A partir de tais projeções foi possível atestar que a mandíbula do indivíduo era menor do que a média e a projeção esperadas, evidenciando prognatismo classe II (Fig.3.4, G). Para complementar os dados das projeções, a tomografia de um doador virtual foi importada e deformada, ao compatibilizar-se o crânio do doador com o do indivíduo a ser reconstruído e estendendo tal deformação/adaptação ao tecido mole, que se adequou de modo muito compatível às projeções efetuadas anteriormente, denotando coerência anatômica (Fig.3.4, H, I, K e L). Para evitar retrabalho, uma aproximação facial anterior foi reaproveitada, tendo a sua estrutura deformada para se adequar à aproximação facial do crânio de Gotland (Fig.3.4, J). O material, cabelos, barba e textura (Fig.3.4, M) foram ajustados para compatibilizarem-se com o propósito do atual trabalho.

3.5 Resultados e Discussão

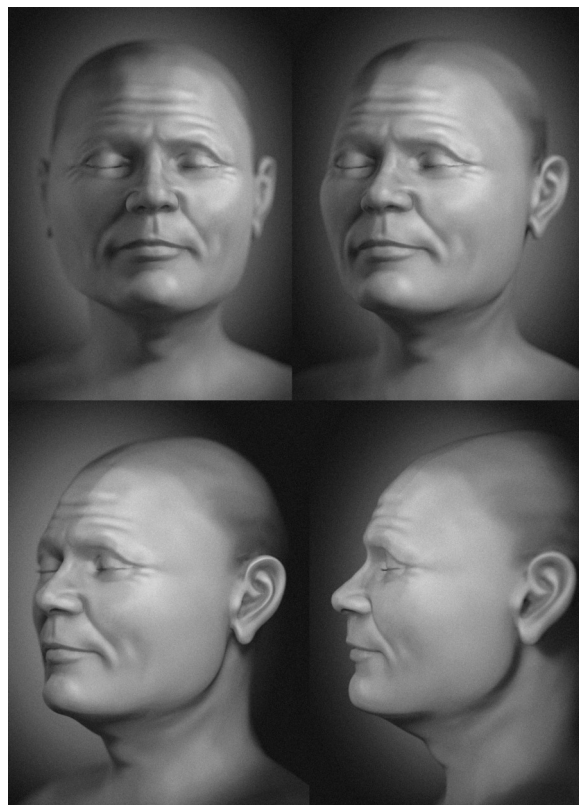


Figura3.5: Aproximação facial forense com elementos objetivos.

Foram trabalhadas duas abordagens relacionadas a aproximação facial, uma mais objetiva e científica e outra mais subjetiva e artística. A abordagem científica consistiu em um busto dotado dos elementos intimamente ligados aos aspectos estatísticos da aproximação e uma vez que a etapa inicial do processo foi composta apenas por dados colhidos de tomografias e mensurações de indivíduos vivos e de população compatível, foi possível gerar uma face anatômica coerente e, para reduzir a incompatibilidade na região da órbita, foram geradas imagens com os olhos fechados, assim como para evitar especulações acerca da tonalidade da pele, a coloração escolhida foi a escala de cinza (Fig.3.5).

A abordagem mais artística consiste em uma imagem com os olhos abertos, com barba e cabelos e colorida (Fig.3.6). Ainda que contenha elementos especulativos acerca da aparência do indivíduo, por se tratar de um trabalho que será apresentado ao público geral, fornece os elementos necessários para uma humanização completa, muito difícil de se conseguir apenas com a exposição do crânio e deficiente na imagem objetiva em escala de cinza e com os olhos fechados.

Ainda que o crânio possua outras duas lesões, a principal delas, causada na altura da mandíbula é notória pela violência envolvida (Fig.3.7, A). Um plano foi adicionado, de modo a compatibilizar-se com a linha de ação do objeto cortante em um espaço tridimensional. Pela documentação disponível acerca da Batalha



Figura3.6: Aproximação facial forense com elementos subjetivos e especulativos, como a coloração da pele, dos olhos e forma e coloração da barba, da sobrancelha e dos cabelos.

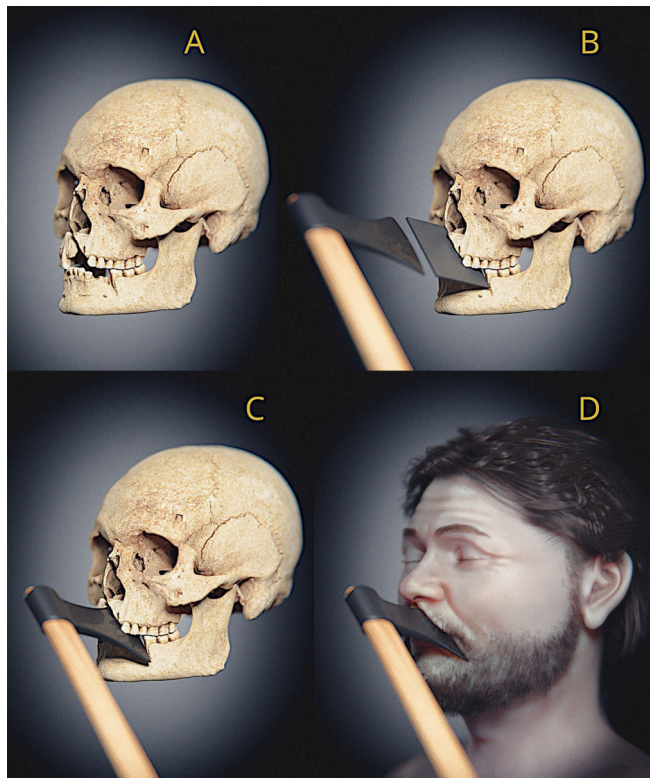


Figura3.7: Etapas da composição da lesão.

de Gotland, a arma mais compatível com tal lesão é um machado, de modo que o mesmo foi modelado segundo as dimensões apresentadas pelo plano de corte (Fig.3.7, B). Tal modelo foi deslocado à posição final do corte (Fig.3.7, C) e a face ajustada, de modo conformar a lâmina em sua posição final (Fig.3.7, D).



Figura3.8: Posicionamento do machado no crânio, com o tecido mole e sem o machado para ilustrar a região atingida.

Tal ajuste consistiu na escultura de uma corte compreendendo desde a região da asa nasal direita, até pouco mais de um centímetro abaixo do *cheillion* esquerdo, resultando em um conjunto de imagens impactantes, ilustrando de modo claro a violência empregada no momento do corte, corroborando com as palavras da antropóloga Katrin Friberg, *quando descreveu* o massacre que foi a Batalha de Gotland, de como tal evento ao mesmo tempo que causa horror ao observador, também o cativa, provocando empatia pelas vítimas.

3.6 Conclusão

A aproximação facial forense se mostrou uma poderosa ferramenta para a geração de material ilustrativo para a apresentação de outros elementos que não apenas o rosto do indivíduo, mas também, no caso específico deste trabalho, de violência sofrida no momento do óbito, corroborando com outros estudos como Gaytán et al. (2009) [C16] e Fischer (2018).

3.7 Agradecimentos

Ao Museu de História de Estocolmo (Historiska), por compartilhar o modelo digital do crânio de modo interativo e disponibilizado para download no perfil da instituição no Skechfab. Ao Dr. Richard Gravalos por ceder a tomografia do doador virtual, utilizada na deformação anatômica.

A Aproximação Facial de um Crânio com Sinais de Sífilis Terciária Encontrado no Monastério de Skriðuklaustur (Islândia)

The Facial Approximation of a Skull with Signs of Tertiary Syphilis Found in Skriðuklaustur Monastery (Iceland)



Cicero Moraes

[u33uwHUA AAAAJ](#) [ORCID](#) Cicero-Moraes [ORCID](#) 0000-0002-9479-0028
3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT

Elena Varotto

[u0YAcYsAAAAJ](#) [ORCID](#) Elena-Varotto [ORCID](#) 0000-0001-6637-9402
Antropóloga e Paleopatologista, Colégio de Humanidades, Arte e Ciências Sociais, Universidade de Flinders, Adelaide-SA, Austrália

Francesco Maria Galassi

[JfrUq3wAAAAJ](#) [ORCID](#) Francesco_Galassi3 [ORCID](#) 0000-0001-8902-3142
Antropólogo e Paleopatologista, Colégio de Humanidades, Arte e Ciências Sociais, Universidade de Flinders, Adelaide-SA, Austrália

Data da publicação: 24 de novembro de 2022

ISSN: 2764-9466 (Vol. 3, nº 2, 2022)

DOI: 10.6084/m9.figshare.21610725

4.1 Resumo

A sífilis é uma doença infecto-contagiosa, transmitida pela bactéria *Treponema pallidum*, causou grandes problemas para o velho continente, após o descobrimento europeu das Américas, em 1492 e a sua exportação para a Europa, ainda que doenças treponêmicas acompanhem a história humana desde o Pleistoceno Médio. Sem um tratamento eficaz até o século XX, teve uma grande queda de infecções após o final da Segunda Guerra Mundial, graças principalmente à penicilina, mas recrudescceu na virada do século XXI, passando a representar um significativo risco de saúde pública, com mais de 7 milhões de infectados no mundo em 2022. O presente trabalho apresenta a aproximação facial de um indivíduo do sexo feminino, portador de sífilis terciária, com lesões que chegaram até os ossos, causando uma destruição importante na superfície do tecido mole. O objetivo é abordar a história da doença e os potenciais males causados pelo seu não tratamento.

4.2 Abstract

*Syphilis is an infectious and contagious disease, transmitted by the bacterium *Treponema pallidum*, which caused major problems for the old continent after the European discovery of the Americas in 1492 and its export to Europe, although treponemal diseases accompany human history since the Middle Pleistocene. Without an effective treatment until the 20th century, there was a large drop in infections after the end of the Second World War, thanks mainly to penicillin, but it increased at the turn of the 21st century, starting to represent a significant public health risk, with more than 7 million infected in the world in 2022. The present work presents the facial approximation of a female individual, with tertiary syphilis, with lesions that reached the bones, representing an important destruction on the surface of the soft tissue. The objective is to address the history of the disease and the potential harm caused by not treating.*

A full translated online version of this article can be accessed at this link: <https://bit.ly/3ENQyui>

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

4.3 Introdução

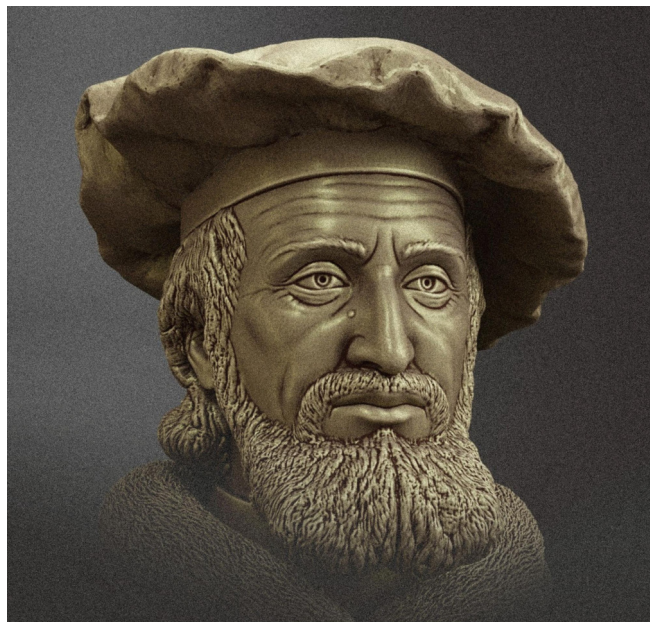


Figura4.1: Busto de Girolamo Fracastoro, esculpido digitalmente a partir de imagens históricas atribuídas a ele. O trabalho foi efetuado sob encomenda para posterior impressão 3D e apresentação na entrada da mostra Sífilis: História, Ciência, Arte (<http://exposifilis.aids.gov.br/>), realizada no ano de 2021 na cidade do Rio de Janeiro. Créditos: Cicero Moraes/Mauro Leal Passos/Thiago Petra.

4.3.1 Uma Breve História da Sífilis

Causada pela bactéria *Treponema pallidum* [D1], a sífilis, como popularmente é conhecida, recebeu esse nome pelo médico, escritor, humanista e astrólogo **Girolamo Fracastoro** (1478-1553). Tal obra foi nomeada originalmente de “*Syphilis sive morbus gallicus*” (sífilis ou o mal francês), escrito em agosto de 1530 [D2]. A origem da doença é palco de grande debate, pois ainda que existam vastas evidências da presença da bactéria em civilizações pré-colombianas [D27] e do espalhamento do mal pela Europa após o descobrimento europeu do continente americano, por Cristóvão Colombo em 1492, o que indica uma ligação entre os eventos, há também casos documentados da doença em ossos de indivíduos britânicos do séc. XIV e até de um *Homo erectus* pertencente ao Pleistoceno Médio (1.5 milhões de anos AP) com indícios de um mal causado por *Treponema* já naquele período [D3]. Além do debate histórico, desde o início da propagação no continente europeu (o poema de Fracastoro é um exemplo), a doença recebeu nomes diferentes, dependendo do local do infectado: os alemães e o ingleses a chamavam de “variola francesa”, os russos de “doença polonesa”, os poloneses de “doença alemã”, os franceses de “doença napolitana” e os portugueses e dinamarqueses a chamavam de “doença espanhola/castelhana” [D1] [D2] [D3]. Com o passar dos séculos a sífilis causou grande sofrimento, não apenas

físico, mas social aos indivíduos que eram infectados. O agente causador foi descoberto apenas no ano de 1905 por Schaudinn e Hofmann, que inicialmente nomearam-no de *Spirochaeta pallida* e apenas posteriormente mudaram o nome para *Treponema pallidum* [D1] [D3]. Já o tratamento da doença evoluiu de plantas trazidas do continente americano (potencial origem da doença) como o guaiaco (séc. XIV e XV), passando pelo mercúrio no séc. XVI (uma noite com Vênus e a vida inteira com Mercúrio [D4]), os sais de bismuto (1884), a arsênica ou Salvarsan (1908) até a eficaz Penicilina, a partir de 1940-1943 e utilizada até hoje para o tratamento da sífilis [D2] [D3].

4.3.2 O Desenvolvimento da Doença

A sífilis é uma doença infecto-contagiosa, transmitida pela via sexual (sífilis adquirida) e verticalmente durante a gestação (sífilis congênita). Há ainda outras formas de transmissão mais raras, através de objetos contaminados ou por transfusão sanguínea. A **sífilis primária** surge na região genital e caracteriza-se pelo desenvolvimento de um cancro duro indolor, por volta de três semanas após a infecção. A **sífilis secundária** se desenvolve após um período de latência que pode durar em média sete semanas, quando entra novamente em atividade afetando a pele e os órgãos internos. As lesões da pele, chamadas de sífilides, se desenvolvem de forma simétrica, através de máculas de cor eritematosa (roséola sífilítica) e duração efêmera. Nesta etapa podem ocorrer a manifestação de manchas nas palmas das mãos e dos pés, algo bem característico da doença, contribuindo assim para o seu diagnóstico. As erupções da região facial e da mucosa possuem grande capacidade de contágio. Na **sífilis terciária** os pacientes desenvolvem lesões localizadas na pele, mucosas, no sistema cardiovascular e no sistema nervoso. Uma característica dessa etapa é o surgimento de granulomas destrutivos (ou gomas), além do mais, os músculos, o fígado e os ossos podem ser acometidos [D5].

4.3.3 A sífilis nos Dias Atuais e a Motivação do Projeto

Por 350 anos, desde o seu primeiro surto na Europa (pós-Colombo, 1492) até o uso da penicilina em 1940-1943, a sífilis não contava com um tratamento tão eficaz e longo. Em ambientes de alta renda houve uma queda brusca de incidência de sífilis no período pré-II Segunda Guerra mundial, depois uma significativa retomada de casos, até que em 1990 uma nova e importante queda pareceu se estabelecer, mas infelizmente, na virada do séc. XX para o XXI os números apresentaram recrudescimento [D6]. Tal situação também se evidenciou em países de baixa renda, como no Brasil, onde ocorreu um significativo au-

mento de sífilis congênita, com um incremento de 126% de nascidos infectados, quando comparado o período 2014-2015 em relação ao ano de 2008 [D7]. Segundo a Organização Mundial de Saúde, há no mundo mais de 7 milhões de pessoas infectadas pela doença [D8], um número significativamente alto para um mal que a opinião pública julgava praticamente superado.

Em face a essa lamentável realidade, ferramentas educativas acerca da doença e a sua evolução no corpo humano, podem ser ferramentas valiosas para uma política de prevenção tão necessária para a redução dos casos. O presente artigo busca apresentar um caso extremo de evolução da sífilis e através da apresentação da face de uma vítima de quadro terciário, colocar o debate à mesa, ao passo que incentiva a informação e os cuidados acerca da doença.

4.4 Materiais e Métodos

4.4.1 Aquisição e Análise do Crânio

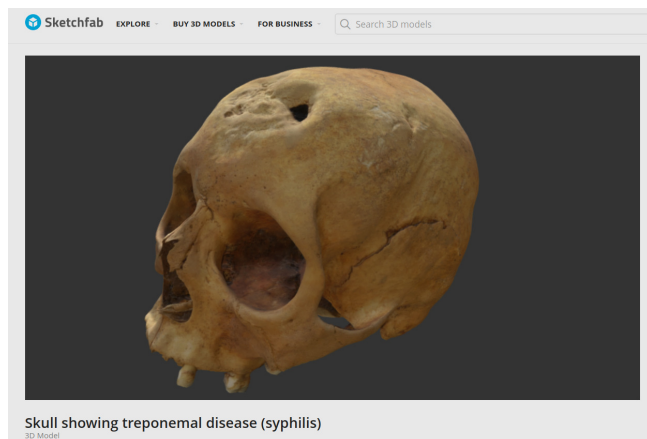


Figura4.2: Captura de tela do modelo interativo presente portal Sketchfab, com download do arquivo disponível sob licença Creative Commons (CC0 Public Domai).

A empresa Northern Heritage Network (<https://northernheritage.org/>) disponibilizou em seu perfil no portal Sketchfab, um modelo interativo nomeado de **Skull showing treponemal disease (syphilis)** disponível no link <https://skfb.ly/o7DV6>. Segundo a descrição do modelo trata-se do crânio de um indivíduo do sexo feminino, na faixa dos 25-30 anos no momento do óbito, exibindo lesões destrutivas causadas por doença treponêmica (provavelmente sífilis), escavado no cemitério do mosteiro Skriðuklaustur durante o período de 2002 a 2012, sepultura nº 29 e sem caixão. Atualmente a peça anatômica faz parte do acervo do Museu Nacional da Islândia (<https://www.thjodminjasafn.is/english/>).

O arquivo 3D do crânio, que está sob uma licença Creative Commons (CC0 Public Domai) foi baixado e os parâmetros antropológicos analisados novamente.

Os marcadores do crânio se enquadraram nos valores mais voltados ao sexo feminino, segundo Walker 2008 [D9] e ainda que a mandíbula estivesse ausente, não representou grande problema, pois as estruturas disponíveis se mostraram suficientes para tal abordagem [D10]. Em relação à faixa etária, o fechamento das suturas indica uma idade mais avançada do que 25-30 anos, posicionando o indivíduo em um intervalo maior, que pode compreender a faixa de 30 a 35 anos [D11] [D12].

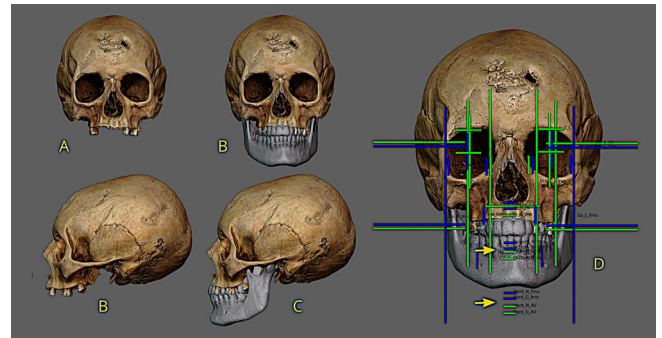


Figura4.3: Complementação e projeções estatísticas efetuadas no crânio a ser aproximado.

Durante a análise da estrutura, observou-se o deslocamento dos ossos temporais e do osso nasal. Foi efetuada uma correção estrutural apenas no osso nasal, uma vez que os demais não influenciaram na aproximação facial, que será discutida mais adiante. Também foi necessário reconstruir a mandíbula e para isso, extraiu-se a medida da distância entre os pontos orbital frontomalar (fmo-fmo) e buscou-se alguns pontos de referência no acervo digital disponível. A distância fmo-fmo (apenas no eixo X) resultante foi de 87,17 mm, dois desvios padrão abaixo da média geral (n=102) do estudo disponível [D13], cujo valor era $96,6 \pm 4,6$. Dentre o acervo foram encontrados 3 crânios com medida compatível, todos do sexo feminino e após alguns ajustes nos eixos Y e Z, uma vez que no eixo X a estrutura era compatível, uma mandíbula média foi posicionada completando a estrutura do crânio (Sifi_3, B e C). Com a estrutura projetada, foram posicionados algumas pontos anatômicos frontais nos ossos e uma série de projeções de médias e proporções do tecido mole e ossos, baseadas no estudo de Moraes e Suharschi (2022) [D13], foram feitas e revelaram uma discrepância na parte inferior do crânio (Sifi_3, D), o que reflete a distância atípica dos pontos fmo-fmo supra-citada. Mesmo assim, a projeção a partir do ponto nasion (N), proporcional à distância fmo-fmo, tanto dos incisivos quanto do mento, apesar de ficarem um pouco abaixo do esperado (nos dois casos, a primeira linha azul logo abaixo das estruturas), ainda se encontraram dentro do desvio padrão.

Mais duas medidas foram efetuadas, sendo elas as distâncias entre a glabella e o násio (g-n) e entre o rhinion até a borda lateral mais extrema das órbitas (rhi-ec), ambas apenas no eixo Y. Com os dados das

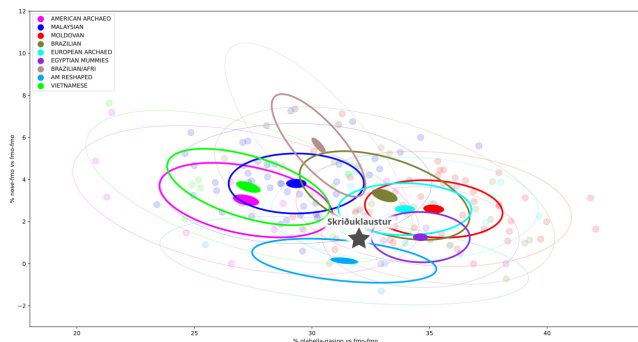


Figura4.4: Posicionamento do crânio nos clusters populacionais.

três medidas foi possível posicionar o crânio no cluster populacional [D14] e o resultado (Sifi_3) mostrou afinidade com crânios americanos remodelados (AM RESHAPED), crânios de múmias egípcias do período ptolomaico (EGYPTIAN MUMMIES) e crânios europeus advindos de escavações arqueológicas (EUROPEAN ARCHAEO).

4.4.2 A Aproximação Facial Forense

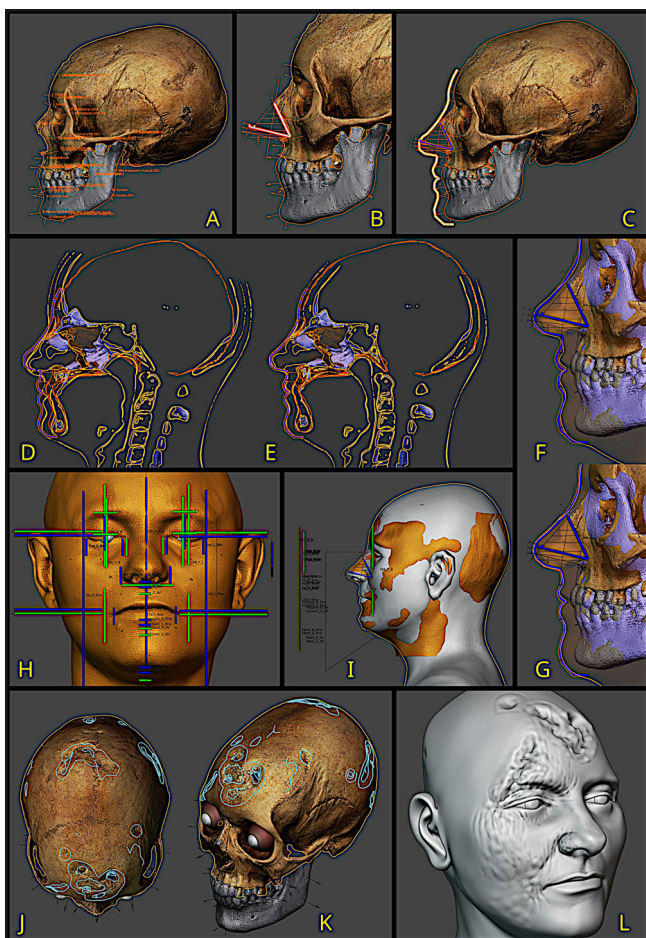


Figura4.5: Etapas da aproximação facial forense.

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [D15] é uma técnica auxiliar de reconhecimento, utilizada quando há escassa informa-

ção para a identificação de um indivíduo [D16]. Nota-se que a técnica não se trata de identificação, como aquelas oferecidas por DNA ou compatibilidade de arcadas dentárias, mas de reconhecimento que pode levar à posterior identificação.

O presente trabalho utiliza o mesmo passo-a-passo abordado em Abdullah et al. (2022) [D17] e Moraes et al. (2022) [D18], iniciado com a complementação das regiões faltantes do crânio, seguindo com a projeção do perfil e estruturas da face a partir de dados estatísticos, gerando o volume do rosto com o auxílio da técnica de deformação anatômica e o acabamento com o detalhamento da face, configuração dos cabelos e geração das imagens finais.

O primeiro para a aproximação é posicionar os marcadores de espessura de tecido mole [D19], que informam os limites da pele ao redor do crânio. Esses marcadores são baseados em mensurações efetuadas por ultrassom em indivíduos vivos de ancestralidade europeia (Sifi_5, A). Como os marcadores não contemplam a projeção nasal, a mesma é traçada (Sifi_5, B) a partir de proporções que cruzam os dados do osso do crânio atual e uma série de estudos estatísticos de exames tomográficos [D20], viabilizando assim o desenho da linha do perfil da face (Sifi_5, C). Uma tomografia de uma doadora virtual foi utilizada para reconstruir o tecido mole e o crânio, de modo a deformar a malha composta sobre o crânio a ser reconstruindo, resultando em uma malha compatível com o que seria o rosto, ao passo que respeita uma estrutura anatômica real (Sifi_5, D e E). Justamente por se tratar de uma estrutura anatômica de um indivíduo vivo, a malha resultante da deformação retroalimenta a projeção final, posto que, permite pequenas correções no perfil traçado a partir dos marcadores, fazendo com que o rosto fique mais harmonioso e coerente com uma face real (Sifi_5, F e G). As projeções estatísticas do tecido mole foram confrontadas com a deformação anatômica e todas foram totalmente compatíveis, com exceção do nariz que teve que sofrer uma pequena correção no eixo X, mas mesmo a dimensão anterior estava dentro do desvio padrão (Sifi_5, H). Seguindo o passo-a-passo descrito em Abdullah et al. (2022) [D17] e Moraes et al. (2022) [D18], uma malha proveniente de outra aproximação facial foi deformada para adequar à estrutura trabalhada atualmente (Sifi_5, I). Finalizada a face básica, foram mapeadas as lesões ósseas, causadas pela sífilis terciária (Sifi_5, J e K), de modo a projetá-las e oferecer referências para a escultura das possíveis lesões no tecido mole (Sifi_5, L). Para a escultura das lesões externas, na superfície da pele, os autores recorreram às publicações de Dunham (1925) [D26], Adson (1920) [D24], Pernet (1918) [D21] e Gaspari et al. (2022) [D22]. Também foram estudado o comportamento interno, nos artigos que fornecem cortes tomográficos de lesões semelhantes, como Rosa Júnior (2016) [D23], Seong et al. (2018) [D25], Petroulia et al. (2020) [D28] e Gurland et al. 2001 [D29].

4.5 Resultados e Discussão



Figura4.6: Aproximação facial forense.

Por se tratar de um trabalho de cunho didático e não forense, os autores dispensaram a criação de uma imagem mais objetiva cientificamente, com os olhos fechados, sem cabelos e em escala de cinza, a qual refletiria elementos com um grau certeza maior. Em seu lugar, optaram por gerar uma imagem com elementos especulativos, como a coloração e forma dos olhos, cabelos loiros e pele texturizada. Tais elementos não desabonam a abordagem criteriosa efetuada com o ferramental estatístico e anatômico, mas imprimem mais valor à peça didática, pois trata-se de um exemplo de desenvolvimento da doença em um indivíduo que viveu e serve aos leitores e eventuais interessados com uma visão de como a sífilis pode se tornar algo gravíssimo caso não seja devidamente tratada.

4.6 Conclusão

A aproximação facial forense se mostrou uma poderosa ferramenta no contexto didático, ao refletir em uma face reconstruída, os aspectos mais brutais de uma doença treponêmica como a sífilis. Tal abordagem pode ser muito útil para a criação de material preventivo e de apoio a políticas públicas de saúde.

4.7 Agradecimentos

Ao Dr. Ilie Suharschi por ceder o arquivo da doadora virtual, utilizada para a aproximação facial apresentada aqui. Ao Museu Nacional da Islândia e a empresa Northern Heritage Network por cederem o crânio de modo aberto e acessível a todos os interessados.

A Aproximação Facial Forense do Crânio de Jericó (BM 127414), ≈9000 AP

The Forensic Facial Approximation of the Skull of Jericho (BM 127414), ≈9000 BP



Cicero Moraes

 u33uwHUA AAAJ  Cicero-Moraes  0000-0002-9479-0028

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

Thiago Beaini

 Y5ko_LU AAAAJ  Thiago-Beaini  0000-0003-0034-624X

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

Moacir Elias Santos

 Moacir-Elias-Santos-2167626253

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

Data da publicação: 22 de dezembro de 2022

ISSN: 2764-9466 (Vol. 3, nº 2, 2022)

DOI: 10.6084/m9.figshare.21772343

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

5.1 Resumo

O presente artigo ilustra a aproximação da face do crânio de Jericó (BM 127414), descoberto pela arqueóloga Kathleen M. Kenyon em 1953 e atualmente sob os cuidados do Museu Britânico. Um amplo trabalho de digitalização externa e interna do modelo foi efetuado a partir de 2016 e os resultados, disponibilizados com acesso online e interativo, permitiram a análise e reconstrução 3D dos modelos, de modo a permitir não apenas aproximar sua aparência, mas também analisar detalhes anatômicos e antropométricos como o volume do endocrânio, propondo novas abordagens e enriquecendo o debate científico envolvendo a peça anatômica e a rica história atrelada a ela, sem deixar de lado o devido respeito à dignidade da vida humana.

5.2 Abstract

This article illustrates the facial approximation of the Jericho skull (BM 127414), discovered by archaeologist Kathleen M. Kenyon in 1953 and currently in the care of the British Museum. An extensive work of external and internal digitalization of the model was carried out from 2016 and the results, available with online and interactive access, allowed the 3D analysis and reconstruction of the models, in order to allow not only to approximate their appearance, but also to analyze details anatomical and anthropometric data such as the volume of the endocranium, proposing new approaches and enriching the scientific debate involving the anatomical piece and the rich history linked to it, without neglecting due respect for the dignity of human life.

A full translated online version of this article can be accessed at this link: <https://bit.ly/3WGDcdZ>

5.3 Introdução

5.3.1 Os Crânios de Jericó

Entre os anos de 1952 e 1958 a arqueóloga inglesa Kathleen M. Kenyon (1906-1978) procedeu com uma série de escavações na cidade de Jericó, localizada no atual território da Cisjordânia, em uma região reivindicada pela Palestina. Mais precisamente em 1953, quando os sítios ainda faziam parte do Reino Hachemita da Jordânia, a notória arqueóloga descobriu sete

cabeças, esculpidas em terra e gesso, tendo no seu interior crânios humanos. O gesso externo cobria parte significativa das peças, deixando o topo dos crânios descobertos, com exceção de uma cabeça recoberta e pigmentada com faixas de tinta marrom escura. Em seis das setes peças, foram utilizadas conchas partidas ao meio para representar os olhos e em apenas uma delas tal representação se fazia utilizando búzios. Não havia nenhum traço de tecidos moles, o que indica que foram perdidos antes do preenchimento das peças, ou removidos intencionalmente para o procedimento. Também se observa que apenas uma das cabeças contava com a mandíbula. Além disso, foi possível atestar traços delicados da estrutura facial esculpidos no gesso, como as orelhas, o nariz e a boca [E1].

Não se têm evidências concretas sobre qual era o motivo da confecção das peças, inicialmente se especulou acerca da veneração de ancestrais dotados de grande honra ou como troféus para potenciais conquistadores do local [E1]. Após o acesso de técnicas não destrutivas para a análise estrutural, como o raio-X e a tomografia computadorizada, descobriu-se que alguns dos crânios haviam sofrido remodelação (deformação) artificial e que a seleção daqueles que seriam preenchidos, poderiam ter como elemento principal tal característica estrutural [E2]. Não se sabe ao certo a natureza e o propósito desse procedimento, tampouco a respeito da aparência que teriam esses indivíduos alterados.

O objetivo deste trabalho é ilustrar, por meio de análise antropológica e por uma aproximação da face, características do crânio de Jericó (BM 127414), contribuindo com o debate científico dessa descoberta da arqueóloga Kathleen M. Kenyon em 1953.

5.3.2 O crânio BM 127414

Atualmente pertencente ao acervo do Museu Britânico (www.britishmuseum.org/), o crânio de Jericó (BM 127414) foi depositado em um esconderijo durante o período Neolítico (c. 10100–9250 calibrado 14C anos AP) [E2]. A idade da peça geralmente é definida em uma faixa de 8500 a 9300 anos AP [E3] e trata-se de um dos exemplares sem a cobertura de gesso na parte superior do crânio, com conchas partidas ao meio para darem o efeito dos olhos abertos, sem a mandíbula, com a estrutura inferior em gesso trabalhada de modo a permitir a colocação da peça na posição vertical. Na parte externa ainda pode-se ver uma pequena orelha modelada, o mesmo se aplica aos lábios, também modelados cuidadosamente. Há uma significativa rachadura na parte superior, provocada pela pressão do solo sob o qual foi depositado. Outra lesão que chama a atenção é a localizada na porção superior esquerda da glabella, cuja ausência de cicatrização pode indicar que esta foi efetuada próximo da morte do indivíduo. Há um orifício

na parte de trás da peça, onde é possível ver as marcas das pontas dos dedos de quem preencheu o interior do crânio com terra, a abertura possivelmente foi feita com essa finalidade, portanto, aparenta ser uma lesão *post-mortem*. Analisando o crânio do indivíduo, ciente da margem de erro da técnica, percebe-se que o fechamento das suturas indica um indivíduo de meia-idade [E4].

Dica: Um modelo tridimensional interativo da parte externa do crânio pode ser visualizado no seguinte link: <https://skfb.ly/RGHD>.

Ainda que algumas características importantes pudessem ser visualizadas diretamente na parte externa do modelo e outras internamente, com auxílio de exames de imagem radiológica, foi apenas com exames de (micro)tomografia computadorizada que mais dados importantes puderam ser observados. Dentre tais dados nota-se aqueles relacionados ao sexo e a remodelagem (deformação) artificial do crânio. Por conta dessa alteração, originalmente o crânio havia sido classificado como feminino, mas observações posteriores, complementadas pelos dados da tomografia indicam marcadores de sexualidade ambíguos, com preponderância de aspectos masculinos, traduzidos pelo processo mastóide bastante desenvolvido, margem arredondada e teto raso da órbita ocular, rebordo orbitário espesso, ângulo nasofrontal mais fechado, palato profundo e ossos grandes, indicando um indivíduo robusto [E2]. Sobre a forma do crânio, segundo estudo de Fletcher et. al (2014), não parece ter havido nenhuma deformação significativa da peça em razão da compressão do solo, mas o formato geral indica que houve sim um remodelamento artificial efetuado desde os primeiros anos de vida [E2]. A análise dos arcos dentais permite observar a presença de dois abscessos, além de cáries, lesões e desgastes, indicam que o indivíduo sofreu significativamente por conta das más condições dentárias [E2].

5.3.3 Modelos Digitais Interativos, Impressão 3D e Aproximação Facial

No ano de 2016 uma série fotos foi efetuada tendo como base o crânio de Jericó (BM 127414) nas dependências do Museu Britânico, passado por um processo de digitalização 3D conhecido por fotogrametria e resultando em uma malha tridimensional, disponibilizada de modo online e interativo no perfil do Museu Britânico no portal *Sketchfab* (<https://skfb.ly/RGHD>). Em parceria com a empresa *ThinkSee3D* (www.thinksee3d.com/) a porção óssea foi segmentada a partir da tomografia computadorizada, resultando também em um modelo interativo disponível de modo online (<https://skfb.ly/XtoP>), que poste-

riormente foi impresso em 3D e serviu como base para o trabalho de aproximação facial manual, efetuado pela empresa *RN-DS Partnership* (www.rn-ds-partnership.com), e apresentado no ano de 2017 [E5] [E6] [E7].

5.4 Materiais e Métodos

5.4.1 Digitalização 3D do Crânio

O presente trabalho se baseou nos dados tridimensionais fornecidos por três fontes relacionadas ao crânio de Jericó (BM 127414), o modelo interativo da estrutura externa disponível no portal Sketchfab [E4], um vídeo em média resolução disponível em matéria veiculada no site do Daily Mail [E8] e um modelo interativo reconstruído a partir da tomografia computadorizada também disponível no portal Sketchfab [E9].

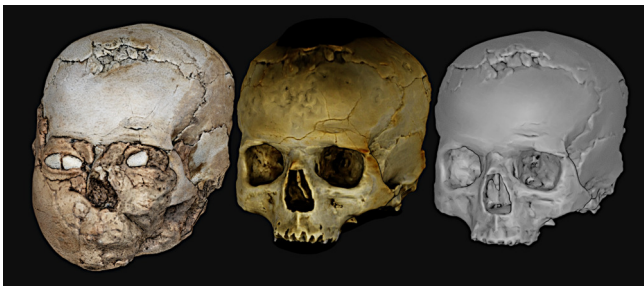


Figura 5.1: Modelos 3D utilizados como referência para a aproximação facial forense.

Com exceção do primeiro material, cujo modelo 3D estava disponível para download (Fig. 5.1, à esquerda), os outros dois foram capturados em diversos pontos de vista de modo a simular uma série de fotografias. No caso do vídeo, a cada leve rotação uma imagem da tela era capturada e no caso do modelo interativo, o crânio foi orbitado pela câmera padrão em pontos de vistas diferentes e uma captura de tela era acionada a cada movimentação da câmera. As duas sequências de imagens foram inseridas no software *Metashape* (<http://www.agisoft.com>), resultando em dois modelos compatíveis com a estrutura óssea, reconstruída pela tomografia computadorizada (Fig. 5.1, ao centro e à direita). Uma descrição detalhada acerca das metodologias utilizadas para as digitalizações pode ser encontrada no artigo Modelo 3D vs Fotogrametria por Imagens e Vídeo [E10]. Para colocar as malhas 3D na escala, foram utilizados os dados disponíveis na descrição dos dois modelos interativos presentes no portal *Sketchfab*.

5.4.2 Aproximação Facial Forense

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [E11] é uma técnica auxiliar de reconhecimento, utilizada quando há escassa informação para a identificação de um indivíduo [E12]. Nota-se que a técnica não se trata de identificação, como aquelas oferecidas por DNA ou análise comparativa de arcos dentários, mas sim de reconhecimento que pode levar à posterior identificação.

O presente trabalho foi executado com o add-on *ForensicOnBlender* (*OrtogOnBlender*) [E16] [E17], utilizando majoritariamente os passos abordados em Abdullah et al. (2022) [E13], Moraes et al. (2022) [E14] e Moraes et al. (2023) [E15].

Inicialmente, foi feita a complementação das regiões faltantes do crânio, seguindo com a projeção do perfil e estruturas da face a partir de dados estatísticos, gerando o volume do rosto com o auxílio da técnica de deformação/adaptação anatômica e o acabamento com o detalhamento da face, configuração dos cabelos e geração das imagens finais.

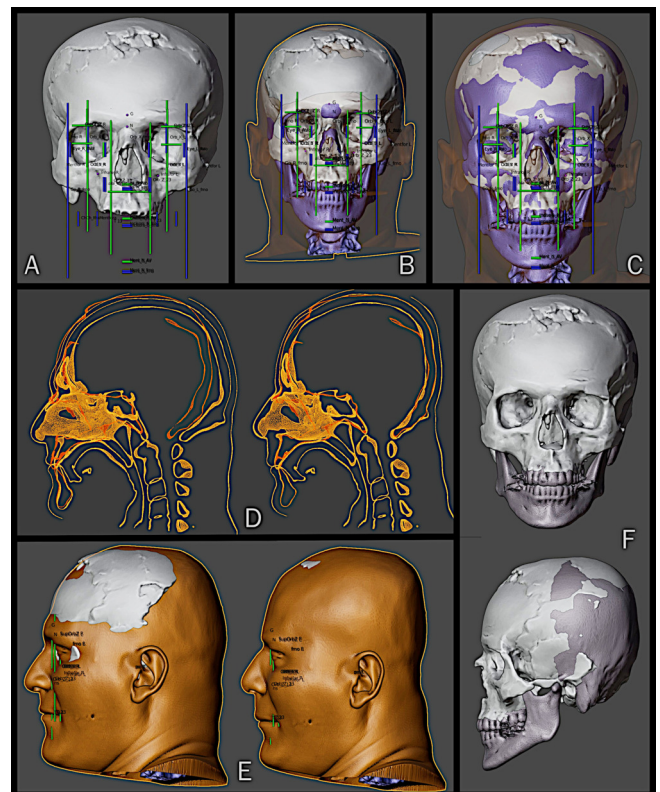


Figura 5.2: Etapas da reconstrução da mandíbula e da face por deformação/adaptação anatômica.

Inicialmente o crânio foi alinhado ao plano horizontal de Frankfurt. Alguns pontos anatômicos foram posicionados de modo a projetar estruturas do crânio e do tecido mole (Fig. 5.2, A). Tais projeções são baseadas em uma série de estudos de mensuração de estruturas reconstruídas a partir de tomografias computadorizadas de indivíduos adultos vivos [E18]. Diferente dos artigos supracitados, os autores optaram

por utilizar os dados do doador virtual para reconstruir a mandíbula faltante ao passo que aproximasse a anatomia do crânio de Jericó. Para isso, os modelos de tecidos duros e tecidos moles de doador virtual com as malhas do crânio completo e da face (tecido mole) foram importados e alinhados ao crânio a ser aproximado (Fig.5.2, B). Em seguida, a malha do crânio do doador virtual foi deformada e adaptada à anatomia de Jericó, de modo a se equiparar estruturalmente ao existente e a projeção dos limites da mandíbula (Fig.5.2, C). Ao se observar as figuras, percebe-se que as projeções verdes dos incisivos e do mento, que representa a média estatística, estão menores e menos compatíveis do que as projeções a partir da distância entre os pontos orbitais frontomalares (fmo-fmo) em azul, logo, as medidas utilizadas foram as últimas duas, baseadas na proporção e não na média. Ao se ajustar a malha óssea, a malha do tecido mole seguiu tais adaptações proporcionalmente, resultando em um crânio e um rosto compatíveis com a anatomia do crânio de Jericó (Fig.5.2, D e E). Observando lateralmente, é possível atestar a diferença na profundidade do crânio do doador e do indivíduo a ser reconstruído, por conta da remodelagem craniana abordada anteriormente. Os ajustes permitiram a complementação do crânio de Jericó com uma mandíbula, bem como as demais regiões faltantes representadas pelo processo mastóide esquerdo e o grande círculo extraído também daquele lado (Fig.5.2, F).

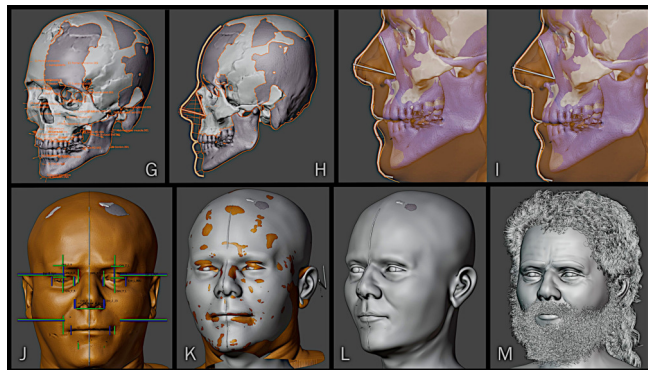


Figura5.3: Etapas da aproximação facial forense.

Também foi corrigida a região irregular logo acima da órbita esquerda, o que permitiu a distribuição dos marcadores de espessura de tecido mole (Fig.5.3, G), mensurados pela técnica de ultrassom em indivíduos vivos [E19]. O nariz foi projetado a partir de dados fornecidos pela estrutura do crânio a ser aproximado e de estudo efetuados em tomografias computadorizadas de indivíduos adultos vivos [E20] [E18], permitindo o traçado do perfil da face, amparado também pelos marcadores de espessura de tecido mole (Fig.5.3, H). Com os dados cruzados das projeções estatísticas e da deformação anatômica, foram feitos pequenos ajustes de modo a interpolar o perfil geral da face (Fig.5.3, I). Ao se observar a face resultante, atesta-se que a dimensão horizontal dos olhos, o centro das órbitas, a base do nariz, as asas nasais e as ore-

lhas adequaram-se perfeitamente às projeções baseadas nos dados estatísticos e os lábios estão ligeiramente maiores do que a projeção, mas ainda dentro do desvio padrão esperado (Fig.5.3, J). Uma malha de outra aproximação facial é reaproveitada e deformada/adaptada sobre o doador virtual (Fig.5.3, K), resultando no busto base (Fig.5.3, L). Como a aproximação já conta com dados de textura (pigmentação), pelos, cabelos e afins, basta ajustar os dados de modo a compatibilizá-los com a face de Jericó (Fig.5.3, M).

5.5 Resultados e Discussão

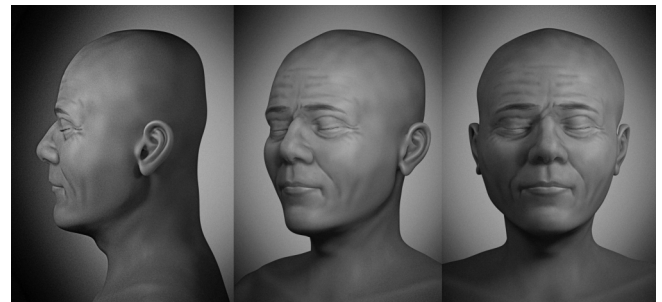


Figura5.4: Aproximação facial objetiva.

Para apresentar o trabalho da aproximação facial os autores optaram por duas abordagens. Uma face com elementos mais objetivos em escala de cinza, contendo apenas a face, marcas de expressão para evidenciar a idade e a ação do clima sobre a pele, com sobrancelhas e cílios, mas sem cabelos e barba e com os olhos fechados (Fig.5.4). Tal imagem é bastante didática no contexto de apresentar a deformação artificial do crânio, tanto pelo perfil, onde é mais notória, quanto pela observação frontal.

Também foi gerada uma renderização (imagem final) com elementos mais especulativos, como cabelos, barba, pigmentação da pele e com os olhos abertos (Fig.5.5). Não foi o objetivo que tal imagem representasse o indivíduo em vida com total acurácia, mas apenas uma base de acordo com as características climáticas da região. Estes elementos de identificação são mais significativos quando utilizados para a apresentação ao grande público, que em sua maioria não é especialista em ciências forenses.

Além da aproximação facial, foi possível segmentar o endocrânio do indivíduo, baseado nos parâmetros internos da deformação anatômica, posto que a anatomia óssea do doador virtual estava completa na região (Fig.5.6). O volume final foi de 1513 ml (± 157 , por conta da margem de erro do redimensionamento baseado em terceiros), o que o posiciona acima de um desvio padrão da média volumétrica dos indivíduos modernos que é de 1328 (± 164 ml) [E21].

O resultado foi inesperado, posto que o volume se destacou entre outros levantamentos efetuados em crânios aproximados de projetos passados (n=16)



Figura5.5: Aproximação facial com elementos especulativos/subjetivos.

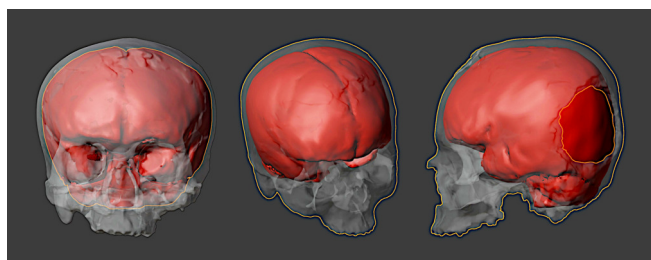


Figura5.6: Segmentação do endocrânio.

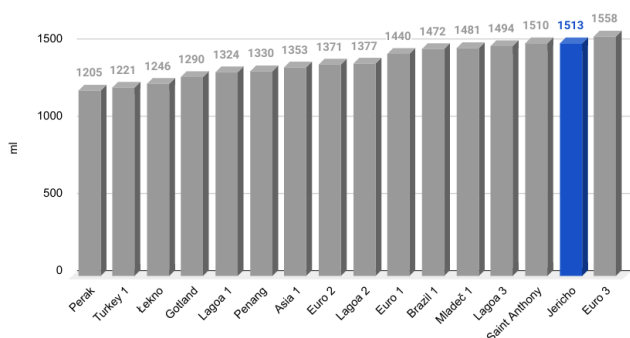


Figura5.7: Volumes do endocrânio em diferentes crânios arqueológicos.

(Fig.5.7). Curiosamente os resultados gerais se assemelham aos do supracitado Neubauer et al. (2018) [E21], com uma média de 1387 ± 112 ml vs 1328 ± 164 ml. Ainda que haja um grande debate sobre o volume cerebral atrelado à inteligência, o estudo de Lee et al. (2019) [E22], efetuado com um elevado número de indivíduos e buscando evitar uma série de fatores de confusão, contém fortes indicativos de que tal premissa possa ser verdadeira. Uma elevada inteligência poderia ser um elemento que destacaria o portador do crânio de Jericó na sua sociedade, mas isso por hora é apenas uma especulação, que carece de mais dados, principalmente em relação ao volume dos endocrânios de outras cabeças encontrada pela Dra. Kenyon na década de 1950. Analisando mais profundamente, percebe-se que a largura total do crânio cefálico (151 mm) é mais de um centímetro maior que a média de indivíduos brasileiros adultos (141 mm) [E23] enquanto o comprimento (161 mm) é mais dois centímetros menor que a média (183,8mm). Considerando que tais resultados são muito superiores aos desvios padrões da amostra de referência. O presente trabalho foi exitoso na tarefa proposta de executar a aproximação facial de um indivíduo, utilizando apenas dados disponíveis na internet. Isso evidencia a importância de compartilhar informações de modo aberto e online, pois além de reforçar pesquisas já efetuadas, pode oferecer novos horizontes e ampliar as linhas de pesquisas, enriquecendo o panorama geral e dando mais luz ao longínquo passado.

5.6 Conclusão

A análise do crânio confirmou que há traços compatíveis com indivíduos do sexo masculino, e demonstrou que, apesar das deformações intencionais, o crânio mantém volume intracraniano dentro da média, no entanto exibe comprimento reduzido e largura aumentada por efeito de alterações causadas por pressão exercida durante as fases de crescimento desse indivíduo.

5.7 Agradecimentos

Ao Dr. Richard Gravalos por ceder a tomografia do doador virtual, utilizada na deformação/adaptação anatômica.

Referências Bibliográficas

- [A1] Wolpoff, M.H., Frayer, D.W., Jelínek, J. (2006). Aurignacian Female Crania and Teeth from the Mladeč Caves, Moravia, Czech Republic. In: Teschler-Nicola, M. (eds) *Early Modern Humans at the Moravian Gate*. Springer, Vienna. https://doi.org/10.1007/978-3-211-49294-9_10
- [A2] Wild, E., Teschler-Nicola, M., Kutschera, W. et al. Direct dating of Early Upper Palaeolithic human remains from Mladeč. *Nature* 435, 332–335 (2005). <https://doi.org/10.1038/nature03585>
- [A3] Teschler-Nicola, M. (2006). In Search of Prototypes – Historical Soft-tissue Reconstructions of Mladeč 1. In: Teschler-Nicola, M. (eds) *Early Modern Humans at the Moravian Gate*. Springer, Vienna. https://doi.org/10.1007/978-3-211-49294-9_2
- [A4] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. da . (2020). *OrtoGOnBlender - O que é e Aspectos Técnico*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12923729.v1>
- [A5] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. da . (2021). *Digitalização 3D de Faces a partir de Vídeos*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14075456.v1>
- [A6] Santos, M. E., Moraes, C., Bezzi, L., & Bezzi, A. (2021). *Digitalização 3D a partir de Vídeo de Drones Disponíveis na Internet*. [figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14115479.v1](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14115479.v1)
- [A7] Moraes, C., Kimura, R. N., Bezzi, L., & Bezzi, A. (2022). *Fotogrametria com Limpeza de Pontos, Alinhamento e Redimensionamento Automáticos no OrtoGOnBlender*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.19450283.v1>
- [A8] Teschler-Nicola, M. (2006) *Early Modern Humans at the Moravian Gate*. Springer, Vienna.
- [A9] 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). <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.20161013.v1>
- [A10] Pinto, R. R., Almeida, S. M. de ., Chaves, R. B. da N., Carvalho, O. A. de ., Machado, M. P. S., & Moraes, C. (2020). *Reconstrução Facial Forense de um Crânio Arqueológico com o ForensicOnBlender*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12943418.v1>
- [A11] Moraes, C., Gravalos, R., Machado, C. R., CHILVARQUER, I., Curi, J., & Beaini, T. L. (2022). *Investigação de Preditores Anatômicos para o Posicionamento dos Globos Oculares, Asas Nasais, Projeção dos Lábios e Outros a partir da Estrutura do Crânio*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.19686294.v1>
- [A12] Moraes, C., Abdullah, J. Y., & Abdullah, J. M. (2022). *Mensuração de Dados Faciais Ortográficos em Malaios e Comparação com Brasileiros*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20000720>
- [A13] Moraes, C., & Suharschi, I. (2022). *Mensuração de Dados Faciais Ortográficos em Moldavos e Comparação com Outras Populações*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.20089754.v1>
- [A14] Abdullah, J. Y., Saidin, M., Rajion, Z. A., Hadi, H., Mohamad, N., Moraes, C., & Abdullah, J. M. (2021). *Using 21st-Century Technologies to Determine the Cognitive Capabilities of a 11,000-Year-Old Perak Man Who Had Brachymesophalangia Type A2*. In *Malaysian Journal of Medical Sciences* (Vol. 28, Issue 1, pp. 1–8). Penerbit Universiti Sains Malaysia. <https://doi.org/10.21315/mjms2021.28.1.1>
- [A15] 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>
- [A16] Stephan, C. N. (2003). *Anthropological facial ‘reconstruction’ – recognizing the fallacies, ‘unembracing’ the errors, and realizing method limits*. In *Science & Justice* (Vol. 43, Issue 4, pp. 193–200). Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/s1355-0306\(03\)71776-6](https://doi.org/10.1016/s1355-0306(03)71776-6)
- [A17] Stephan, C. N., & Henneberg, M. (2003). *Predicting Mouth Width from Inter-Canine Width—A 75% Rule*. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 48, Issue 4, p. 2002418). ASTM International. <https://doi.org/10.1520/jfs2002418>
- [A18] Stephan, C. N., Huang, A. J. R., & Davidson, P. L. (2009). *Further Evidence on the Anatomical Placement of the Human Eyeball for Facial Approximation and Craniofacial Superimposition*. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 54, Issue 2, pp. 267–269). Wiley. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2008.00982.x>
- [A19] Stephan, C. N., Henneberg, M., & Sampson, W. (2003). *Predicting nose projection and pronasale position in facial approximation: A test of published methods and proposal of new guidelines*. In *American Journal of Physical Anthro-*

- pology (Vol. 122, Issue 3, pp. 240–250). Wiley. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10300>
- [A20] 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>
- [A21] 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>
- [A22] 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>
- [A23] Moraes, C., Sobral, D. S., Mamede, A., & Beaini, T. L. (2021). Sistema Complementar de Projeção Nasal em Reconstruções/Aproximações Faciais Forenses. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.17209379>
- [A24] Cicero Moraes, Dornelles, R., & Rosa, E. D. (2021). Sistema de Reconstrução de Tomografia Computadorizada Baseado no Slicer 3D e no Dicom-ToMesh. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.13513890>
- [A25] Zanatta, A., Bezzi, L., Carrara, N., Moraes, C., Thiene, G., & Zampieri, F. (2018). New technique in facial reconstruction: the case of Giovanni Battista Morgagni. In *Anthropologischer Anzeiger* (Vol. 75, Issue 2, pp. 131–140). Schweizerbart. <https://doi.org/10.1127/anthranz/2018/0818>
- [A26] Moraes, C., Pereira, H. M., Requicha, J. F., Alves, L., Alexandre-Pires, G., de Jesus, S., Guimarães, S., Ginja, C., Detry, C., Ramalho, M., & Pires, A. E. (2022). The Facial Reconstruction of a Mesolithic Dog, Muge, Portugal. In *Applied Sciences* (Vol. 12, Issue 10, p. 4867). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app12104867>
- [A27] 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>
- [A28] Prossinger, H., & Teschler-Nicola, M. (n.d.). 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
- [B1] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. da . (2021). Digitalização 3D de Faces a partir de Vídeos. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14075456.v1>
- [B2] Santos, M. E., Moraes, C., Bezzi, L., & Bezzi, A. (2021). Digitalização 3D a partir de Vídeo de Drones Disponíveis na Internet. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14115479.v1>
- [B3] Moraes, C., Sobral, D. S., Mamede, A., & Beaini, T. L. (2021). Sistema Complementar de Projeção Nasal em Reconstruções/Aproximações Faciais Forenses. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.17209379>
- [B4] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. D. (2020). Fotogrametria 3D - Desempenho nos Sistemas Operacionais: Windows, Linux e Mac OS X. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.13456442>
- [B5] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. D. (2021). Digitalização 3D a partir de Fotografias com o SMVS e o MVE no OrtogOnBlender. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.13549595>
- [B6] Salazar-Gamarra, R., Cárdenas-Bocanegra, A., Masch, U., Da Costa Moraes, C. A., Seelaus, R., Lopes Da Silva, J. V., & Lauria Dib, L. (2022). Color translation from monoscopic photogrammetry +ID Methodology into a Polyjet final 3D printed facial prosthesis. In *F1000Research* (Vol. 11, p. 582). F1000 Research Ltd. <https://doi.org/10.12688/f1000research.111196.1>
- [B7] Salazar-Gamarra, Rodrigo and Cárdenas-Bocanegra, Andrés and Masch, Uri and Da Costa Moraes, Cícero André and Seelaus, Rosemary and Lopes Da Silva, Jorge Vicente and Lauria Dib, Luciano.(2019). INTRODUÇÃO À METODOLOGIA “MAIS IDENTIDADE”: PRÓTESES FACIAIS 3D COM A UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS ACESSÍVEIS PARA PACIENTES SOBREVIVENTES DE CÂNCER NO ROSTO. In *Comunicação Científica e Técnica em Odontologia 2*. Antonella Carvalho de Oliveira. <https://doi.org/10.22533/at.ed.265192903>
- [B8] Moraes, C., Kimura, R. N., Bezzi, L., & Bezzi, A. (2022). Fotogrametria com Limpeza de Pontos, Alinhamento e Redimensionamento Automáticos no OrtogOnBlender. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.19450283.v1>
- [B9] Dias, P. E. M., Moraes, C., Sousa, J.R., Beaini, T. L. , & Melani, R. F. H. (2013). Escaneamento 3D por fotogrametria e software livre aplicado à Reconstrução Facial Forense. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30491.08489>
- [C1] Neijman, T. (2017). The Gotlandic rural militia: A study of the invasion of Gotland 1361

- in response to a modern narrative [Master's Thesis, Stockholm University]. DiVA: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1159294&dswid=1543>
- [C2] Vanrell J. *Odontologia Legal e Antropologia Forense*. 2a. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2009.
- [C3] Silva M. *Compêndio de odontologia legal*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 1997.
- [C4] Jacometti V. Estimativa da ancestralidade em Antropologia Forense por meio do software Ancestry em medidas cranianas de uma amostra brasileira [Internet] [text]. Universidade de São Paulo; 2018 [citado 6 de julho de 2022]. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/17/17143/tde-07022019-141710/>
- [C5] Guerreiro AMCS, Bento MIC, Soares AC de M, Soriano EP, Rabello PM, Fernandes LCC. APLICABILIDADE DO ÍNDICE FORAME MAGNO EM CRÂNIOS HUMANOS DE INDIVÍDUOS DO NORDESTE BRASILEIRO. *Rev Bras Odontol Leg*. 2019;26-34.
- [C6] 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>
- [C7] 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>
- [C8] Moraes, C., Šindelář, J., & Drbal, K. (2022). A Aproximação Facial Forense do Crânio Mladeč 1. in *OrtogOnLineMag #5* (Vol. 3, nº 2). <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20435787>
- [C9] 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>
- [C10] Pinto, R. R., Almeida, S. M. D., Chaves, R. B. D. N., Carvalho, O. A. D., Machado, M. P. S., & Cicero Moraes. (2020). Reconstrução Facial Forense de um Crânio Arqueológico com o ForensicOnBlender. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.12943418>
- [C11] 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>
- [C12] 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). <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20161013>
- [C13] De Greef, S., Claes, P., Vandermeulen, D., Molemans, 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>
- [C14] Moraes, C., Abdullah, J. Y., & Abdullah, J. M. (2022). Mensuração de Dados Faciais Ortográficos em Malaios e Comparação com Brasileiros. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20000720>
- [C15] Moraes, C., & Suharschi, I. (2022). Mensuração de Dados Faciais Ortográficos em Moldavos e Comparação com Outras Populações. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20089754.V1>
- [C16] Gaytán, E., Mansilla-Lory, J., Leboeiro, I., & Pineda, S. C. (2009). Facial reconstruction of a pathological case. In *Forensic Science, Medicine, and Pathology* (Vol. 5, Issue 2, pp. 95-99). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s12024-009-9088-6>
- [C17] Pedersen, Anne; Valeur, Bent; Kock, Jan; Kappel, Thomas, Nyber, Tore: Visby i Den Store Danske på *lex.dk*. Collected the 30th of October 2022 from <https://denstoredanske.lex.dk/Visby>
- [C18] Vendtegodt, Ole: Visbygravene I Den Store Danske på *lex.dk*. Collected the 30th of October 2022 from <https://denstoredanskelex.dk/Visbygravene>
- [C19] Christensen, Steffen Lind: Slaget ved Visby 1361, *danmarkshistorien.dk* Aarhus University. Collected the 30th of October 2022 from <https://danmarkshistorien.dk/vis/materiale/slaget-ved-visby-1361>
- [C20] Bøgh, Anders: Valdemar Atterdag, ca 1321-1375. *Danmarkshistorien.dk* Aarhus University. Collected the 30th of October 2022 from <https://danmarkshistorien.dk/vis/materiale/valdemar-atterdag-ca-1321-1375>
- [D1] Tampa M, Sarbu I, Matei C, Benea V, Georgescu SR. Brief history of syphilis. *J Med Life*. 2014 Mar 15;7(1):4-10. Epub 2014 Mar 25. PMID: 24653750; PMCID: PMC3956094.
- [D2] Passos M. R. L., Sífilis: História, Ciência, Arte. Rio de Janeiro. Ministério da Saúde do Brasil. 2021.

- [D3] Bruce M. Rothschild, *History of Syphilis, Clinical Infectious Diseases*, Volume 40, Edição 10, 15 de maio de 2005, Páginas 1454-1463, <https://doi.org/10.1086/429626>
- [D4] Filho, I. J. (2007). HISTÓRIA DA MEDICINA (SM pág. 36). CREMESP. <https://www.cremesp.org.br/?siteAcao=Revista&id=325>
- [D5] Avelleira, J. C. R., & Bottino, G. (2006). Sífilis: diagnóstico, tratamento e controle. In *Anais Brasileiros de Dermatologia* (Vol. 81, Issue 2, pp. 111-126). FapUNIFESP (SciELO). <https://doi.org/10.1590/s0365-05962006000200002>
- [D6] Fenton, K. A., Breban, R., Vardavas, R., Okano, J. T., Martin, T., Aral, S., & Blower, S. (2008). Infectious syphilis in high-income settings in the 21st century. In *The Lancet Infectious Diseases* (Vol. 8, Issue 4, pp. 244-253). Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(08\)70065-3](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(08)70065-3)
- [D7] Menegazzo, L. S., Toldo, M. K. S., & Souto, A. S. (2018). A RECRUDESCÊNCIA DA SÍFILIS CONGÊNITA. *Arquivos Catarinenses De Medicina*, 47(1), 2-10. Recuperado de <https://revista.acm.org.br/index.php/arquivos/article/view/165>
- [D8] (2022). Sexually transmitted infections (STIs). World Health Organization. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sexually-transmitted-infections-\(stis\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sexually-transmitted-infections-(stis))
- [D9] Walker, P. L. (2008). Sexing skulls using discriminant function analysis of visually assessed traits. In *American Journal of Physical Anthropology* (Vol. 136, Issue 1, pp. 39-50). Wiley. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20776>
- [D10] Lewis, C. J., & Garvin, H. M. (2016). Reliability of the Walker Cranial Nonmetric Method and Implications for Sex Estimation. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 61, Issue 3, pp. 743-751). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13013>
- [D11] Christensen, A. M., Passalacqua, N. V., & Bartelink, E. J. (2014). Age Estimation. In *Forensic Anthropology* (pp. 243-284). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-418671-2.00010-0>
- [D12] arazo, M S. (2017). Application of the Maxillary Suture Obliteration Method for estimation of the age at death of prisoners in the Valdenoceda Francoist Prison. *Bioarchaeology in the Balkans*.
- [D13] Moraes, C., & Suharschi, I. (2022). Mensuração de Dados Faciais Ortográficos em Moldavos e Comparação com Outras Populações. In *OrtogOnLineMag* (Vol. 3, Issue 2, pp. 87-99). <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20089754>
- [D14] 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). In *OrtogOnLineMag* (Vol. 3, Issue 2, pp. 101-114). <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20161013>
- [D15] 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>
- [D16] 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>
- [D17] 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>
- [D18] Moraes, C., Šindelář, J., & Drbal, K. (2022). A Aproximação Facial Forense do Crânio Mladěč 1. in *OrtogOnLineMag #5* (Vol. 3, nº 2, pp. 1-7). <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20435787>
- [D19] 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>
- [D20] 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>
- [D21] Pernet G. Severe Case of Tertiary Syphilis of the Scalp and Face. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*. 1918;11(Dermatol_Sect):105-107. doi:10.1177/003591571801100269
- [D22] Gaspari, V., Mazza, L., Pinto, D., Raone, B., Calogero, P., & Patrizi, A. (2020). Syphilis as osteomyelitis of the fifth metatarsal of the left foot: the great imitator hits once again. In *International Journal of Infectious Diseases* (Vol. 96, pp. 10-11). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.04.015>
- [D23] Rosa Júnior, M., de Almeida Caçador, T., Biasutti, C., Galvão Gonçalves, A. M., & Gonçalves Ferreira Júnior, C. U. (2016). Te-

aching NeuroImages: Skull and dural lesions in neurosyphilis. In *Neurology* (Vol. 87, Issue 12, pp. e129–e130). Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <https://doi.org/10.1212/wnl.00000000000003133>

- [D24] ADSON AW. THE SURGICAL TREATMENT OF GUMMATOUS OSTEITIS OF THE SKULL. *JAMA*. 1920;74(6):385–387. doi:10.1001/jama.1920.02620060019007
- [D25] Seong, G.-H., Lee, J., Choi, S. W., Hong, Y., Son, M. J., Shim, J. W., Kim, J. Y., & Kang, S. Y. (2018). An Isolated Skull Lesion in Syphilis. In *Headache: The Journal of Head and Face Pain* (Vol. 58, Issue 7, pp. 1122–1124). Wiley. <https://doi.org/10.1111/head.13319>
- [D26] DUNHAM EC. GUMMATOUS OSTEOPE-RIOSTITIS OF THE SKULL IN CONGENITAL SYPHILIS: REPORT OF TWO CASES. *Am J Dis Child*. 1925;30(5):690–699. doi:10.1001/archpedi.1925.01920170094010
- [D27] Pálfi, G., Dutour, O., Borreani, M., Brun, J.-P., & Berato, J. (1992). Pre-Columbian congenital syphilis from the late antiquity in France. In *International Journal of Osteoarchaeology* (Vol. 2, Issue 3, pp. 245–261). Wiley. <https://doi.org/10.1002/oa.1390020309>
- [D28] Petroulia, V., Surial, B., Verma, R. K., Hauser, C., & Hakim, A. (2020). Calvarial osteomyelitis in secondary syphilis: evaluation by MRI and CT, including cinematic rendering. In *Heliyon* (Vol. 6, Issue 1, p. e03090). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03090>
- [D29] Gurland, I. A., Korn, L., Edelman, L., & Wallach, F. (2001). An Unusual Manifestation of Acquired Syphilis. In *Clinical Infectious Diseases* (Vol. 32, Issue 4, pp. 667–669). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1086/318719>
- [E1] Kenyon, K. M. (1954). Excavations at Jericho. In *The Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland* (Vol. 84, Issue 1/2, p. 103–110). JSTOR. <https://doi.org/10.2307/2844004>
- [E2] Beneath the surface: imaging techniques and the Jericho Skull. 2014. In book: *Regarding the Dead: Human Remains in the British Museum* (British Museum Research Publication No. 197) Chapter: 8 Publisher: The Trustees of the British Museum Editors: Alexandra Fletcher, Daniel Antoine, JD Hill. https://www.britishmuseum.org/sites/default/files/2019-11/Regarding-the-Dead_02102015.pdf
- [E3] Fletcher, A. What lies beneath: New discoveries about the Jericho skull. Retrieved December 20, 2022, from <https://bit.ly/3hI6xBx>
- [E4] The British Museum. (1964, January 01). The Jericho Skull - Download Free 3D model by the British Museum (@britishmuseum). Retrieved December 20, 2022, from <https://skfb.ly/RGHD>
- [E5] Saunders, S. (2021, October 20). British Museum finally reveals 3D printed face of the 9,500-year-old man behind the ancient Jericho skull - 3dprint.com: The Voice of 3D printing / additive manufacturing. Retrieved December 20, 2022, from <https://3dprint.com/161089/british-museum-jericho-skull/>
- [E6] Facing the past: The Jericho skull. Retrieved December 20, 2022, from <https://www.britishmuseum.org/blog/facing-past-jericho-skull>
- [E7] Jackson, B. 3D Printing Industry. (2017, January 11). Interview with thinksee3d: Behind the British Museum's Jericho Skull. Retrieved December 20, 2022, from <https://bit.ly/3vd7mW4>
- [E8] Pettit, H. (2016, December 13). Neolithic man who was beheaded 9,500 years ago has head reconstructed. Retrieved December 20, 2022, from <https://bit.ly/3WAaFSK>
- [E9] The British Museum. (1964, January 01). Jericho Skull Reconstruction from MicroCT data - 3D model by the British Museum (@britishmuseum). Retrieved December 20, 2022, from <https://skfb.ly/XtoP>
- [E10] Moraes, C., Bezzi, L., Bezzi, A., Šindelář, J., Rosa, E. da, & Dornelles, R. (2022). Modelo 3D vs Fotogrametria por Imagens e Vídeo. doi: 10.6084/M9.FIGSHARE.20633262. http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/5/Fotogrametria.html
- [E11] 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>
- [E12] 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>
- [E13] 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>
- [E14] Moraes, C., Šindelář, J., & Drbal, K. (2022). A Aproximação Facial Forense do Crânio Mla-

deç 1. doi:10.6084/M9.FIGSHARE.20435787.
<https://bit.ly/3WyOSMQ>

software AncesTrees em medidas cranianas de
uma amostra brasileira.

- [E15] Moraes, C., Bezzi, L., & Carrara, N. (2023). The 3D digital facial approximation of Saint Anthony of Padua. In *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* (Vol. 28, p. e00255). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2022.e00255>
- [E16] Pinto, R. R., Almeida, S. M. D., Chaves, R. B. D. N., Carvalho, O. A. D., Machado, M. P. S., & Cicero Moraes. (2020). Reconstrução Facial Forense de um Crânio Arqueológico com o ForensicOnBlender. doi: 10.6084/M9.FIGSHARE.12943418. http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/1/Forense.html
- [E17] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. da . (2020). OrtogOnBlender - O que é e Aspectos Técnicos (Version 1). figshare. doi: 10.6084/m9.figshare.12923729.v1. http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/OrtogOnBlender_Como_Funciona.html#ortogonblender-o-que-e-e-aspectos-tecnicos
- [E18] Moraes, C., & Suharschi, I. (2022). Mensuração de Dados Faciais Ortográficos em Moldavos e Comparação com Outras Populações. doi: 10.6084/M9.FIGSHARE.20089754. http://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/4/Moldavos.html
- [E19] 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>
- [E20] 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>
- [E21] 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>
- [E22] Lee, J. J., McGue, M., Iacono, W. G., Michael, A. M., & Chabris, C. F. (2019). The causal influence of brain size on human intelligence: Evidence from within-family phenotypic associations and GWAS modeling. In *Intelligence* (Vol. 75, pp. 48–58). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2019.01.011>
- [E23] Jacometti, V. (2018). Estimativa da ancestralidade em Antropologia Forense por meio do