

# OrtogoOnLineMag

ISSN: 2764-9466, Vol. 6, nº 1

**Cicero Moraes    Everton da Rosa    Rodrigo Dornelles**



# OrtogOnlineMag

Volume 6, número 1

Julho de 2025

Semestral

## EXPEDIENTE

### Editor Científico e Diagramação

Cicero Moraes

### Conselho Editorial

Everton da Rosa

Rodrigo Dornelles

### Colaboradores

Thiago Beaini

Luca Bezzi

Alessandro Bezzi

Jiří Šindelář

Matěj Šindelář

Zuzana Thomová

Jakub Smrčka

Francesco Maria Galassi

Issam Dakir

Bartosz Startek

### Idioma da Publicação

Português

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

[cogitas3d@gmail.com](mailto:cogitas3d@gmail.com)

[ortogonline@ortogonline.com](mailto:ortogonline@ortogonline.com)

Cicero André da Costa Moraes

Sinop-MT



# Sumário

<b>1</b>	<b>A Aproximação Facial do Suposto Crânio de Johann Sebastian Bach (1685-1750)</b>	<b>1</b>
1.1	Introdução	1
1.1.1	Quem foi Johann Sebastian Bach	1
1.1.2	A Exumação e Aproximação Facial de 1894	2
1.1.3	Análise Óssea de 1949	3
1.1.4	A Aproximação facial de 2008	3
1.1.5	Questionamentos Relacionados à Autenticidade	3
1.2	Materiais e Métodos	3
1.2.1	Conceitos, Software e Hardware	3
1.2.2	Aproximação Facial Forense	4
1.3	Resultados e Discussão	5
1.4	Conclusão	10
1.5	Agradecimentos	10
1.6	Referências Bibliográficas	10
<b>2</b>	<b>A Aproximação Facial da Múmia que Grita (XVIII Dinastia)</b>	<b>13</b>
2.1	Introdução	13
2.1.1	A Múmia que Grita	13
2.2	Materiais e Métodos	14
2.2.1	Conceitos, Software e Hardware	14
2.2.2	Aproximação Facial Forense	14
2.3	Resultados e Discussão	16
2.4	Conclusão	18
2.5	Agradecimentos	18
2.6	Referências Bibliográficas	18
<b>3</b>	<b>A Aproximação Facial do Crânio Atribuído a Jan Žižka (1360-1424)</b>	<b>21</b>
3.1	Introdução	21
3.1.1	Quem Foi Jan Žižka	21
3.1.2	A descoberta dos Restos Mortais	22
3.1.3	A Aproximação Facial	23
3.2	Materiais e Métodos	23
3.2.1	Conceitos, Software e Hardware	23
3.2.2	Aproximação Facial Forense	24
3.3	Resultados	25
3.4	Discussão	25
3.5	Conclusão	29
3.6	Agradecimentos	29
3.7	Referências Bibliográficas	29
<b>4</b>	<b>Ferramenta de Importação de Tomografia Computadorizada no OrtoGOnBlender XP</b>	<b>33</b>
4.1	Introdução	33
4.2	Como Funciona	33
4.3	Detalhes Técnicos e Testes	35
4.4	Conclusão	36
4.5	Agradecimentos	36
4.6	Referências Bibliográficas	36
<b>5</b>	<b>A Aproximação Facial da Múmia “Golden Boy” - Uma Abordagem Independente, Didática e Transparente</b>	<b>37</b>
5.1	Introdução	37
5.2	A Aproximação Facial Forense	37
5.3	Resultados	40
5.4	Discussão	41
5.4.1	Sobre as Imagens e dados de Referência	41
5.4.2	Efetividade e Limitações da Técnica	41

5.5	Conclusão . . . . .	41
5.6	Agradecimentos . . . . .	42
5.7	Referências Bibliográficas . . . . .	42
<b>6</b>	<b>Segmentação de Tomografias Computadorizadas por IA no OrtoGOnBlender XP</b>	<b>45</b>
6.1	Introdução . . . . .	45
6.2	Como Funciona . . . . .	45
6.3	Características Técnicas e Testes . . . . .	48
	6.3.1 Estrutura do Script . . . . .	48
	6.3.2 Testes com CT-Scans e CBCTs . . . . .	48
6.4	Conclusão . . . . .	49
6.5	Agradecimentos . . . . .	49
6.6	Referências Bibliográficas . . . . .	49

# A Aproximação Facial do Suposto Crânio de Johann Sebastian Bach (1685-1750)



## Cicero Moraes

3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil - Bacharel em Marketing, Dr. h. c. FATELL/FUNCAR (Brasil) e CEGECIS (México) - Membro da Mensa Brasil e da Intertel - Revisor convidado: Elsevier, Springer Nature, PLoS e LWW - Guinness World Records 2022: First 3D-printed tortoise shell. Google Scholar<sup>1</sup>, ResearchGate<sup>2</sup>, ORCID<sup>3</sup>, Homepage.<sup>4</sup>

## Thiago Beaini

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

## Luca Bezzi, Alessandro Bezzi

Arqueólogos, Arc-Team, Cles-TN, Itália

Data da publicação: 30 de julho de 2024

ISSN: 2764-9466 (Vol. 6, nº 1, 2025)

DOI: 10.6084/m9.figshare.26412559

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

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

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

<sup>4</sup> <http://www.ciceromoraes.com.br>

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

**Aviso:** O presente trabalho é independente, sem vínculo com a instituição que guarda os restos mortais de Johann Sebastian Bach, tampouco com as universidades e instituições que os estudaram. O elemento motivador do capítulo é a criação de material didático para o ensino da técnica de aproximação facial, ao testar a possibilidade de se reconstruir uma face utilizando dados originalmente disponíveis em matérias de jornais, mídias online, livros e *journals* acadêmicos.

**Atenção:** Caso encontre algum erro no material, sinta-se à vontade para informá-lo aos autores, o contato pode ser feito via redes sociais acadêmicas informadas no início do capítulo.

## 1.1 Introdução

### 1.1.1 Quem foi Johann Sebastian Bach

Filho de Johann Ambrosius Bach e Elisabeth Lämmerhirt, **Johann Sebastian Bach** nasceu em Eisenach, Turíngia (pertencente ao atual território da Alemanha), no dia 31 de março de 1685. Era o filho mais novo de uma família de músicos, cujo componente mais antigo conhecido, fora o tataravô Veit Bach um pai-deiro (ou moleiro), expulso da Hungria para a Turíngia provavelmente na segunda metade do século XVI, por conta de perseguição religiosa, uma vez que Veit era luterano. O pai de Bach, um tocador de cordas, pode ter lhe dado as primeiras lições de música, mas com o falecimento dele e da mãe do compositor em 1695, Bach passou a ser cuidado pelo irmão mais velho, o organista Johann Christoph (1671-1721). Naquele período recebeu aulas do influente compositor Johann Pachebelbel (1653-1706) e a sua voz lhe garantiu espaço em um coro na cidade de Luneburg. Retornando à Turíngia por volta de 1702 e já em 1703 foi nomeado organista em Arnstadt aos 18 anos de idade. Em outubro de 1705, solicitou uma licença de um mês e caminhou por aproximadamente 440 Km para conhe-

cer pessoalmente o organista Dietrich Buxtehude, estendendo as férias e retornando apenas em 1706 por conta de reclamações dos empregadores. Apesar do ocorrido, ele não foi demitido. Em 1707 se casa com a sua prima Maria Barbara Bach (com quem teve 7 filhos) e mudam-se para Mühlhausen, onde provavelmente compôs uma de suas obras mais conhecidas a Tocata e Fuga em Ré Menor (BWV 565). Poucos tempo depois vai com a família para Weimar onde passa a ocupar o posto de organista da corte. Durante o exercício do cargo recebe uma proposta de emprego tentadora, mas o duque Wilhelm Ernst aumenta o seu salário, mantendo-o na orquestra como concertino, onde ele passa a compor uma cantata por mês. Permaneceu em Weimar até 1718, quando desligou-se do cargo e novamente, mudou-se de cidade, desta feita para Köthen. Durante esse período a sua esposa falece em 1720 e em 1721 ele desposa Anna Magdalena Wilcken com quem teve 13 filhos (totalizando 20 ao longo da vida). Bach foi diretor de música sacra na cidade Leipzig e durante os dois ou três primeiros anos de trabalho, produziu em média uma cantata por semana, um ritmo frenético de produção. Durante seus últimos anos teve a oportunidade de ver o sucesso do filho Carl Philipp Emanuel Bach (1714-1788), quando testemunhou a apresentação dele diante do rei da Prússia, Frederico II [A\_Emerly\_2024]. Pelo que se sabe Bach foi um homem vigoroso, robusto, saudável e míope. Seus amigos indicaram que o hábito de produzir material de modo ininterrupto pode ter ajudado a comprometer a sua visão, que se deteriorou até atingir níveis críticos, obrigando-o a procurar um especialista que pudesse resolver o problema. Esse especialista foi o oculista viajante John Taylor, que operou-o duas vezes sem sucesso, causando inflamação e a completa cegueira do compositor que morreria pouco tempo depois, em 28 de julho de 1750 [A\_Baer\_1951]. Alguns autores indicam que ele teria potencialmente sofrido três acidentes vasculares cerebrais nos últimos anos de vida, um em 1746, outro em 1749 e finalmente em 1750 [A\_Breitenfeld\_2006]. Anna a esposa, se viu em dificuldades, pois aparentemente não recebeu ajuda dos filhos do primeiro casamento de Bach, e os seus filhos eram jovens demais naquele período, o que dificultaria qualquer suporte. Faleceu em 1760, sendo enterrada como indigente. A obra de Bach foi ignorada por muito tempo depois da sua morte, tendo o ponto alto do resgate em 1829, este efetuado por Eduard Devrient e Felix Mendelssohn [A\_Emerly\_2024]. Atualmente Bach é considerado por muitos especialistas como o maior compositor de música clássica da história [A\_Pontes\_2022].

### 1.1.2 A Exumação e Aproximação Facial de 1894

Sabia-se que Bach havia sido enterrado em uma cova anônima no cemitério próximo a igreja de São João em Leipzig. Algumas pessoas tentaram encontrar o corpo, mas sem sucesso, sendo Robert Schumann em 1836 e a dupla Carl Gretschel e Heinrich Heilein em 1844. No entanto, em razão da reconstrução da igreja, que se deu no ano 1894, ocorreu mais uma tentativa de encontrar o corpo do renomado compositor [A\_Kratochvil\_2019]. Por volta de 1884, começou a se espalhar um relato, fornecido por um homem de 75 anos, que por sua vez, há 60 anos, havia ouvido de um outro senhor que à época possuía 90 anos. Tal informação potencialmente se referia à localização do túmulo de Bach. Esse senhor acompanhou os últimos dias da vida do compositor e na ocasião, trabalhava no cemitério. Informou que o enterro estaria a seis pés em frente a pequena entrada do lado esquerdo da igreja [A\_Zegers\_2009] [A\_Kratochvil\_2019] e com base naquela informação, foi instalada uma pedra memorial próximo ao portal sul do complexo religioso, [A\_His\_1895]. Apesar de limitar a região de busca, os dados não seriam suficientes para, sozinhos, permitirem que o corpo fosse encontrado. Felizmente uma outra informação disponível nos arquivos do Hospital Johannes dava conta de que Bach havia sido enterrado em um caixão de carvalho, algo atípico na época, pois dos 1400 enterros do ano de 1750 em Leipzig, apenas 12 eram feitos daquela madeira [A\_Zegers\_2009] [A\_Kratochvil\_2019] [A\_Baer\_1951]. Além das duas informações relacionadas a posição do enterro e o material do caixão, também sabia-se que se tratava de um homem por volta dos 65 anos de idade. Um corpo com todas aquelas características foi descoberto no dia 22 de outubro de 1894 e a estrutura craniana compatibilizava-se com o retrato conhecido de Bach ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Johann\\_Sebastian\\_Bach\\_1746.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Johann_Sebastian_Bach_1746.jpg)), pintado por Elias Gottlob Haussmann em 1746 [A\_His\_1895]. Animado por tais dados e frente a real possibilidade de se tratar os restos procurados, Wilhelm His (pai) lançou mão da abordagem publicada por Hermann Welcker em 1883, em que este utilizou dados de mensuração da espessura de tecido mole em relação ao crânio, para comparar esta estrutura com máscaras mortuárias atribuídas ao indivíduo ao qual pertenceria o crânio, no caso o trabalho envolvia a máscara mortuária de Schiller [A\_Welcker\_1883]. His por sua vez, desenvolveu uma tabela de espessura própria, baseada na mensuração de 37 cadáveres. Além disso, as informações das projeções foram repassadas ao escultor Carl Seffner que reconstruiu a face a partir de uma réplica do crânio e dos dados citados, gerando o busto [A\_His\_1895] que fundamentou as bases da aproximação facial forense [A\_Prag\_1997] [A\_Taylor\_2000] [A\_Wilkinson\_2004], ao menos em face à sua popu-

laridade, pois o próprio His fez questão de reconhecer o trabalho de Welcker como referência. A abordagem de His não se resumiu a reconstrução facial, ele também analisou o crânio, forneceu uma série de medidas da estrutura como a capacidade do endocrânio em  $\sim 1480 \text{ cm}^3$  e a altura do músico em  $\sim 1.67 \text{ m}$ . Além disso identificou uma dimensão anormalmente grande da janela da cóclea (*fenestra rotunda*), com o diâmetro de 2.5 mm, frente a média de 1.5 mm. Posicionada no ouvido, tal alteração foi supostamente relacionada como uma predisposição anatômica para habilidades musicais, complementada por outras características como a extraordinária espessura e firmeza do processo mastoide, particularmente na sua parte cortical; a notável largura da incisura mastoidea; o destaque da crista petrosa; o incomum hiato subarcuatus [A\_Baer\_1951] [A\_His\_1895]. Para estudar tais estruturas, His precisou segmentar cuidadosamente os ossos do crânio, mas depois da análise remontou-os, organizou-os e os mesmos foram enterados na nova igreja de São João [A\_His\_1895].

### 1.1.3 Análise Óssea de 1949

Quando em 1949 os ossos foram transferidos para outro local, a igreja de São Tomás, o cirurgião Wolfgang Rosenthal (1882-1971) analisou os restos mortais atribuídos a Bach e identificou um defeito físico específico que chamou de “doença do organista”. Tratava-se de um crescimento ósseo na região da pélvis anteriormente considerado por His como osteoartrite, mas que, segundo Rosenthal, caracterizaria um esforço mecânico repetitivo, fortalecendo ainda mais a evidência de que aquele esqueleto pertenceria de fato a Bach. Para reforçar a sua abordagem, ele examinou os ossos de 11 organista vivos, encontrando a mesma condição em todos eles [A\_Kratochvil\_2019] [A\_Zegers\_2009].

### 1.1.4 A Aproximação facial de 2008

No ano de 2008 o Bachhaus Museum encomentou a Dr. Caroline Wilkinson a reconstrução facial de Bach. O trabalho consistiu em inicialmente digitalizar a réplica do crânio pertencente ao acervo e proceder com a reconstrução facial forense digital, posicionando os músculos principais da face, bem como marcadores de espessura de tecido mole, projeção nasal e outras, no que se conhece como método de Manchester. Uma face física, aparentemente impressa e 3D, pigmentada e com uma peruca da época, com coloração baseada também no quadro pintado por Hausmann em 1746 foi apresentada no final de fevereiro daquele ano, gerando grande interesse da comunidade [A\_Wilkinson\_2010] [A\_Dundee\_2008].

## 1.1.5 Questionamentos Relacionados à Autenticidade

No ano de 2006 uma junta de especialistas apresentaram à diretoria da igreja de São Tomás, onde atualmente se encontra os restos mortais atribuídos a Bach, um detalhado plano científico para a análise do esqueleto, com a extração e comparação do DNA com os restos mortais de Carl Phillip Emanuel, o célebre filho do compositor. A proposta foi rejeitada pela diretoria e no ano de 2009 os pesquisadores publicaram um artigo, onde indicavam alguns problemas relacionados ao nível de evidência apresentado para sustentar que os restos mortais exumados em 1894 era de fato do compositor. Segundo os *experts*, em relação aos achados de His relacionados a estrutura anormalmente grande da anatomia do ouvido, a questão poderia estar mais atrelada ao tamanho geral do crânio do que necessariamente a uma habilidade fora do padrão. Os autores também apontaram que a relação entre o crânio e o tecido mole é fruto de controvérsia, citando artigos que trataram do assunto criticando a técnica de reconstrução facial forense. Também envolveram o estudo de Rosenthal (1949), indicaram a falta de imagens que ilustrariam o que seria a “doença do organista” e para contornar essa limitação, os especialistas procederam com um estudo próprio onde compararam organistas com não-organistas, encontrando o crescimento ósseo em apenas 33% do primeiro grupo, o que, segundo eles não suportaria os achados do estudo de 1949. Na conclusão eles indicam acreditar que seja improvável que os ossos sepultados em São Tomás pertençam a Bach, até que um estudo envolvendo DNA possa fundamentar ou refutar definitivamente tal abordagem [A\_Zegers\_2009].

## 1.2 Materiais e Métodos

### 1.2.1 Conceitos, Software e Hardware

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [A\_Stephan\_2015], é uma técnica auxiliar de reconhecimento que reconstrói/aproxima a face de uma pessoa a partir do seu crânio e é utilizada quando há escassa informação para a identificação de um indivíduo [A\_Pereira\_2017]. Nota-se que a técnica não se trata de identificação, como aquelas oferecidas por DNA ou análise comparativa de arcos dentários, mas sim de reconhecimento que pode levar à posterior identificação [A\_Baldasso\_2020].

O presente trabalho utiliza o mesmo passo-a-passo abordado em [A\_Abdullah\_2022] e [A\_Moraes\_2024], iniciado com a configuração do crânio na cena 3D, seguindo com a projeção do perfil e estruturas da face a partir de dados estatísticos, gerando o volume do rosto com o auxílio da técnica de “deformação” anatômica [A\_Quatrehomme\_1997] e o acabamento

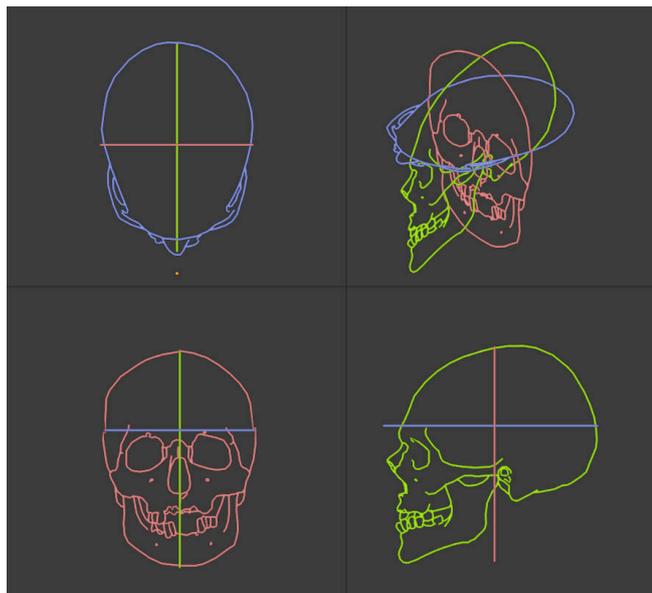
com o detalhamento da face, configuração dos pelos, da indumentária e geração das imagens finais.

O processo de modelagem foi efetuado no software Blender 3D, rodando o *add-on* OrtogOnBlender ([http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/OrtogOnBlender/index.html](http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/index.html)) e seu submódulo ForensicOnBlender [A\_Pinto\_2020], ambos desenvolvidos pelo autor do presente material. O programa e o *add-on* são gratuitos, de código aberto e multiplataforma, podendo rodar no Windows (>=10), no MacOS (>=BigSur) e no Linux (=Ubuntu 20.04).

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

**Atenção:** Além da AFF o OrtogOnBlender é utilizado para o planejamento de cirurgia ortognática [A\_Cunha\_2020] [A\_Lobo\_2022], rinoplastia [A\_Sobral\_2021], fraturas mandibulares [A\_Facanha\_2021], expansores mandibulares de bebês [A\_Duarte\_2023], documentação urológica [A\_Nascimento\_2023], próteses veterinárias [A\_Taub\_2024], próteses faciais [A\_Salazar\_2022] e outros, por usuários de 30 países, contemplando 4 continentes.

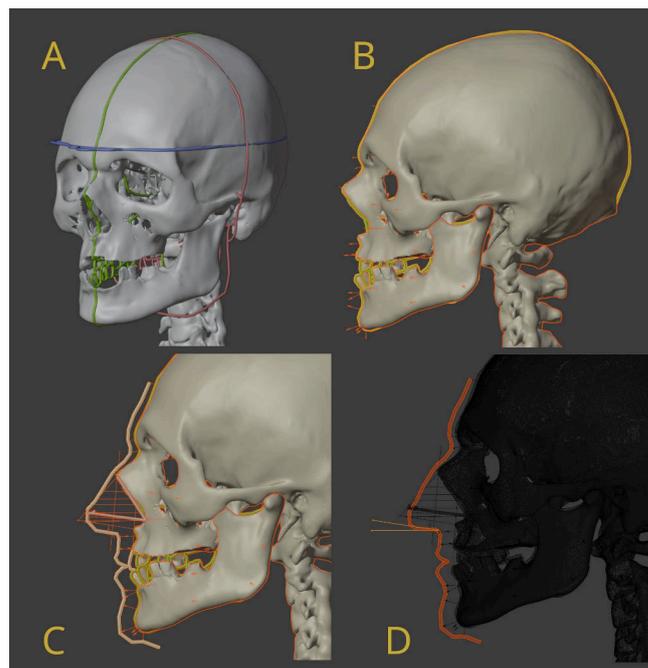
## 1.2.2 Aproximação Facial Forense



Figural.1: Projeções bidimensionais do crânio.

Para executar uma AFF é imprescindível que se tenha uma série de informações sobre o crânio. Isso inclui

fotografias em diferentes vistas, medidas lineares e análises antropológicas. Em alguns casos, a disponibilidade de imagens radiográficas, exames de imagem e outros dados. No caso de Bach, foram utilizadas as imagens disponíveis na publicação de His (1895) [A\_His\_1895], que permitiram projeções bidimensionais das placas relativas ao crânio. Utilizando as fotografias, foi possível fazer projeção nas vistas frontal (eixos X e Z), lateral (Y e Z) e superior ou topo (eixos X e Y) (Fig.1.1). Tais projeções são realizadas desenhando o contorno das imagens, conferindo uma escala adequada ajustada com referência nas medidas descritas.



Figural.2: Etapas iniciais da AFF - projeções.

O crânio de um doador virtual foi ajustado de modo que se conformasse à esses contornos produzidos como referência (Fig.1.2, A). Para os marcadores de espessura do tecido mole (Fig.1.2, B), foi escolhida uma tabela de medidas relacionadas a europeus do sexo masculino com alto IMC [A\_De\_Greef\_2006]. A projeção nasal foi efetuada utilizando três dados diferentes, a projeção pelo método russo, pelo método de Manchester e pela metodologia complementar desenvolvida pelos autores do presente trabalho junto a uma equipe de especialistas, utilizando medidas efetuadas em tomografias computadorizadas de pessoas vivas e advindas de ancestralidades diferentes [A\_Moraes\_2021]. Uma *video aula*<sup>5</sup> sobre a abordagem pode ser acessada de modo online. Com os dados da espessura de tecido mole e projeção nasal, foi possível efetuar o traçado do perfil da face (Fig.1.2, C). A ponta do nariz foi rotacionada seguindo o grau de decaimento [A\_Shastri\_2021] extrapolado para a idade de Bach (Fig.1.2, D)

<sup>5</sup> <https://youtu.be/F205kLQ--0o>

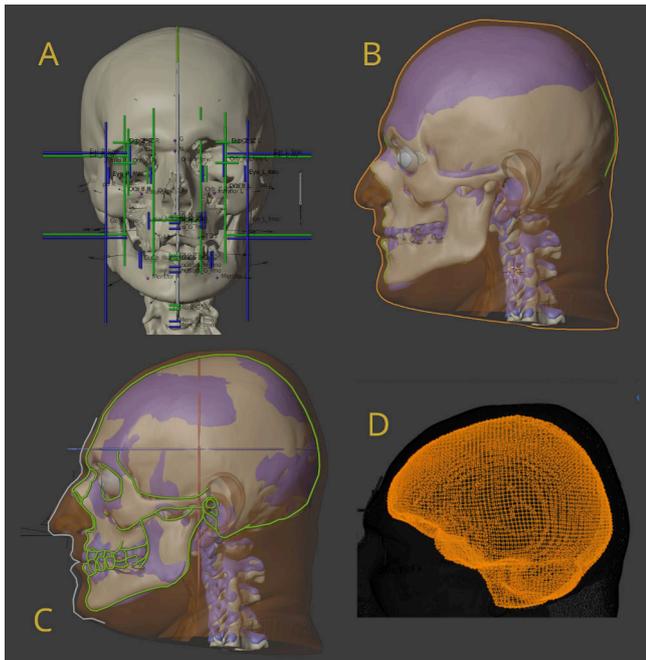


Figura1.3: Projeção e deformação anatômica.

Pontos anatômicos foram inseridos para auxiliar na projeção de estruturas faciais com referência na anatomia do crânio (Fig.1.3, A). Esses permitem a visualização e posicionamento de globos oculares, nariz, orelhas e boca, com características derivadas de pesquisas em tomografias de pessoas vivas. [A\_Moraes\_2021b] [A\_Moraes\_2022]. Pela projeção no eixo Z (em azul) da proporção do mento, em relação a distância orbital frontomalar (fmo-fmo), percebe-se que a dimensão no eixo X do crânio é maior maior do que a média esperada, o que é atestado pela conformação da estrutura dentro das médias projetadas a partir da glabella e do nasion (linhas verdes próximas ao mento), que se encontram um pouco abaixo por conta da perda de dentes e a oclusão adaptada. Duas videoaulas sobre a metodologia de projeção estão disponíveis de modo online em: [aula 1](#)<sup>6</sup>, [aula 2](#)<sup>7</sup>. Para complementar os dados estruturais, a tomografia de um doador virtual, reconstruída no próprio OrtoGOn-Blender [A\_Moraes\_2021c], foi posicionada no mesmo plano que a de Bach (Fig.1.3, B) e ajustada de modo que o crânio do doador se equiparasse aquele que seria aproximado (Fig.1.3, C), refletindo a deformação no tecido mole e, logo, gerando uma face estruturalmente próxima ao que seria em vida [A\_Quatrehomme\_1997]. No processo foi possível segmentar a estrutura correspondente ao endocrânio (Fig.1.3, D). Uma videoaula abordando a “deformação” anatômica pode ser acessada de [modo online](#)<sup>8</sup>.

Seguindo a abordagem disponível em [A\_Abdullah\_2022], um busto previamente preparado foi importado e deformado sobre os dados interpolados das projeções e da deformação anatô-

<sup>6</sup> <https://youtu.be/U6oYkEmfyWo>

<sup>7</sup> <https://youtu.be/Vcz2e5uSFX8>

<sup>8</sup> [https://youtu.be/xig5\\_EcIFWA](https://youtu.be/xig5_EcIFWA)

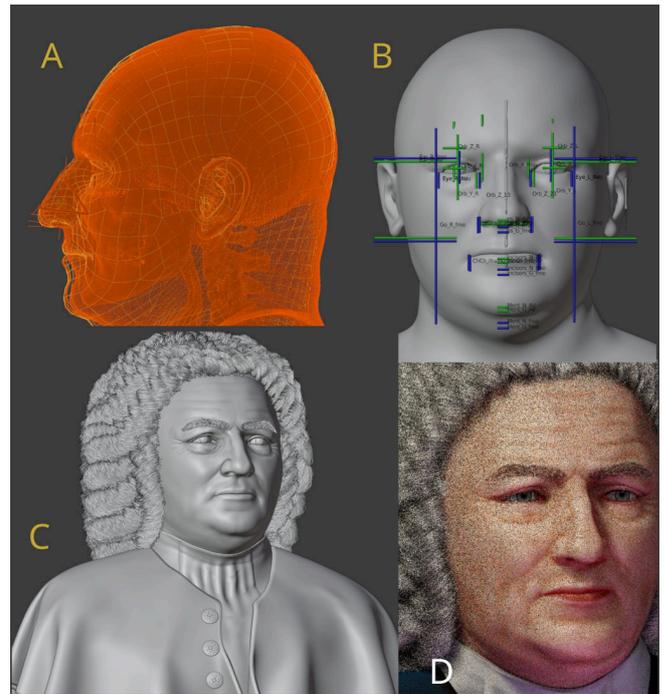


Figura1.4: Etapas finais da AFF.

mica (Fig.1.4, A e B). Na sequência as marcas de expressão foram esculpidas digitalmente, visando compatibilizar a face com a idade do compositor no momento da sua morte; também foram modeladas a indumentária, peruca e demais pelos faciais (Fig.1.4, C). Para a iluminação e pigmentação da pele, foi tomado como referência o quadro pintado por Hausmann em 1746 (Fig.1.4, D). Depois da face finalizada foram efetuadas comparações, medições e geradas as mídias para apresentação do rosto.

### 1.3 Resultados e Discussão

Ao todo foram geradas 12 imagens finais, quatro objetivas, quatro coloridas e quatro artísticas. As imagens objetivas ilustram o rosto com os olhos fechados, pois não se sabe com certeza o formato dos mesmos, além de não apresentarem a pigmentação da pele, pelos e cabelos, dos quais também não foram encontrados dados robustos e lembrando que não foram efetuados exames de DNA nos restos mortais (Fig.1.5, Fig.1.6, Fig.1.7, Fig.1.8). Outro grupo apresenta apenas a face, colorida e com os olhos abertos, mas sem cabelos e sem indumentária (Fig.1.9, Fig.1.10, Fig.1.11, Fig.1.12). Como o presente projeto está relacionado ao campo arqueológico e histórico, dentro de um contexto de pesquisa e divulgação, é esperado que se crie uma imagem com elementos artísticos e especulativos, como a configuração da peruca, indumentária, etc., o que foi abordado no terceiro grupo (Fig.1.13, Fig.1.14, Fig.1.15, Fig.1.16).

Assim que finalizada, a face básica foi comparada com outros trabalhos relacionados ao rosto de Bach, inicialmente com o quadro pintado por Haussmann em



Figura1.5: Objetiva - lateral (pose Haussmann).



Figura1.7: Objetiva - frontal baixa.

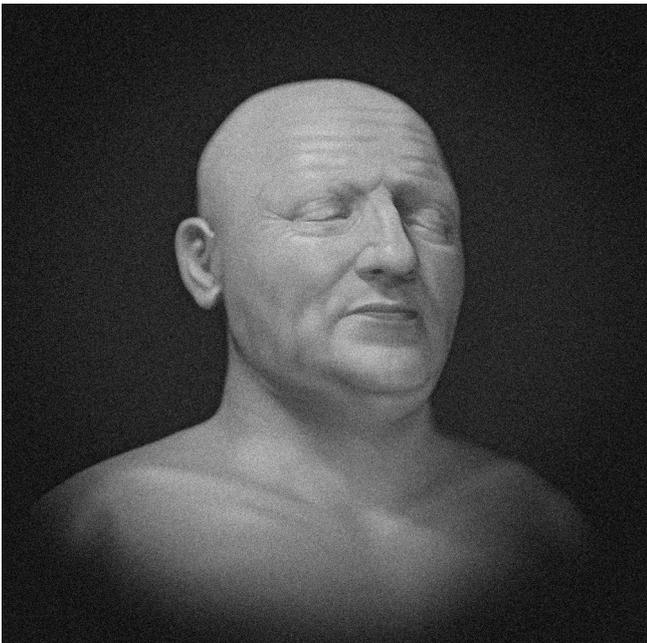


Figura1.6: Objetiva - lateral baixa.

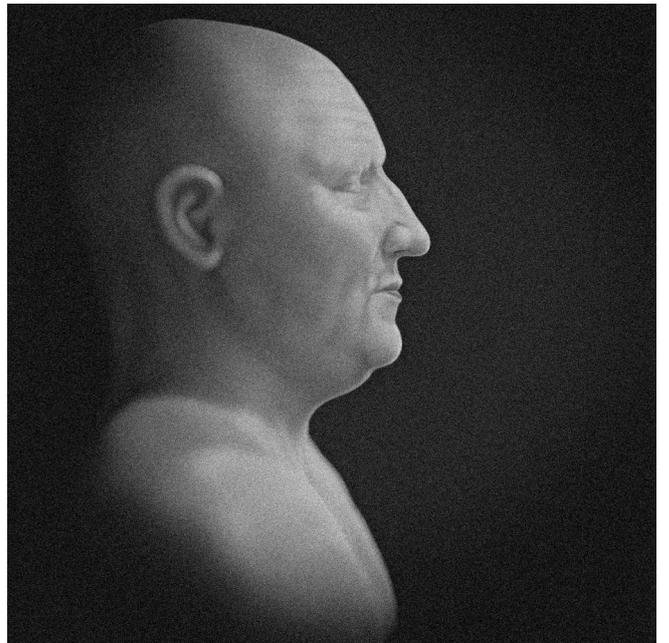


Figura1.8: Objetiva - perfil.



Figura1.9: Colorida - lateral (pose Haussmann).



Figura1.11: Colorida - frontal baixa.

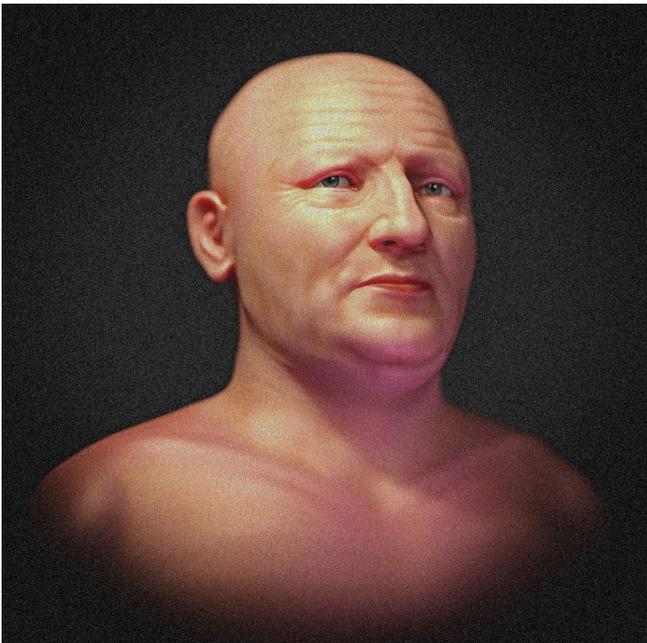


Figura1.10: Colorida - lateral baixa.

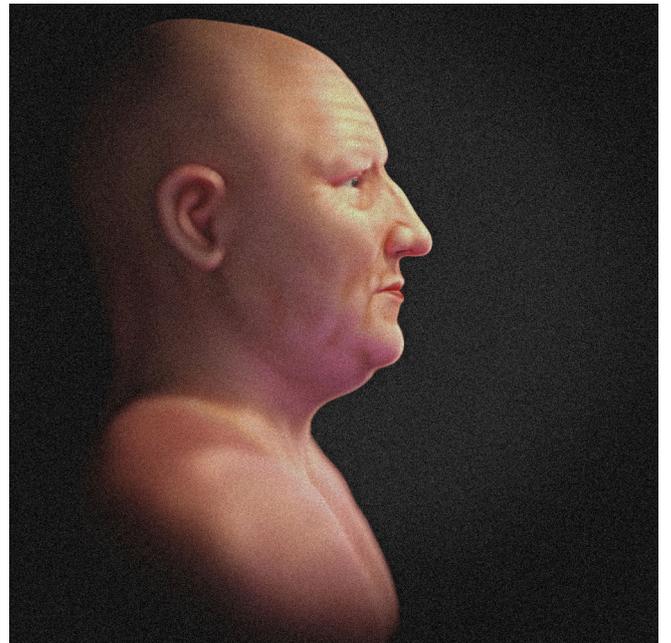


Figura1.12: Colorida - perfil.



Figura1.13: Artística - lateral (pose Haussmann).



Figura1.15: Artística - frontal baixa.

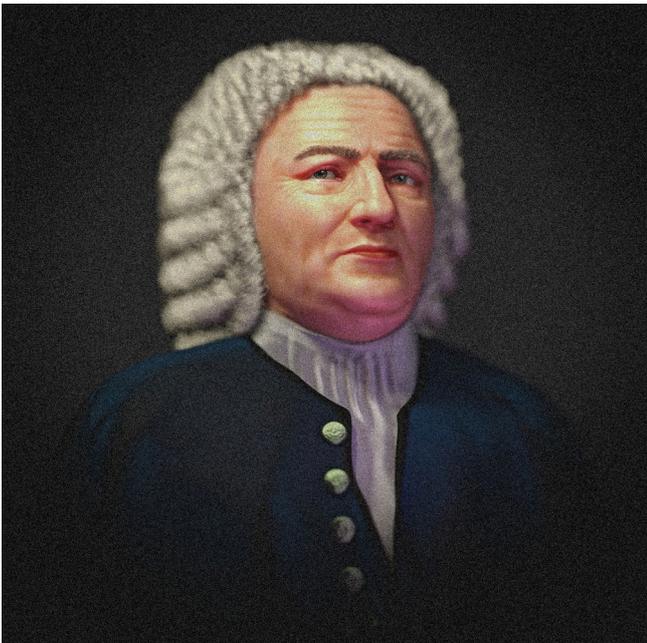


Figura1.14: Artística - lateral baixa.

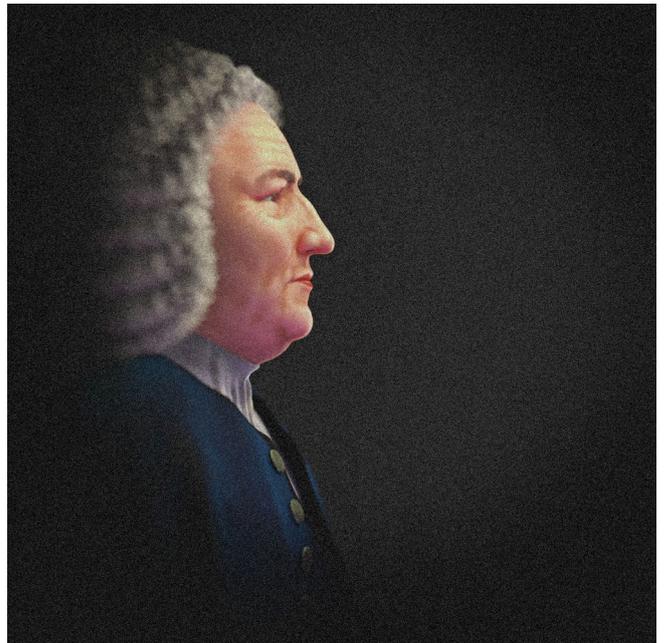


Figura1.16: Artística - perfil.

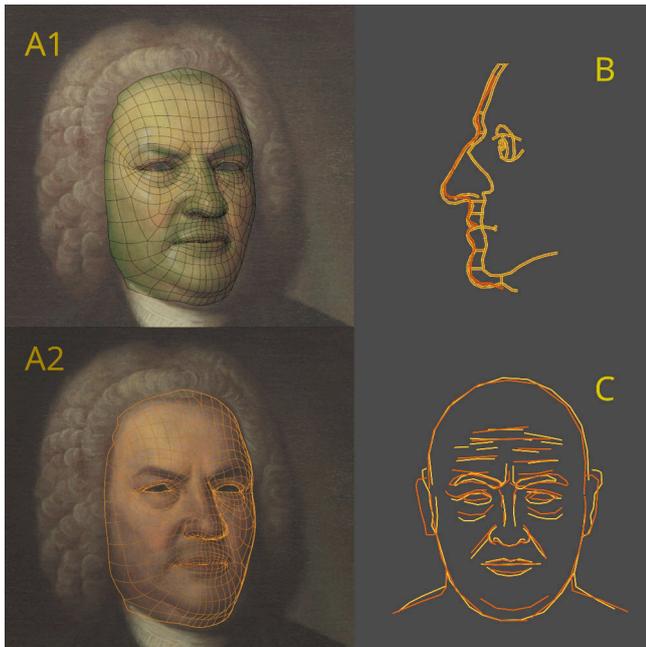


Figura1.17: Comparações com outras obras. A1 e A2) Máscara wireframe da aproximação sobreposta à pintura de Haussmann (1746)-Wikimedia Commons CC. B) Desenho bidimensional de His versus projeção do perfil do atual trabalho [A\_His\_1895]. C) Sobreposição no mesmo ângulo dos traços da aproximação de Wilkinson 2008 [A\_Dundee\_2008] [A\_Wilkinson\_2010] sobre o trabalho atual.

1746 (Fig.1.17, A1 e A2), onde percebe-se uma significativa compatibilidade geral, com o nariz levemente menos pronunciado no quadro, um pequeno desalinhamento dos globos oculares e bom alinhamento dos lábios. Quando comparado com o desenho bidimensional de His (1894), o trabalho atual apresenta uma grande compatibilidade geral, diferindo apenas na porção final do nariz, que é mais inclinado na versão de 1894 (Fig.1.17, B). Em relação a reconstrução de Wilkinson (2008), apesar de uma pequena variação, os trabalhos também seguem uma forma geral compatível (Fig.1.17, C). Há uma clara convergência estrutural entre os quatro trabalhos mesmo que a forma de aproximação das faces tenham sido diferentes. Outrossim, tal compatibilidade não é prova de que o crânio tenha pertencido a Bach, apenas que houve uma significativa coincidência em relação a pintura atribuída a ele. Como indica o trabalho de [A\_Zegers\_2009], alguns dados são necessários para que se tenha uma maior certeza acerca do pertencimento ou não dos restos mortais ao grande compositor.

Mesmo com o ponto de vista coerente sobre as provas, algumas incongruências da publicação de 2009 merecem nota, como a indicação de que a tradição oral teria nascido em 1894, quando o próprio His informa que ela nasceu 10 anos antes e isso faz mais sentido, uma vez que se o ano do nascimento da tradição fosse 1894, o senhor que informou acerca dela teria 75, subtraindo os 60 anos de quando recebeu a informação, teria 15 quando ouviu a história do suposto coveiro, que teria 90. Se assim fosse, o coveiro teria 90 anos em 1834, logo, em 1750 teria 6 anos, sendo di-

fícil praticar o ofício com tal idade. Se a conta for corrigida em 10 anos, segundo os dados de His, o coveiro teria 16 anos no momento da morte de Bach, o que faria mais sentido. Em relação a crítica efetuada sobre os problemas com os dados de tecido mole utilizado por His, o atual capítulo demonstra que o trabalho do anatomista foi coerente com os dados modernos, logo, faz muito sentido e, os próprios autores deste capítulo (C.M. e T. B.) já trabalharam em casos de aproximações no âmbito forense, um deles publicado em *journal* forense, onde os marcadores de espessura coincidiram de modo muito compatível com os limites do rosto aproximado [A\_Baldasso\_2020], o que vem acontecendo há mais de 10 anos de estudo, como se pode atestar em uma publicação de 2013 (<https://www.ciceromoraes.com.br/blog/?p=1632>). Uma pequena ressalva com relação ao trabalho de His seria relacionada à projeção do nariz, pois não fica clara a metodologia utilizada para o livro de 1894. Ainda assim, a análise comparativa demonstra resultados suficientes, se considerados os trabalhos modernos. Tal fato é mais um dos muitos detalhes que explicitam a grande experiência do anatomista. Um outro ponto que pode ser interessante e pousa em outra crítica por parte de Zeger et al. (2009), está na dita “doença do organista” onde os autores apresentam um estudo com organistas para refutar a condição entre essa profissão. Apesar da abordagem fazer todo sentido lógico, há um potencial fato na vida de Bach que poderia explicar a sua condição, este fato estaria ligado à viagem em que ele caminhou 440 Km em 1705 para ouvir Buxtehude tocar. Diante da situação, é razoável inferir que Bach tivesse o hábito de fazer longas caminhadas, de modo a estar preparado para grandes deslocamentos e, logo, os resultados estruturais do hábito se refletiriam na estrutura óssea.

Tabela1.1: Volume do endocrânio.

Autor	Volume (cm <sup>3</sup> )
His (1894)	1479.50
Moraes et al. (este estudo)	1484.99

Tabela1.2: Altura.

Autor	Altura (cm)
His (1894)	166.80
Moraes et al. (este estudo)	168.47

Os trabalhos não se limitaram a comparação de faces, outras mensurações e projeções foram efetuadas. Em relação ao volume do endocrânio, o estudo de His (1895) apresenta um valor de ~1480 cm<sup>3</sup>, já o atual resultou em ~1485 cm<sup>3</sup>. O levantamento foi possível graças à técnica de deformação anatômica e aos dados da espessura do osso craniano de Bach, presente na obra de 1895. Ao se converter o endocrânio em volume cerebral com a redução de 9,81%

[A\_Moraes\_2023], o resultante foi 1339 cm<sup>3</sup>, pouco acima de um desvio padrão da média de humanos adultos do sexo masculino que seria de ~1234 cm<sup>3</sup> (± 98) [A\_Ritchie\_2018]. Em relação a circunferência da cabeça, a mensuração resultou em 57.39 cm, frente a média dos adultos do sexo masculino que é de 56.2 cm (± 2.5) [A\_Costa\_2022]. Em relação a altura, o trabalho de His apresenta 166.8 cm, e o atual, segundo a tabela de Orfila, 168.5 cm [A\_Galvao\_2019].

## 1.4 Conclusão

O presente capítulo objetivou apresentar uma aproximação facial forense a partir de dados disponíveis digitalmente. Aplicando uma metodologia estabelecida anteriormente, foi possível apresentar novas imagens em um trabalho com licença aberta e que pode motivar estudos e debates, além de evidenciar um pouco da história de Johann Sebastian Bach e dos supostos restos mortais do compositor.

## 1.5 Agradecimentos

Ao Dr. Richard Gravalos, por ceder a tomografia computadorizada utilizada neste estudo. Ao Dr. Rodrigo Dornelles por revisar o texto.

## 1.6 Referências Bibliográficas

- [A\_Abdullah\_2022] Abdullah, J. Y., Moraes, C., Saidin, M., Rajion, Z. A., Hadi, H., Shahidan, S., & Abdullah, J. M. (2022). Forensic Facial Approximation of 5000-Year-Old Female Skull from Shell Midden in Guar Kepah, Malaysia. In *Applied Sciences* (Vol. 12, Issue 15, p. 7871). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app12157871>
- [A\_Baer\_1951] BAER K. A. (1951). Johann Sebastian Bach (1685-1750) in medical history. *Bulletin of the Medical Library Association*, 39(3), 206-211.
- [A\_Baldasso\_2020] Baldasso, R. P., Moraes, C., Gallardo, E., Stumvoll, M. B., Crespo, K. C., Strapason, R. A. P., & de Oliveira, R. N. (2020). 3D forensic facial approximation: Implementation protocol in a forensic activity. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 66, Issue 1, pp. 383-388). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14587>
- [A\_Breitenfeld\_2006] Breitenfeld, T., Solter, V. V., Breitenfeld, D., Zavoreo, I., & Breitenfeld, V. 2006. Johann Sebastian Bach's Strokes. *Acta clinica Croatica*, Vol. 45 No. 1. <https://hrcaak.srce.hr/14049>
- [A\_Costa\_2022] Costa, N. R. da, Mancine, L., Salvini, R., Teixeira, J. de M., Rodriguez, R. D., Leite,

R. E. P., Nascimento, C., Pasqualucci, C. A., Nitrini, R., Jacob-Filho, W., Lafer, B., Grinberg, L. T., Suemoto, C. K., & Nunes, P. V. (2022). Microcephaly measurement in adults and its association with clinical variables. In *Revista de Saúde Pública* (Vol. 56, p. 38). Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA). <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056004175>

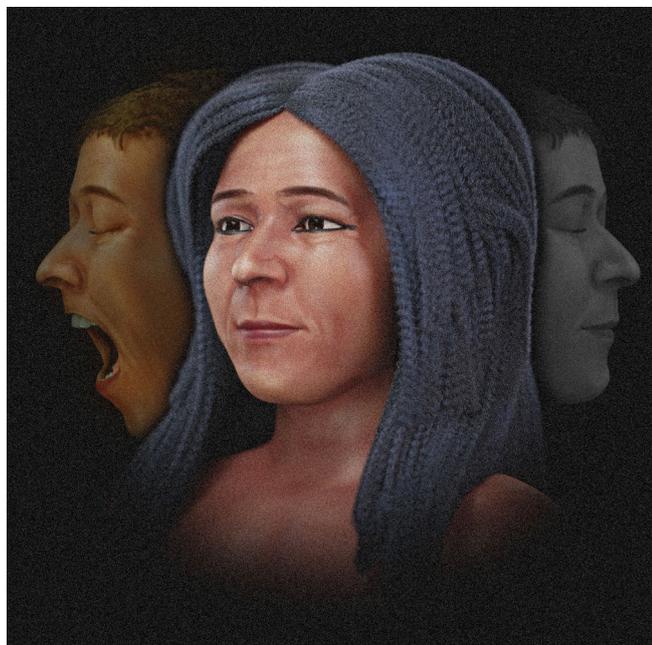
- [A\_Cunha\_2020] Cunha, H. S., da Costa Moraes, C. A., de Faria Valle Dornelles, R., & da Rosa, E. L. S. (2020). Accuracy of three-dimensional virtual simulation of the soft tissues of the face in OrtogOnBlender for correction of class II dentofacial deformities: an uncontrolled experimental case-series study. In *Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 25, Issue 3, pp. 319-335). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s10006-020-00920-0>
- [A\_De\_Greef\_2006] De Greef, S., Claes, P., Vandermeulen, D., Mollemans, W., Suetens, P., & Willems, G. (2006). Large-scale in-vivo Caucasian facial soft tissue thickness database for craniofacial reconstruction. In *Forensic Science International* (Vol. 159, pp. S126-S146). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.02.034>
- [A\_Duarte\_2023] Duarte, D. W., Fleith, I. J., Pinheiro, R. C., Machado, M. F., Zanin, E. M., & Collares, M. V. M. (2023). Mandibular morphology and distraction osteogenesis vectors in patients with Robin sequence. In *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 52, Issue 4, pp. 442-450). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2022.07.007>
- [A\_Dundee\_2008] University of Dundee. (2008). University of Dundee: External relations: Press office. <https://app.dundee.ac.uk/pressreleases/2008/prfeb08/bach.html>
- [A\_Emerly\_2024] Emery, W., & Marshall, R. L. (2024). Johann Sebastian Bach. *Encyclopædia Britannica*. <https://www.britannica.com/biography/Johann-Sebastian-Bach>
- [A\_Facanha\_2021] Façanha de Carvalho, E., Alkmin Paiva, G. L., Yonezaki, F., & Machado, G. G. (2021). Computer-Aided Surgical Simulation in Severe Atrophic Mandibular Fractures: A New Method for Guided Reduction and Temporary Stabilization Before Fixation. In *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 79, Issue 4, p. 892.e1-892.e7). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.11.011>
- [A\_Galvao\_2019] Galvão, L. C. C. (2019). Pesquisas Nacionais em Antropologia Forense. in: Vanrell, J. P. *Odontologia Legal e Antropologia Forense*. Pp. 331-350

- [A\_His\_1895] His, W. (1895). Anatomische Forschungen über Johann Sebastian Bach's Gebeine und Antlitz nebst Bemerkungen über dessen Bild. S. Hirzel, Leipzig, 1895.
- [A\_Kratochvil\_2019] KRATOCHVÍL, J. (2019). Co Prokázal Antropologický Výzkum Bachovy Kostry?. Opera PLUS. <https://rb.gy/inly4a>
- [A\_Lobo\_2022] Lobo, F., Filho, L. I., Sigua-Rodriguez, E. A., da Silva, B. G., Tolentino, E. de S., Borges, Y. M., da Silva, M. C., Tonin, R. H., & Iwaki, L. C. V. (2022). Evaluation of ortogonblender software bone movement tools in bimaxillary orthognatic surgeries performed in dolphin software. In *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 123, Issue 4, pp. 417–421). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2021.10.001>
- [A\_Moraes\_2021] Moraes, C., Sobral, D. S., Mamede, A., & Beaini, T. L. (2021). Sistema Complementar de Projeção Nasal em Reconstruções/Aproximações Faciais Forenses. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.17209379>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/3/NarizProjecao.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/3/NarizProjecao.html)
- [A\_Moraes\_2021b] Moraes, C., Gravalos, R., Machado, C. R., Chilvarquer, I., Curi, J., & Beaini, T. L. (2022). Investigação de Preditores Anatômicos para o Posicionamento dos Globos Oculares, Asas Nasais, Projeção dos Lábios e Outros a partir da Estrutura do Crânio. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.19686294>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/4/Projeco.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/4/Projeco.html)
- [A\_Moraes\_2021c] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. D. (2021). Sistema de Reconstrução de Tomografia Computadorizada Baseado no Slicer 3D e no DicomToMesh. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.13513890>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/2/Slicer.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/2/Slicer.html)
- [A\_Moraes\_2022] 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>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/4/Moldavos.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/4/Moldavos.html)
- [A\_Moraes\_2023] Moraes, C., Habicht, M. E., Galassi, F. M., Varotto, E., & Beaini, T. (2023). Pharaoh Tutankhamun: a novel 3D digital facial approximation. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, 127(1), 13–22. <https://doi.org/10.36253/ijae-14514>
- [A\_Moraes\_2024] Moraes, C., & Beaini, T. L. (2024). A Aproximação Facial do Controverso Crânio Atribuído a Nicolau Copérnico (1473-1543). *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.25447210>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/8/Copernicus.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/8/Copernicus.html)
- [A\_Nascimento\_2023] Nascimento, B. C. G., Moraes, C. A. D. C., Neto, R. P., Rocha, B. A., Miranda, E. D. P., Bessa, J. D., Nahas, W. C., Hallak, J., Muhlhall, J. P., & Gomes, C. M. (2023). (167) 3D Penile Reconstruction Imaging in Complex Peyronie's Disease (PD): Proof of Concept Study. In *The Journal of Sexual Medicine* (Vol. 20, Issue Supplement\_1). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/jsxmed/qdad060.162>
- [A\_Pereira\_2017] Pereira, J. G. D., Magalhães, L. V., Costa, P. B., & Silva, R. H. A. da. (2017). RECONSTRUÇÃO FACIAL FORENSE TRIDIMENSIONAL: TÉCNICA MANUAL VS. TÉCNICA DIGITAL. In *Revista Brasileira de Odontologia Legal* (pp. 46–54). Revista Brasileira de Odontologia Legal. <https://doi.org/10.21117/rbol.v4i2.111>
- [A\_Pinto\_2020] 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>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/1/Forense.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/1/Forense.html)
- [A\_Pontes\_2022] Pontes, M. M. (2022). 10 grandes compositores da Música Clássica. SABRA. <https://www.sabra.org.br/site/grandes-compositores/>
- [A\_Prag\_1997] John Prag and Richard Neave. (1997). *Making Faces Using Forensic and Archaeological Evidence*. British Museum Press, 1997. ISBN 0714117439.
- [A\_Quatrehomme\_1997] Quatrehomme G, Cotin S, Subsol G, Delingette H, Garidel Y, Grévin G, Fidrich M, Baillet P, Ollier A. A fully three-dimensional method for facial reconstruction based on deformable models. *J Forensic Sci*. 1997 Jul;42(4):649–52. PMID: 9243826.
- [A\_Ritchie\_2018] Ritchie, S. J., Cox, S. R., Shen, X., Lombardo, M. V., Reus, L. M., Alloza, C., Harris, M. A., Alderson, H. L., Hunter, S., Neilson, E., Liewald, D. C. M., Auyeung, B., Whalley, H. C., Lawrie, S. M., Gale, C. R., Bastin, M. E., McIntosh, A. M., & Deary, I. J. (2018). Sex Differences in the Adult Human Brain: Evidence from 5216 UK Biobank Participants. In *Cerebral Cortex* (Vol. 28, Issue 8, pp. 2959–2975). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/cercor/bhy109>
- [A\_Shastri\_2021] Shastri, D., Tandon, P., & Singh, A. (2021). Nasal changes in different age groups. In *National Journal of Maxillofacial Surgery*

(Vol. 12, Issue 3, p. 367). Medknow. [https://doi.org/10.4103/njms.njms\\_246\\_20](https://doi.org/10.4103/njms.njms_246_20)

- [A\_Sobral\_2021] Sobral, D. S., Duarte, D. W., Dornelles, R. F. V., & Moraes, C. A. C. (2021). 3D Virtual Planning for Rhinoplasty Using a Free Add-On for Open-Source Software. In *Aesthetic Surgery Journal* (Vol. 41, Issue 8, pp. NP1024–NP1032). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/asj/sjab085>
- [A\_Stephan\_2015] Stephan, C. N. (2015). Facial Approximation-From Facial Reconstruction Synonym to Face Prediction Paradigm. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 60, Issue 3, pp. 566–571). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12732>
- [A\_Salazar\_2022] 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>
- [A\_Taub\_2024] Taub, B. (2024). Injured tortoise zooms around on new wheels thanks to 3D-printed prosthesis. IFLScience. <https://bit.ly/4eWxmKN>
- [A\_Taylor\_2000] Taylor, K. T. (2000). *Forensic Art and Illustration*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420036954>
- [A\_Zegers\_2009] Zegers, R. H. C., Maas, M., Koopman, A. (Ton) G., & Maat, G. J. R. (2009). Are the alleged remains of Johann Sebastian Bach authentic? In *Medical Journal of Australia* (Vol. 190, Issue 4, pp. 213–216). AMPCo. <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2009.tb02354.x>
- [A\_Welcker\_1883] Welcker, H. (1883). *Schiller's Schadel und Todtenmaske : nebst Mittheilungen uber Schadel und Todtenmaske Kant's / von Hermann Welcker*. Braunschweig : F. Vieweg, 1883.
- [A\_Wilkinson\_2004] Wilkinson, C. (2004). *Forensic Facial Reconstruction*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781107340961>
- [A\_Wilkinson\_2010] Wilkinson, C. (2010). Facial reconstruction – anatomical art or artistic anatomy? In *Journal of Anatomy* (Vol. 216, Issue 2, pp. 235–250). Wiley. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2009.01182.x>

# A Aproximação Facial da Múmia que Grita (XVIII Dinastia)



**Cicero Moraes**

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

Google Scholar<sup>9</sup>, ResearchGate<sup>10</sup>, ORCID<sup>11</sup>, Homepage.<sup>12</sup>

Data da publicação: 01 de setembro de 2024

ISSN: 2764-9466 (Vol. 6, nº 1, 2025)

DOI: 10.6084/m9.figshare.26776423

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

<sup>9</sup> <https://scholar.google.com.br/citations?user=u33uvHUAAAAJ>

<sup>10</sup> <https://www.researchgate.net/profile/Cicero-Moraes>

<sup>11</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9479-0028>

<sup>12</sup> <http://www.ciceromoraes.com.br>

**Aviso:** O presente trabalho é independente, sem vínculo com a instituição que guarda os restos mortais da múmia CIT8, tampouco com as universidades e instituições que os estudaram. O elemento motivador do capítulo é a criação de material didático para o ensino da técnica de aproximação facial, ao testar a possibilidade de se reconstruir uma face utilizando dados originalmente disponíveis em matérias de jornais, mídias online, livros e *journals* acadêmicos. Recomenda-se fortemente a leitura do estudo original de Saleem & El-Merghani (2024) intitulado “Paleoradiological and scientific investigations of the screaming woman mummy from the area beneath Senmut’s (1479–1458 BC) Theban tomb (TT71)” [B\_Saleem\_2024].

**Atenção:** Caso encontre algum erro no material, sinta-se à vontade para informá-lo ao autor, o contato pode ser feito via redes sociais acadêmicas informadas no início do capítulo.

## 2.1 Introdução

### 2.1.1 A Múmia que Grita

Popularmente conhecida como a Múmia que Grita (cód. CIT8), os restos mortais de uma mulher desconhecida, atualmente sob a guarda do Museu Egípcio do Cairo, foi encontrada durante escavações efetuadas entre 1935 e 1936 pelo Metropolitan Museu, abaixo do Túmulo de Serviço de Semut na cidade de Deir el-Bahari (Egito). O caixão e outros acessórios como anéis encontrados na escavação, estão ainda hoje em exposição no Metropolitan Museum em Nova Iorque (Estados Unidos). Como não foi enfaixado o corpo revela muitos detalhes anatômicos, no entanto, uma característica esturturel que chama a atenção é a expressão facial, com a boca aberta, lembrando a configuração de uma pessoa que grita. No ano de 2024, um caminhão com um tomógrafo se deslocou até o Museu Egípcio do Cairo, onde a múmia teve seu corpo inteiro escaneado. Segundo as análises efetuadas pe-

las doutoras Sahar N. Saleem<sup>13</sup> e Samia El-Merghani<sup>14</sup>, a tomografia revelou um indivíduo do sexo feminino, que morreu por volta dos 48 anos ( $\pm 14$ ), que tinha aproximadamente 1.54 m de altura em vida, com desgaste dentário leve e moderado, sem a presença de doenças periodontais ou cáries e com alterações degenerativas leves das articulações. As autoras observaram algumas modificações estruturais entre os dados colhidos nos anos 1930 e os atuais, como a desconfiguração da peruca e perda de tecido na parede abdominal. Em relação aos órgãos, conseguiram identificar os tecidos do coração, pulmão, fígado, baço, rins e intestinos, posicionados próximos às suas regiões anatômicas. Pelas condições do crânio não foram encontradas evidências de exceração; os orifícios vaginal e anal dilatados sugerem o uso de uma embalagem, outrora presente para tampar as aberturas. Não foi possível determinar a causa da morte e as autoras indicaram a possibilidade dos embalsamadores terem recebido o corpo já com o enrigecimento muscular facial, o que os teria impossibilitado de fechar a boca de CIT8. Um aspecto interessante do estudo se relaciona com os caros materiais utilizados no processo de embalsamamento, o que contradiz a crença tradicional de que a não remoção das vísceras envolvia um processo de mumificação de menor qualidade.

## 2.2 Materiais e Métodos

### 2.2.1 Conceitos, Software e Hardware

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [B\_Stephan\_2015], é uma técnica auxiliar de reconhecimento que reconstrói/aproxima a face de uma pessoa a partir do seu crânio e é utilizada quando há escassa informação para a identificação de um indivíduo [B\_Pereira\_2017]. Nota-se que a técnica não se trata de identificação, como aquelas oferecidas por DNA ou análise comparativa de arcos dentários, mas sim de reconhecimento que pode levar à posterior identificação [B\_Baldasso\_2020].

O presente trabalho utiliza o mesmo passo-a-passo abordado em [B\_Abdullah\_2022] e [B\_Moraes\_2024], iniciado com a configuração do crânio na cena 3D, seguindo com a projeção do perfil e estruturas da face a partir de dados estatísticos, gerando o volume do rosto com o auxílio da técnica de “deformação” anatômica [B\_Quatrehomme\_1997] e o acabamento com o detalhamento da face, configuração dos pelos, da peruca e geração das imagens finais.

O processo de modelagem foi efetuado no software Blender 3D, rodando o *add-on* OrtogOnBlender ([http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/](http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/)

<sup>13</sup> <https://scholar.google.com/citations?user=cj0jYo8AAAAJ&hl=en>

<sup>14</sup> <https://www.researchgate.net/profile/Samia-El-Merghani>

[OrtogOnBlender/index.html](http://OrtogOnBlender/index.html)) e seu submódulo ForensicOnBlender [B\_Pinto\_2020], ambos desenvolvidos pelo primeiro autor do presente material. O programa e o *add-on* são gratuitos, de código aberto e multiplataforma, podendo rodar no Windows ( $>=10$ ), no MacOS ( $>=BigSur$ ) e no Linux ( $=Ubuntu\ 20.04$ ).

Foi utilizado um computador *desktop* com as seguintes características: Processador Intel Core i9 9900K 3.6 GHz/16M; 64 GB de memória RAM; GPU GeForce 8 GB GDDR6 256-bit RTX 2070; Placa mãe Gigabyte 1151 Z390; SSD SATA III 960 GB 2.5"; SSD SATA III 480 GB 2.5"; Water Cooler Masterliquid 240V; Linux 3DCS (<https://github.com/cogitas3d/Linux3DCS>), baseado no Ubuntu 20.04.

**Atenção:** Além da AFF o OrtogOnBlender é utilizado para o planejamento de cirurgia ortognática [B\_Cunha\_2020] [B\_Lobo\_2022], rino-plastia [B\_Sobral\_2021], fraturas mandibulares [B\_Facanha\_2021], expansores mandibulares de bebês [B\_Duarte\_2023], documentação urológica [B\_Nascimento\_2023], próteses veterinárias [B\_Taub\_2024], próteses faciais [B\_Salazar\_2022] e outros, por usuários de 30 países, contemplando 4 continentes.

### 2.2.2 Aproximação Facial Forense

Para executar uma AFF é imprescindível que se tenha uma série de informações sobre o crânio. Isso inclui fotografias em diferentes vistas, medidas lineares e análises antropológicas. Em alguns casos, há a disponibilidade de imagens radiográficas, exames de imagem e outros dados.

O crânio de CIT8 foi reconstruído tomando como base os dados presentes em [B\_Saleem\_2024], onde algumas figuras com pontos devistas diferentes informam as proporções anatômicas e, graças à dimensão do úmero foi possível colocar as projeções na escala real. O crânio de uma doadora virtual foi deformado sobre as projeções na escala, utilizando uma câmera virtual a partir do ponto de vista das imagens originais, com a mandíbula rotacionada de modo compatível a da tomografia (Fig.2.1, A e B). O posicionamento dos dentes também foi trabalhado a partir dos dados presentes na tomografia (Fig.2.1, C) e ajustado posteriormente às fotos mais antigas da múmia. Depois que as projeções iniciais se mostrarem compatibilizadas, a mandíbula foi rotacionada na oclusão dentária (Fig.2.1, D).

Com o crânio reconstruído, a mandíbula na oclusão e rotacionado ao plano de Frankfurt, alguns pontos anatômicos foram distribuídos sobre a superfície e uma série de limites estruturais foram fornecidos. Tais projeções tomam como base medidas efetuadas

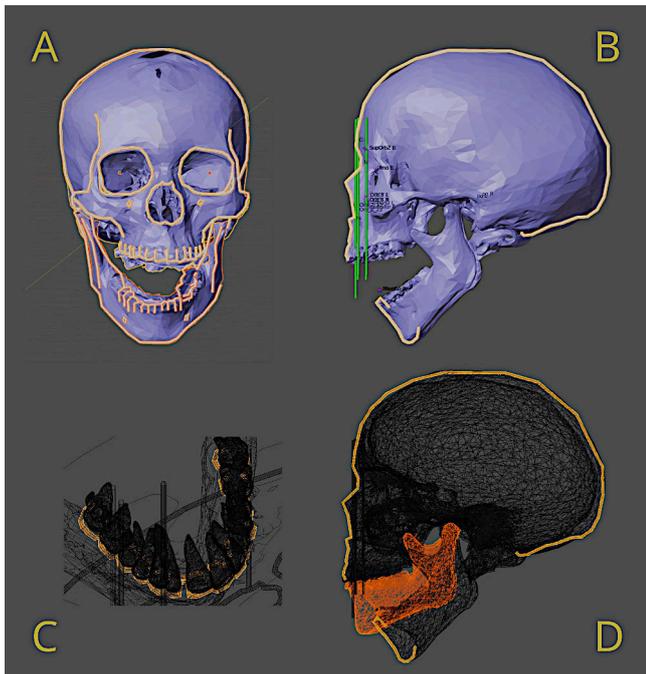


Figura 2.1: Reconstituição do crânio.

em tomografias computadorizadas de indivíduos vivos com ancestralidades diferentes [B\_Moraes\_2021] [B\_Moraes\_2022]. Os limites do crânio de CIT8 estão dentro do esperado para a média e proporção dos adultos a partir do ponto da glabella (Fig.2.2, A). Duas videoaulas sobre a metodologia de projeção estão disponíveis de modo online em: aula 1<sup>15</sup>, aula 2<sup>16</sup>. Marcaadores de espessura do tecido mole foram distribuídos pela superfície do crânio (Fig.2.2, B), seguindo a tabela de medidas relacionadas a egípcios modernos do sexo feminino e com IMC médio [B\_El-Mehallawi\_2001]. A projeção nasal foi efetuada utilizando três dados diferentes, a projeção pelo método russo, pelo método de Manchester e pela metodologia complementar desenvolvida pelo autor do presente trabalho junto a uma equipe de especialistas, utilizando medidas efetuadas em tomografias computadorizadas de pessoas vivas e advindas de ancestralidades diferentes [B\_Moraes\_2021b] [B\_Moraes\_2022]. Uma video aula<sup>17</sup> sobre a abordagem pode ser acessada de modo online. Com os dados da espessura de tecido mole e projeção nasal, foi possível efetuar o traçado do perfil da face (Fig.2.2, B). Para complementar os dados estruturais, a tomografia de uma doadora virtual, reconstruída no próprio OrtogOnBlender [B\_Moraes\_2021c], foi posicionada no mesmo plano que a de CIT8 (Fig.2.2, C) e ajustada de modo que o crânio da doadora se equiparasse aquele que seria aproximado (Fig.2.2, D), refletindo a deformação no tecido mole e, logo, gerando uma face estruturalmente próxima ao que seria em vida [B\_Quatrehomme\_1997]. Uma videoaula abordando a “deformação” anatômica pode ser acessada de modo online<sup>18</sup>.

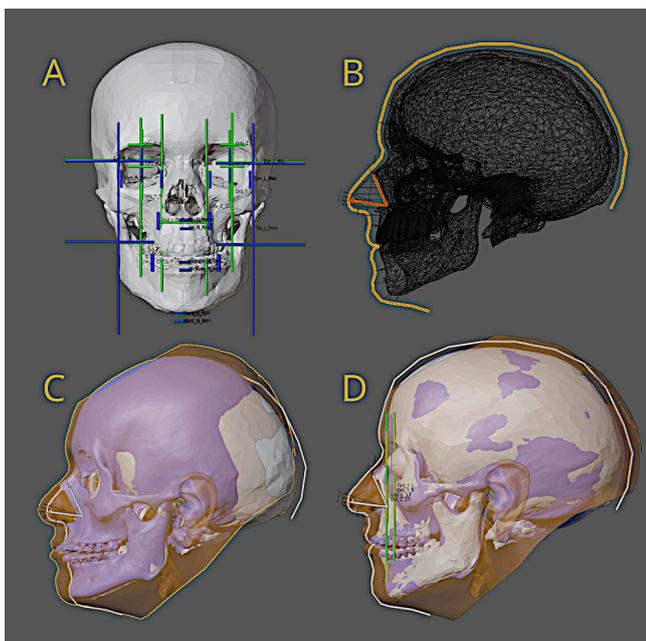


Figura 2.2: Processo inicial de aproximação facial.

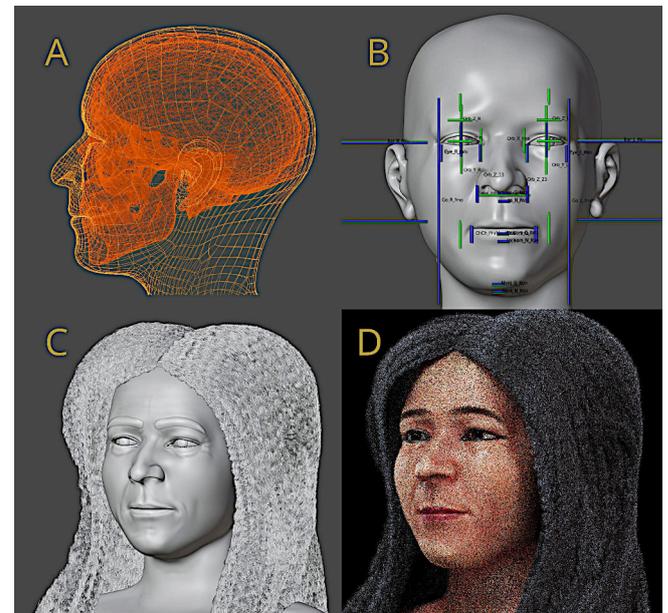


Figura 2.3: Processo final de aproximação facial.

<sup>15</sup> <https://youtu.be/U6oYkEmfyWo>
<sup>16</sup> <https://youtu.be/Vcz2e5uSFX8>
<sup>17</sup> <https://youtu.be/F205kLQ--Oo>
<sup>18</sup> [https://youtu.be/xig5\\_EcIFWA](https://youtu.be/xig5_EcIFWA)

Seguindo a abordagem disponível em [B\_Abdullah\_2022], um busto previamente preparado foi importado e deformado sobre os dados interpolados das projeções e da deformação anatômica (Fig.2.3, A e B). Na sequência as marcas de expressão foram esculpidas digitalmente, visando compatibilizar a face com a idade do indivíduo no momento da sua morte; também foram modeladas a peruca e pelos faciais (Fig.2.3, C). Para a iluminação e pigmentação da pele, foram tomadas como referência a abordagem descrita no estudo de Moraes & Habicht (2024) [B\_Moraes\_2024b], baseadas na arte egípcia e estudos populacionais (Fig.2.3, D). Depois da face finalizada foram geradas as imagens para apresentação do rosto.

## 2.3 Resultados e Discussão

Foram renderizadas nove imagens para a apresentação da face. Três na versão objetiva, em escala de cinza, pois não se tem a informação da coloração da pele; com os olhos fechados, pois não se sabe com exatidão o formato dos olhos abertos; com cabelos curtos, segundo dados de [B\_Saleem\_2024] e sem a peruca (Fig.2.4, Fig.2.5, Fig.2.6). Três imagens fornecem a estrutura facial post mortem com a mandíbula na posição atual e coloração dos cabelos segundo dados de [B\_Saleem\_2024] (Fig.2.7, Fig.2.8, Fig.2.9). As outras três imagens contém elementos subjetivos e mais artísticos, como coloração da pele e dos olhos, estes abertos e a peruca segundo dados de [B\_Saleem\_2024] (Fig.2.10, Fig.2.11, Fig.2.12).

Ainda que se tenha tomado todos os cuidados no momento da reconstrução tridimensional do crânio, trata-se de uma projeção derivada das informações de um trabalho de terceiros e pode conter uma margem de erro em relação ao a anatomia original. Mesmo com essa potencial limitação, o presente estudo permitiu a criação de imagens didáticas que mostram o rosto não apenas em vida, mas também no post mortem, complementando o estudo original de Saleem & El-Merghani (2024) e oferecendo aos interessados uma descrição gráfica mais ampla, a exemplo do que foi feito na aproximação facial do rei Seqenenre-Taa-II [B\_Moraes\_2024c]. Em ambos os casos (CIT8 e Seqenenre-Taa-II) os elementos visuais da versão post mortem foram abrandados para não chocar o grande público, que é o objetivo final desta abordagem.

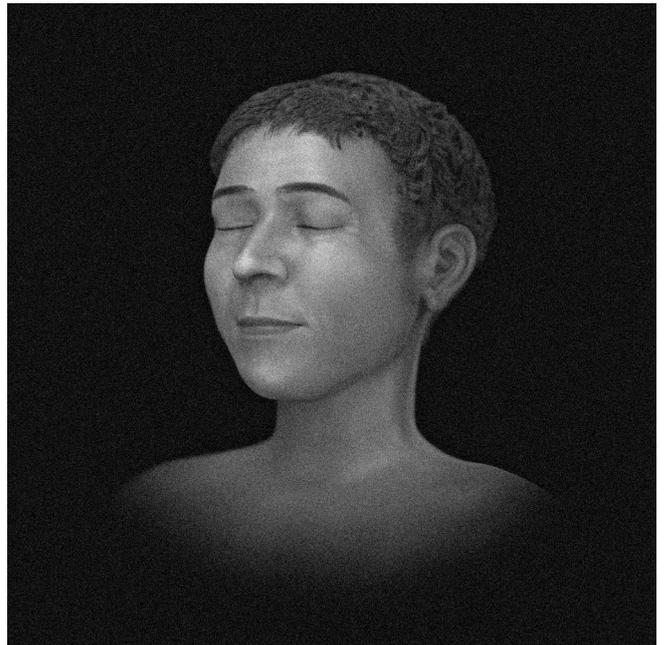


Figura2.4: Objetiva - 3/4.

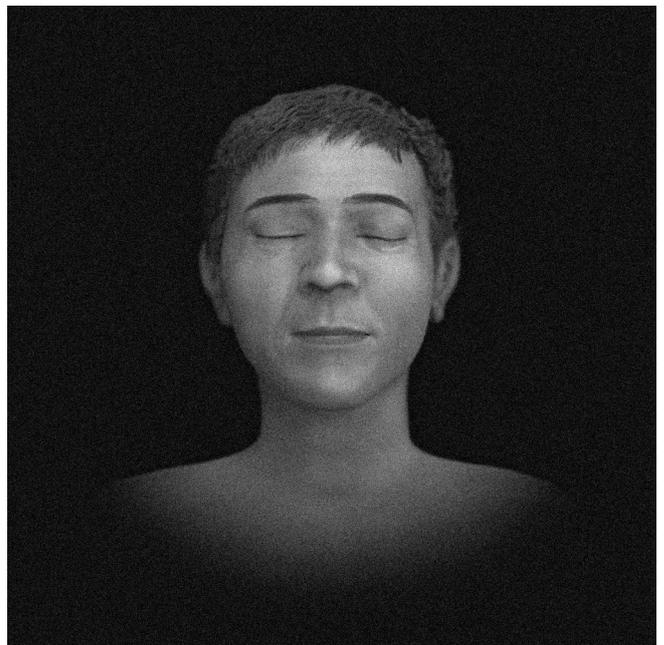


Figura2.5: Objetiva - frontal.

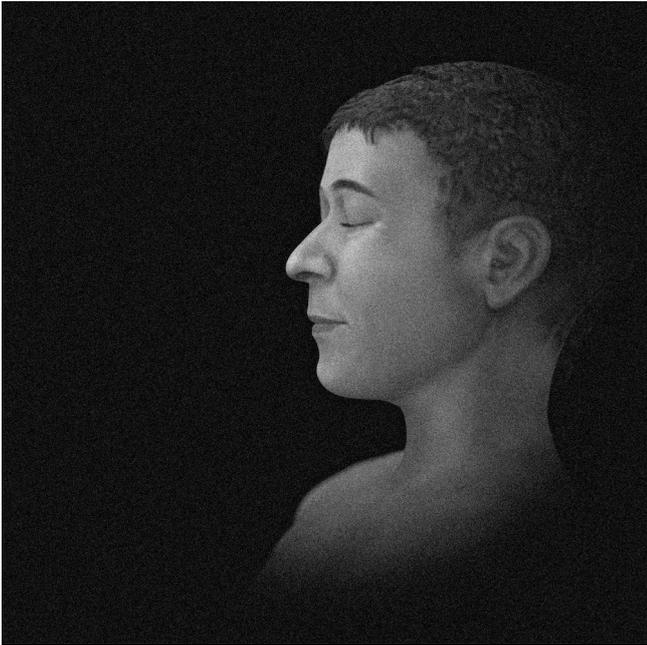


Figura2.6: Objativa - perfil.

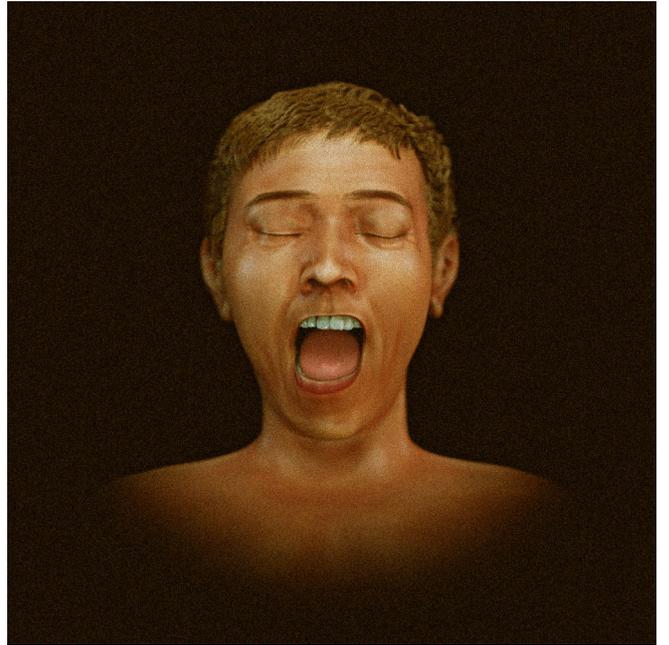


Figura2.8: Post mortem - frontal.

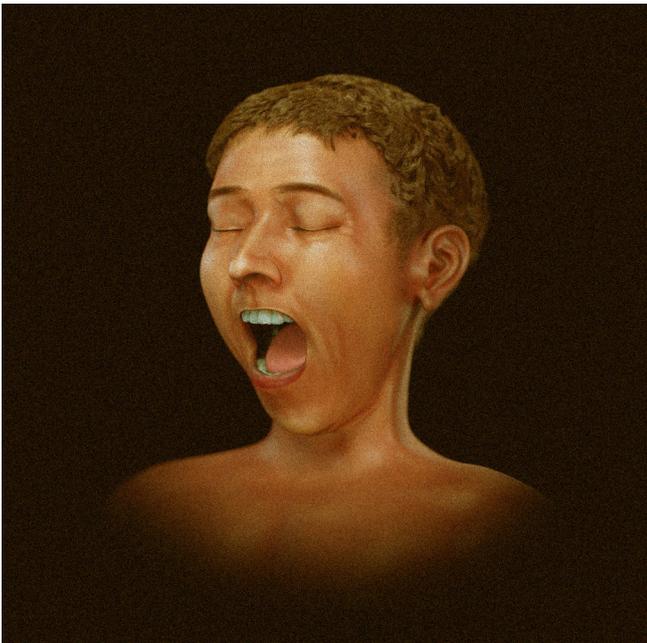


Figura2.7: Post mortem - 3/4.

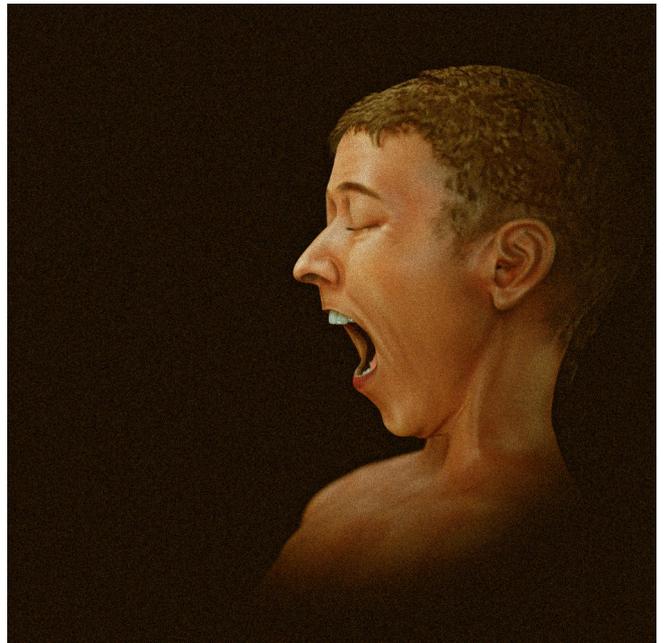


Figura2.9: Post mortem - perfil.

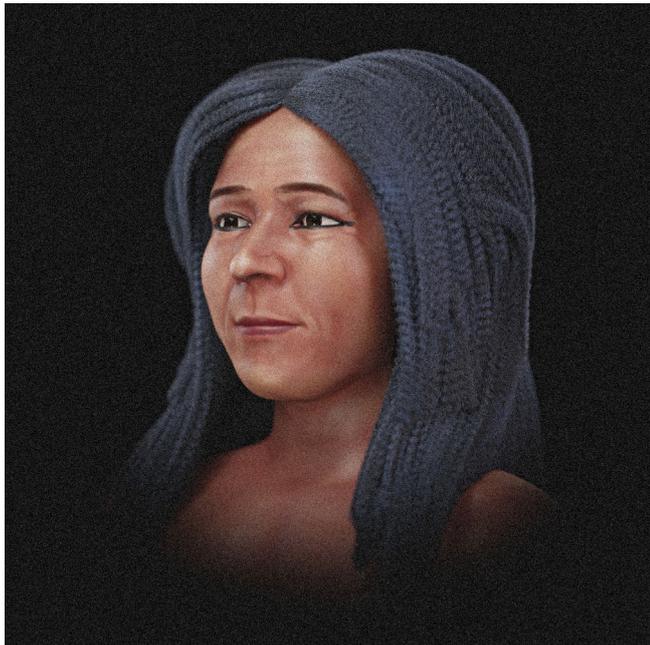


Figura2.10: Final - 3/4.

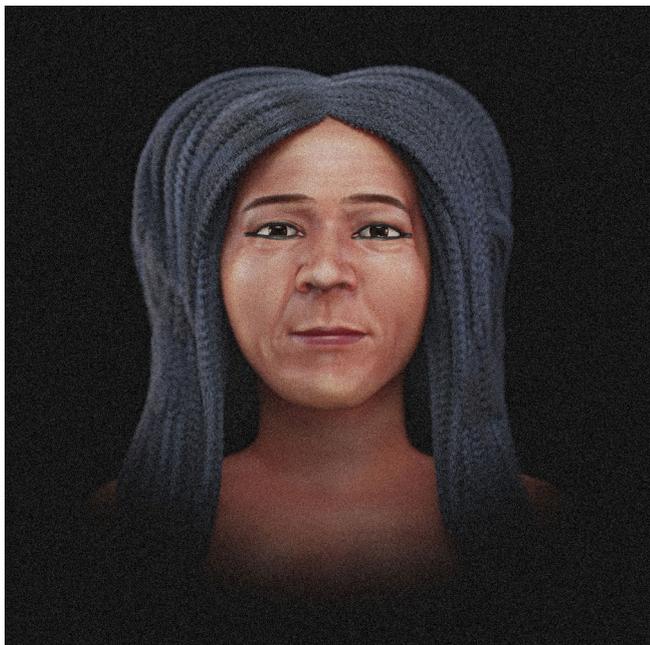


Figura2.11: Final - frontal.

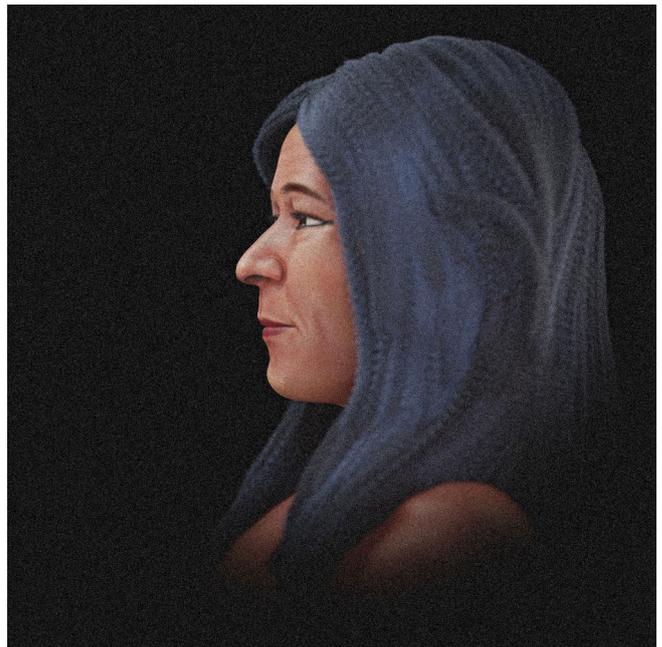


Figura2.12: Final - perfil.

## 2.4 Conclusão

O presente capítulo objetivou apresentar uma aproximação facial forense a partir de dados disponíveis digitalmente. Aplicando uma metodologia estabelecida anteriormente, foi possível apresentar novas imagens em um trabalho com licença aberta e que pode motivar estudos e debates, além de evidenciar um pouco da história de CIT8, a Múmia que Grita.

## 2.5 Agradecimentos

Ao Dr. Richard Gravalos, por ceder a tomografia computadorizada utilizada neste estudo. Às doutoras Sahar N. Saleem e Samia El-Merghani por publicarem o artigo sob licença Creative Commons, viabilizando este e outros estudos que certamente serão publicados no futuro.

## 2.6 Referências Bibliográficas

- [B\_Abdullah\_2022] Abdullah, J. Y., Moraes, C., Saidin, M., Rajion, Z. A., Hadi, H., Shahidan, S., & Abdullah, J. M. (2022). Forensic Facial Approximation of 5000-Year-Old Female Skull from Shell Midden in Guar Kepah, Malaysia. In *Applied Sciences* (Vol. 12, Issue 15, p. 7871). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app12157871>
- [B\_Baldasso\_2020] Baldasso, R. P., Moraes, C., Gallardo, E., Stumvoll, M. B., Crespo, K. C., Strapason, R. A. P., & de Oliveira, R. N. (2020). 3D forensic facial approximation: Implementation protocol in a forensic activity. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 66, Issue 1, pp. 383–388). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14587>

- [B\_Cunha\_2020] Cunha, H. S., da Costa Moraes, C. A., de Faria Valle Dornelles, R., & da Rosa, E. L. S. (2020). Accuracy of three-dimensional virtual simulation of the soft tissues of the face in OrtogOnBlender for correction of class II dentofacial deformities: an uncontrolled experimental case-series study. In *Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 25, Issue 3, pp. 319–335). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s10006-020-00920-0>
- [B\_Duarte\_2023] Duarte, D. W., Fleith, I. J., Pinheiro, R. C., Machado, M. F., Zanin, E. M., & Collares, M. V. M. (2023). Mandibular morphology and distraction osteogenesis vectors in patients with Robin sequence. In *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 52, Issue 4, pp. 442–450). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2022.07.007>
- [B\_El-Mehallawi\_2001] El-Mehallawi, I. H., & Soliman, E. M. (2001). Ultrasonic assessment of facial soft tissue thicknesses in adult Egyptians. *Forensic science international*, 117(1-2), 99–107. [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(00\)00453-9](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(00)00453-9)
- [B\_Facanha\_2021] Façanha de Carvalho, E., Alkmin Paiva, G. L., Yonezaki, F., & Machado, G. G. (2021). Computer-Aided Surgical Simulation in Severe Atrophic Mandibular Fractures: A New Method for Guided Reduction and Temporary Stabilization Before Fixation. In *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 79, Issue 4, p. 892.e1-892.e7). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.11.011>
- [B\_Lobo\_2022] Lobo, F., Filho, L. I., Sigua-Rodriguez, E. A., da Silva, B. G., Tolentino, E. de S., Borges, Y. M., da Silva, M. C., Tonin, R. H., & Iwaki, L. C. V. (2022). Evaluation of ortogonblender software bone movement tools in bimaxillary orthognatic surgeries performed in dolphin software. In *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 123, Issue 4, pp. 417–421). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2021.10.001>
- [B\_Moraes\_2021] Moraes, C., Gravalos, R., Machado, C. R., Chilvarquer, I., Curi, J., & Beaini, T. L. (2022). Investigação de Preditores Anatômicos para o Posicionamento dos Globos Oculares, Asas Nasais, Projeção dos Lábios e Outros a partir da Estrutura do Crânio. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.19686294>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/4/Projeco.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/4/Projeco.html)
- [B\_Moraes\_2021b] 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>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/3/NarizProjecao.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/3/NarizProjecao.html)
- [B\_Moraes\_2021c] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. D. (2021). Sistema de Reconstrução de Tomografia Computadorizada Baseado no Slicer 3D e no DicomToMesh. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.13513890>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/2/Slicer.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/2/Slicer.html)
- [B\_Moraes\_2022] 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>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/4/Moldavos.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/4/Moldavos.html)
- [B\_Moraes\_2024] Moraes, C., & Beaini, T. L. (2024). A Aproximação Facial do Controverso Crânio Atribuído a Nicolau Copérnico (1473-1543). *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.25447210>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/8/Copernicus.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/8/Copernicus.html)
- [B\_Moraes\_2024b] Moraes, C., & Habicht, M. (2024). A Aproximação Facial Forense de Ramsés II: Abordagens Artísticas e Antropológicas Acerca das Múmias Reais. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.26117353>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/9/Ramesses.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/9/Ramesses.html)
- [B\_Moraes\_2024c] Moraes, C., & Habicht, M. (2024). A Aproximação Facial Forense de Seqenenre-Taa-II (c. 1558-1553 a.C.). *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.25945906>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/9/Seqenenre.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/9/Seqenenre.html)
- [B\_Nascimento\_2023] Nascimento, B. C. G., Moraes, C. A. D. C., Neto, R. P., Rocha, B. A., Miranda, E. D. P., Bessa, J. D., Nahas, W. C., Hallak, J., Muhlhall, J. P., & Gomes, C. M. (2023). (167) 3D Penile Reconstruction Imaging in Complex Peyronie's Disease (PD): Proof of Concept Study. In *The Journal of Sexual Medicine* (Vol. 20, Issue Supplement\_1). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/jsxmed/qdad060.162>
- [B\_Pereira\_2017] Pereira, J. G. D., Magalhães, L. V., Costa, P. B., & Silva, R. H. A. da. (2017). RECONSTRUÇÃO FACIAL FORENSE TRIDIMENSIONAL: TÉCNICA MANUAL VS. TÉCNICA DIGITAL. In *Revista Brasileira de Odontologia Legal* (pp. 46–54). *Revista Brasileira de Odontologia Legal*. <https://doi.org/10.21117/rbol.v4i2.111>
- [B\_Pinto\_2020] 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.17209379>

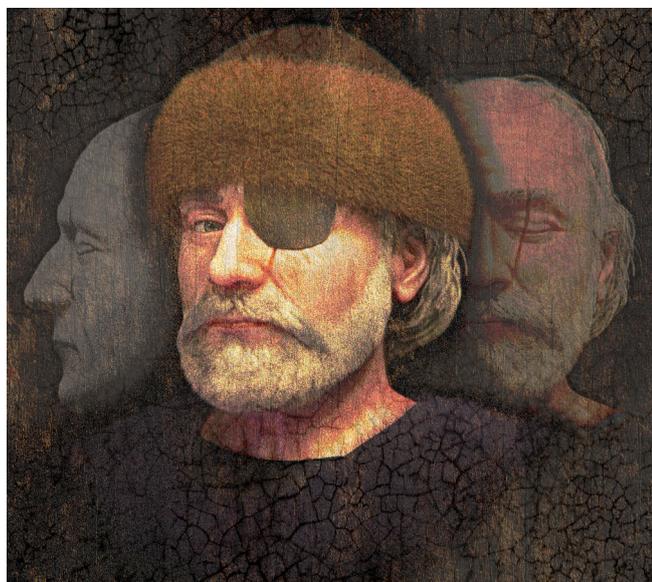
[//doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.12943418](https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.12943418).

[https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/1/Forense.html)

[OrtogOnLineMag/1/Forense.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/1/Forense.html)

- [B\_Quatrehomme\_1997] Quatrehomme G, Cotin S, Subsol G, Delingette H, Garidel Y, Grévin G, Fidrich M, Baillet P, Ollier A. A fully three-dimensional method for facial reconstruction based on deformable models. *J Forensic Sci.* 1997 Jul;42(4):649-52. PMID: 9243826.
- [B\_Salazar\_2022] 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>
- [B\_Saleem\_2024] Saleem, S. N., & El-Merghani, S. (2024). Paleoradiological and scientific investigations of the screaming woman mummy from the area beneath Senmut's (1479–1458 BC) Theban tomb (TT71). In *Frontiers in Medicine* (Vol. 11). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1406225>
- [B\_Sobral\_2021] Sobral, D. S., Duarte, D. W., Dornelles, R. F. V., & Moraes, C. A. C. (2021). 3D Virtual Planning for Rhinoplasty Using a Free Add-On for Open-Source Software. In *Aesthetic Surgery Journal* (Vol. 41, Issue 8, pp. NP1024–NP1032). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/asj/sjab085>
- [B\_Stephan\_2015] Stephan, C. N. (2015). Facial Approximation-From Facial Reconstruction Synonym to Face Prediction Paradigm. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 60, Issue 3, pp. 566–571). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12732>
- [B\_Taub\_2024] Taub, B. (2024). Injured tortoise zoms around on new wheels thanks to 3D-printed prosthesis. *IFLScience*. <https://bit.ly/4eWxmKN>

# A Aproximação Facial do Crânio Atribuído a Jan Žižka (1360-1424)



## Cicero Moraes

3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil - Bacharel em Marketing, Dr. h. c. FATELL/FUNCAR (Brasil) e CEGECIS (México) - Membro da Mensa Brasil e da Intertel - Revisor convidado: Elsevier, Springer Nature, PLoS e LWW - Guinness World Records 2022: First 3D-printed tortoise shell. Google Scholar<sup>19</sup>, ResearchGate<sup>20</sup>, ORCID<sup>21</sup>, Homepage.<sup>22</sup>

## Jiří Šindelář

Agrimensor, GEO-CZ, Tábor-República Tcheca

## Matěj Šindelář

Especialista em Fotogrametria, GEO-CZ, Tábor-República Tcheca

## Zuzana Thomová

Arqueóloga - Museu da Boêmia do Sul em České Budějovice, República Tcheca

## Jakub Smrčka

Diretor do Museu Hussita em Tábor, República Tcheca

<sup>19</sup> <https://scholar.google.com.br/citations?user=u33uvHUAAAJ>

<sup>20</sup> <https://www.researchgate.net/profile/Cicero-Moraes>

<sup>21</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9479-0028>

<sup>22</sup> <http://www.ciceromoraes.com.br>

## Thiago Beaini

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

## Francesco Maria Galassi

Antropólogo e Paleopatologista - Forensic Anthropology, Paleopathology and Bioarchaeology (FAPAB) Research Center, Avola, Itália

Data da publicação: 05 de outubro de 2024

ISSN: 2764-9466 (Vol. 6, nº 1, 2025)

DOI: 10.6084/m9.figshare.27114892

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

**Atenção:** Caso encontre algum erro no texto, sinta-se à vontade para informá-lo aos autores, o contato pode ser feito via redes sociais acadêmicas informadas no início do capítulo.

## 3.1 Introdução

### 3.1.1 Quem Foi Jan Žižka

Jan Žižka (c.1360-1424), foi um comandante militar nascido em Trocnov, Boêmia (atual Tchêquia). Considerado um herói nacional, liderou uma série de campanhas, dentre elas a vitória dos exércitos hussitas contra o rei Sigismundo em 1420. Žižka perdeu um dos olhos na tenra idade, em ocasião desconhecida, mas isso não o impediu de desenvolver-se na arte da guerra, revolucionando o campo bélico ao introduzir o uso de canhões montados em carroças agrícolas móveis e blindadas, considerado por alguns como o precursor do tanque de guerra. Além disso foi um dos primeiros a agrupar cavalaria, infantaria e artilharia como um corpo tático, resultando em um sistema praticamente imbatível [C\_Lotha\_2023]. Antes de falecer, em 1424, perdeu a visão do outro olho, mas

continuou a colaborar com os seus seguidores, fazendo com que a fama de invencível no campo de batalha perdurasse até os dias atuais, tanto no contexto histórico quando popular, como é o caso do filme intitulado *Medieval*, baseado na sua história e que se tornou uma das produções mais vistas na plataforma Netflix no ano de 2022 [C\_AH\_2022].



Figura3.1: Jan Žižka, cabeça esculpida em pedra-pomes, séc. XVI. Wolfgang Sauber, Wikimedia Commons ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hussitenf%C3%BChrer\\_Jan\\_Zizka.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hussitenf%C3%BChrer_Jan_Zizka.jpg)).

### 3.1.2 A descoberta dos Restos Mortais

Jan Žižka morreu em 11 de outubro de 1424 durante a conquista do castelo de Přebyslav, que está localizado no atual território da região de Vysočina, ou seja, na fronteira tcheco-morávia. Fontes históricas afirmam que Žižka morreu devido aos efeitos de uma úlcera purulenta, enquanto muitos historiadores sugeriram que foi uma praga [C\_Pekar\_1927]. Um dos primeiros a se opor a essa possibilidade foi um antropólogo, Emanuel Vlček, que a partir da década de 1960 trabalhou na história da cidade. Ele lista uma série de objeções a essa afirmação - na época da morte de Jan Žižka, nenhuma epidemia de peste havia sido registrada na Boêmia. Nenhum de seus parentes que estavam presentes em sua morte contraiu a peste ou qualquer outra doença contagiosa. Vlček está inclinado à opinião dos médicos de que Žižka morreu de envenenamento do sangue após um carbúnculo não tratado (furúnculo), que pode ter parecido uma “úlcera purulenta” [C\_Vlcek\_1993].

O funeral de Jan Žižka ocorreu no outono do mesmo ano em que ele morreu, sendo enterrado na Igreja do Espírito Santo em Hradec Králové. O local do sepultamento ou túmulo não é mais conhecido. As antigas crônicas tchecas mencionam um túmulo no pilar

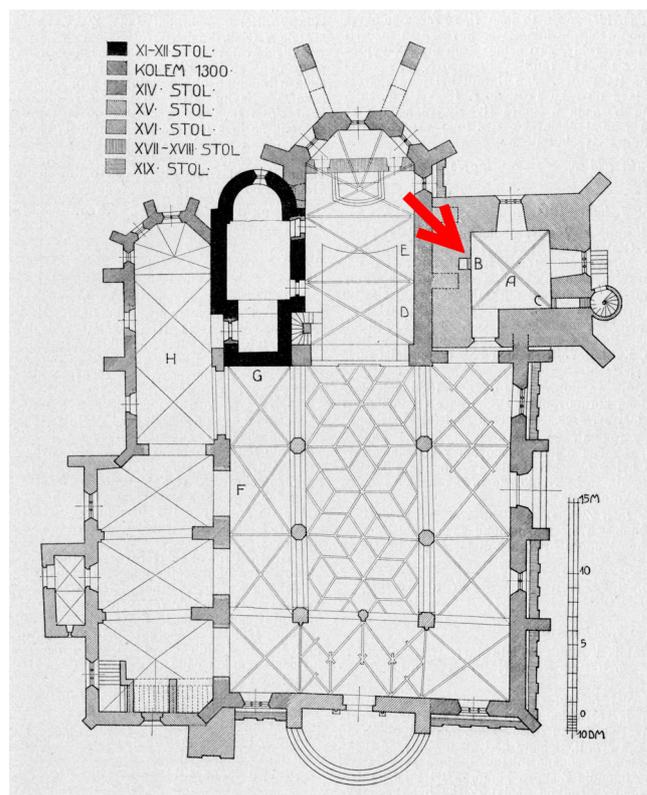


Figura3.2: Local da descoberta do crânio atribuído a Jan Žižka. Imagem sob domínio público [C\_Coletivo\_1911].

direito na nave principal da igreja no lado do Evangelho [C\_Porak\_1980]; [C\_Vlcek\_1993] [C\_Cerna\_2003]. Depois de algum tempo, os restos mortais deveriam ser transferidos para a Igreja de São Pedro e São Paulo em Čáslav (Fig.3.2). O motivo da tradução é desconhecido [C\_Cornej\_2019]. Em 21 de novembro de 1910, durante a reconstrução da Igreja de São Pedro e São Paulo em Čáslav, um nicho murado foi descoberto na parede norte da torre [C\_Coletivo\_1911]. O nicho foi encontrado 115 cm acima do pavimento existente, 115 cm de altura, 78 cm de largura e 84 cm de profundidade. O nicho continha fêmures, a parte superior de um crânio, outros fragmentos de crânio, um fragmento maior de cerâmica, possivelmente uma tigela, um pano desintegrado e talvez duas tábuas de madeira com ripas (Fig.3.1) [C\_Coletivo\_1911] [C\_Vlcek\_1974]. O primeiro relatório antropológico que se concentrou no estudo de restos esqueléticos foi feito pelo fundador da antropologia tcheca, Jindřich Matiegka [C\_Coletivo\_1911]. No entanto, seu relatório não foi aceito por outros avaliadores, especialmente os médicos [C\_Vlcek\_1993]. Desde então, a calva de Čáslav (como é chamado o crânio) e outros restos esqueléticos foram tratados majoritariamente por Emanuel Vlček, que preparou uma pesquisa antropológica e médica da descoberta de Čáslav [C\_Vlcek\_1968].

Os ossos secundários no nicho descoberto em 1910 em Čáslav pertenciam a pelo menos três pessoas, e nenhum do total de 7 ossos - osso occipital, maxila, ossos nasais, costelas direita e esquerda, fêmur direito

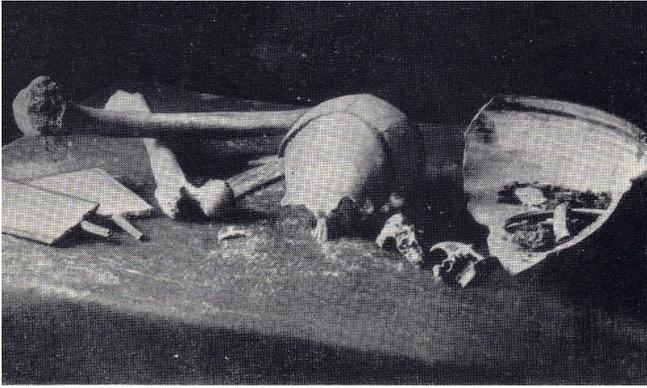


Figura3.3: O crânio atribuído a Jan Žižka em meio a demais restos mortais e objetos, foto de 1910 sob domínio público ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C4%8C%C3%A1slavsk%C3%BD\\_n%C3%A1lez.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C4%8C%C3%A1slavsk%C3%BD_n%C3%A1lez.jpg)).

e esquerdo - pode ser atribuído à parte superior do crânio com ossos nasais e osso temporal direito, ou seja, à calva de Čáslav [C Vlcek 1968] [C Vlcek 1993]. Este crânio preservado consiste no osso frontal, ambos os ossos parietais e a metade superior do osso occipital. Uma parte do osso temporal direito também é preservada. Infelizmente, esses restos foram danificados secundariamente, por golpes contundentes no osso occipital e na borda superior da órbita esquerda [C Vlcek 1993]. Danos adicionais estão relacionados à secagem rápida dos ossos do crânio e a danos mecânicos aos ossos causados pelo manuseio do crânio.

As características de identificação para determinação do sexo para o professor Vlček foram principalmente os arcos supraorbitais fortemente desenvolvidos, as protuberâncias frontal e parietal não são formadas e o processo semelhante a um mamilo no osso temporal é desenvolvido maciçamente com um entalhe profundo e com uma borda fortemente formada sobre o canal auditivo externo. Todas essas pistas falam claramente sobre o sexo masculino. Determinar a idade sobrevivente do indivíduo também foi problemático, dada a torção dos restos esqueléticos preservados na forma de um crânio. Assim, Vlček determinou a idade apenas com base no fechamento e crescimento das suturas cranianas. Segundo ele, esse indivíduo não excedeu o limite de idade madura e a idade sobrevivente foi de 50 mais ou menos 10 anos [C Vlcek 1968] [C Vlcek 1993].

Lesões curadas foram monitoradas no crânio usando tomografia computadorizada (TC). Estas são retalho ósseo frontal total sobre a órbita esquerda e depressão da forma arqueada. Esta alteração foi causada pela formação de uma cicatriz maciça da ferida incisional que passou pelas margens superior e inferior da órbita esquerda. Considerando o processo de cicatrização desta ferida, o antropólogo concluiu que a lesão ocorreu antes que o indivíduo tivesse completado o crescimento, entre as idades de 10 e 14 anos. Outros vestígios da lesão foram encontrados na região do arco supraorbital direito, onde foi encontrado um hematoma encapsulado em cicatrização. Esta lesão, se-

gundo o antropólogo, foi causada pelo descolamento do perióstio da superfície do osso por um golpe contundente direcionado à região do olho direito e cicatrizou pouco antes da morte do indivíduo em estudo. Historicamente, este é o período do cerco do Castelo de Rábí em 1421 [C Vlcek 1993] [C Vlcek 1968].

Após a pesquisa antropológica e médica da chamada calva de Čáslav e sua identificação com eventos históricos, os antropólogos chegaram à conclusão de que se trata de uma relíquia autêntica de Jan Žižka. A pesquisa mais recente, que ainda não foi publicada na imprensa profissional, foi realizada pelo Instituto de Física Nuclear do CAS, com base no método de radiocarbono. Foi descoberto que o indivíduo em questão morreu por volta de 1424, a mesma época do famoso senhor da guerra Jan Žižka de Trocnov [C\_UJ[E\_2024].

### 3.1.3 A Aproximação Facial

Em ocasião do 600º aniversário da morte de Jan Žižka, no ano de 2024, houve uma movimentação para a apresentação de sua face, a partir dos restos mortais disponíveis. O crânio foi digitalizado pela técnica de fotogrametria e o processo foi iniciado, objetivando a revelação da face nos primeiros dias de outubro.

## 3.2 Materiais e Métodos

### 3.2.1 Conceitos, Software e Hardware

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [C Stephan 2015], é uma técnica auxiliar de reconhecimento que reconstrói/aproxima a face de uma pessoa a partir do seu crânio e é utilizada quando há escassa informação para a identificação de um indivíduo [C Pereira 2017]. Nota-se que a técnica não se trata de identificação, como aquelas oferecidas por DNA ou análise comparativa de arcos dentários, mas sim de reconhecimento que pode levar à posterior identificação [C Baldasso 2020].

O presente trabalho utiliza o passo-a-passo abordado em [C Abdullah 2022] e [C Moraes 2023], iniciado com a configuração do crânio na cena 3D, seguindo com a projeção do perfil e estruturas da face a partir de dados estatísticos, gerando o volume do rosto com o auxílio da técnica de “deformação” anatômica [C Quatrehomme 1997] e o acabamento com o detalhamento da face, configuração dos pelos, da indumentária e geração das imagens finais.

O processo de modelagem foi efetuado no software Blender 3D, rodando o *add-on* OrtoGOnBlender ([http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/OrtoGOnBlender/index.html](http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtoGOnBlender/index.html)) e seu submódulo ForensicOnBlender [C Pinto 2020], ambos desenvolvidos pelo primeiro autor do presente material. O programa e o *add-on* são gratuitos, de código aberto e

multiplataforma, podendo rodar no Windows ( $\geq 10$ ), no MacOS ( $\geq$ BigSur) e no Linux (=Ubuntu 20.04).

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

**Atenção:** Além da AFF o OrtogOnBlender é utilizado para o planejamento de cirurgia ortognática [C\_Cunha\_2020] [C\_Lobo\_2022], rino-plastia [C\_Sobral\_2021], fraturas mandibulares [C\_Facanha\_2021], expansores mandibulares de bebês [C\_Duarte\_2023], documentação urológica [C\_Nascimento\_2023], próteses veterinárias [C\_Taub\_2024], próteses faciais [C\_Salazar\_2022] e outros, por usuários de 30 países, contemplando 4 continentes.

### 3.2.2 Aproximação Facial Forense

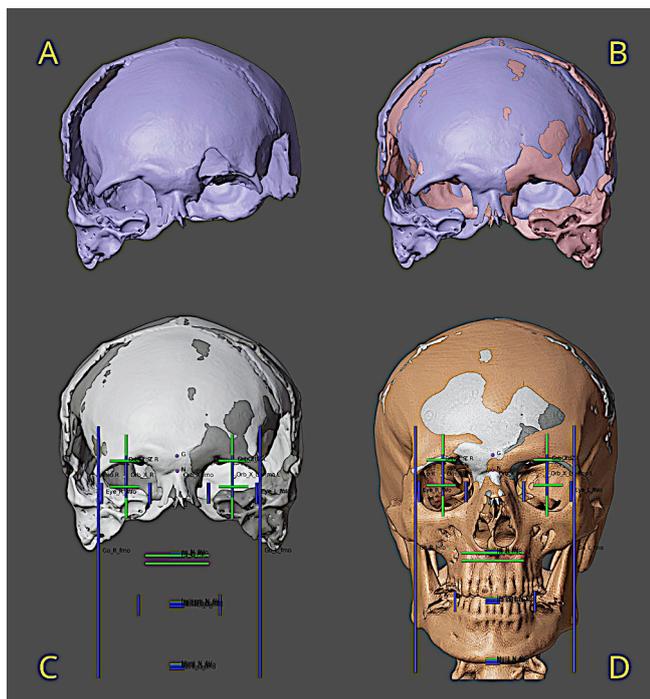


Figura3.4: Reconstrução das partes faltantes do crânio.

A chamada Calva de Čáslav (Fig.3.4, A) é composta por um osso frontal, ossos parietais, a escama do osso occipital, osso temporal direito e parte da panturrilha dos ossos nasais [C\_Vlcek\_1984]. Por se tratar de um crânio incompleto foi necessário reconstruir a região faltante para viabilizar o processo de AFF. Um espelhamento no eixo X da estrutura permitiu uma discreta complementação estrutural, o que

permitiu a visualização dos pontos orbitais frontomaxilares (fmo-fmo) (Fig.3.4, B). Alguns pontos anatômicos foram informados (fmo-fmo, g, n) e um sistema de projeção disponível no ForensicOnBlender traçou os limites esperados de algumas estruturas do tecido mole (posição dos globos oculares, dimensão horizontal dos lábios e limite inferior das asas nasais) e dos ossos (limite horizontal dos gônios, limite inferior dos incisivos e limite inferior do mento) (Fig.3.4, C) [C\_Moraes\_2021] [C\_Moraes\_2022]. O crânio da tomografia computadorizada de um doador virtual foi reconstruída [C\_Moraes\_2021b] e ajustada aos limites informados pelo algoritmo de projeção (Fig.3.4, D).

**Importante:** Os dados antropológicos como sexo, idade, estruturas de potenciais ferimentos e outros foram extraídos de [C\_Vlcek\_1984].

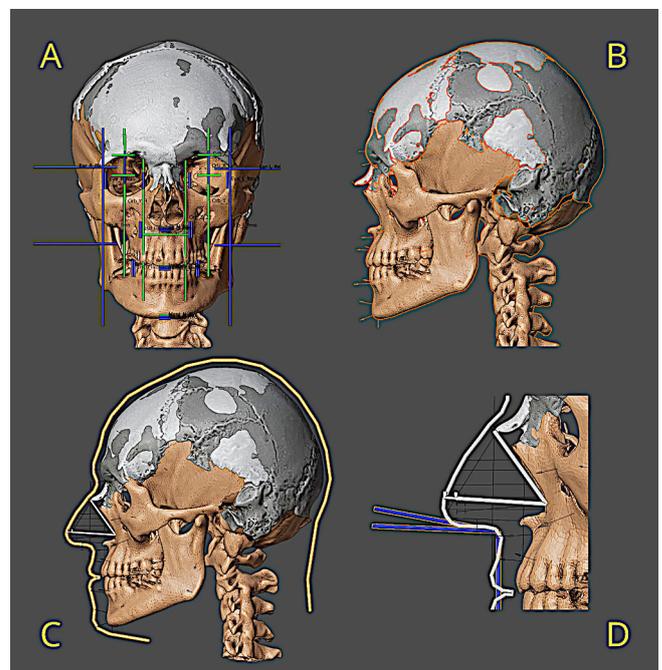


Figura3.5: Etapas iniciais da aproximação facial.

Uma vez que o crânio estava completo, foi possível posicionar mais pontos anatômicos e gerar todas as projeções disponíveis no ForensicOnBlender (Fig.3.5, A). Para uma compreensão prática do funcionamento da solução, duas videoaulas sobre projeções estruturais estão disponíveis de modo online em: aula 1<sup>23</sup>, aula 2<sup>24</sup>. Uma série de marcadores de espessura de tecido mole, adindo de uma amostra de população de homens adultos europeus de 50-59 anos [C\_De\_Gree[E\_2006]] foi distribuída ao longo da superfície do crânio (Fig.3.5, B). A projeção do nariz foi efetuada com a metodologia complementar baseada em dados coletados de tomografias computadorizadas de pessoas vivas [C\_Moraes\_2021c]

<sup>23</sup> <https://youtu.be/U6oYkEmfyWo>

<sup>24</sup> <https://youtu.be/Vcz2e5uSFX8>

[C\_Moraes\_2022], permitindo, junto com os dados dos marcadores de tecido mole, que um perfil prévio da face fosse traçado (Fig.3.5, C). O nível de decaimento do nariz (Fig.3.5, D), em relação à idade foi mensurado e ajustado segundo dados de [C\_Shastri\_2021]. Uma [video aula](#)<sup>25</sup> sobre a técnica de projeção nasal pode ser acessada de modo online.

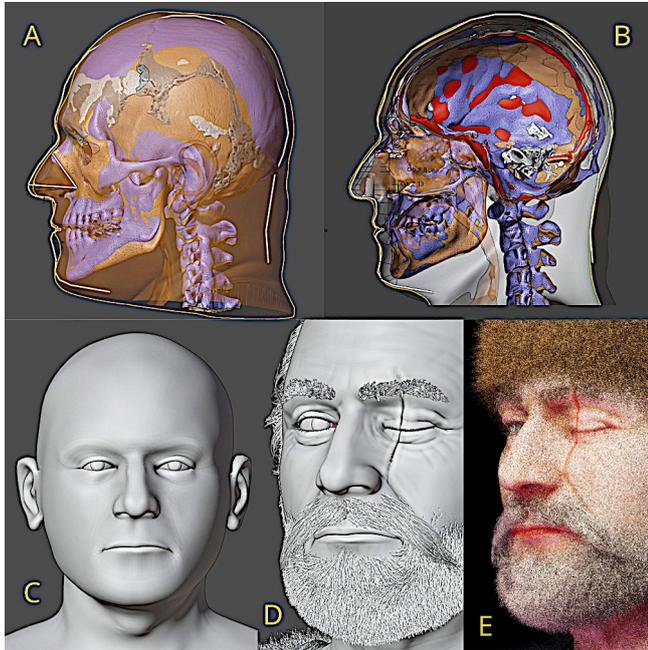


Figura3.6: Etapas finais da aproximação facial.

Para complementar os dados da aproximação, recorreu-se a técnica de deformação anatômica [C\_Quatrehomme\_1997] [C\_Abdullah\_2022], que consiste na importação de uma cabeça composta (crânio, tecido mole e endocast) de um doador virtual (Fig.3.6, A) e a deformação/ajuste do crânio do doador até que este se compatibilize ao crânio a ser aproximado, refletindo tais alterações ao tecido mole, permitindo que a interpolação dos dados da projeção do perfil anterior com a fornecida pela deformação anatômica resulte em uma face básica (Fig.3.6, B e C). Uma videoaula abordando a “deformação” anatômica pode ser acessada de [modo online](#)<sup>26</sup>. A face básica passa por um processo de escultura digital, recebendo as marcas de expressão compatíveis com a idade, bem como a cicatriz do ferimento no olho esquerdo [C\_Vlcek\_1984], além dos cabelos, da sobrancelha, do bigode e da barba (Fig.3.6, D). Por se tratar de um projeto com fins de exibição no contexto de museus, a face e os olhos são pigmentados conforme dados de média facial de homens tchecos adultos, gerados por composição de imagem a partir de busca em sites de imagens (ver [C\_Moraes\_2024]), logo o processo se trata de elementos mais especulativos e não refletem necessariamente o que seria em vida. Indumentárias foram modeladas com dados fornecidos pela iconografia clássica atribuída à personagem histórica

<sup>25</sup> <https://youtu.be/F205kLQ--0o>

<sup>26</sup> [https://youtu.be/xig5\\_EcIFWA](https://youtu.be/xig5_EcIFWA)

e a cena foi iluminada para a geração das imagens finais (Fig.3.6, E). Vídeos ilustrando os processos de [pigmentação digital](#)<sup>27</sup> e [configuração dos cabelos](#)<sup>28</sup> estão disponíveis de modo online.

### 3.3 Resultados

Foram criados quatro grupos de imagens:

1) **AFF objetiva**, contendo apenas a malha do rosto, com os olhos fechados (pois não se sabe com certeza o formato dos olhos e a cor/tonalidade dos mesmos), sem pelos e cabelos (pois não se sabe a configuração dos mesmos) e em escala de cinza (pois não há dados sobre a cor da pele) (Fig.3.7, Fig.3.8, Fig.3.9);

2) **Busto colorido**, contendo o busto com um dos olhos aberto, cabelos, bigode, barba, sobrancelha com as devidas pigmentações (Fig.3.10, Fig.3.11, Fig.3.12);

3) **AFF artística completa**, contendo todos os elementos anteriores com a adição de indumentária segundo dados da iconografia atribuída à personagem histórica (Fig.3.13, Fig.3.14, Fig.3.15).

4) **AFF artística completa com detalhamento por IA**, trata-se de uma versão com incremento de detalhes via aplicativo Leonardo AI (<https://app.leonardo.ai/>) e ajustes manuais efetuados no editor de imagens Gimp (<https://www.gimp.org/>). Para uma melhor apreciação dos detalhes, é necessário observar tais imagens de perto (Fig.3.16, Fig.3.17, Fig.3.18).

### 3.4 Discussão

O fato mais evidente sobre o trabalho atual é que há apenas uma parte do crânio atribuído a Jan Žižka e que, a falta de uma significativa região certamente levanta questionamentos acerca da precisão envolvendo a projeção efetuada para recuperar o que poderia ser a estrutura completa. Algo parcialmente parecido com o que aconteceu no caso da aproximação facial de Santa Ludmila, também estudada pelo Dr. Emanuel Vlček (1925-2006) e que teve o seu crânio aproximado pelo antropólogo na década de 1990.

<sup>27</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=5lM8PybpKqY>.

<sup>28</sup> [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:D.\\_Pedro\\_I\\_-\\_Processo\\_da\\_reconstru%C3%A7%C3%A3o\\_facial\\_forense.webm](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:D._Pedro_I_-_Processo_da_reconstru%C3%A7%C3%A3o_facial_forense.webm)

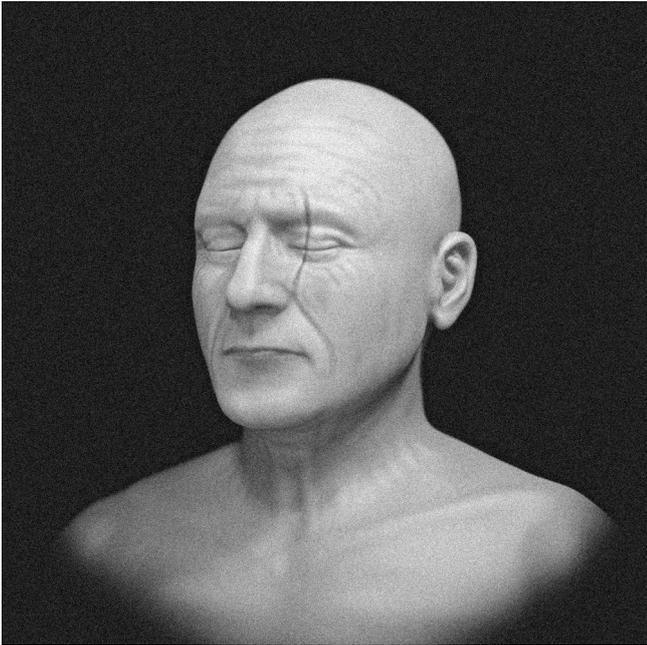


Figura3.7: Objetiva - 3/4.

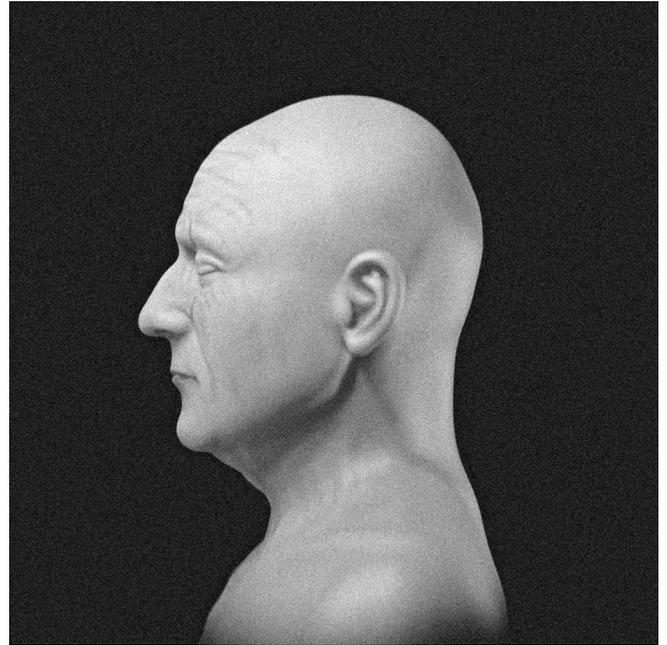


Figura3.9: Objetiva - Perfil.

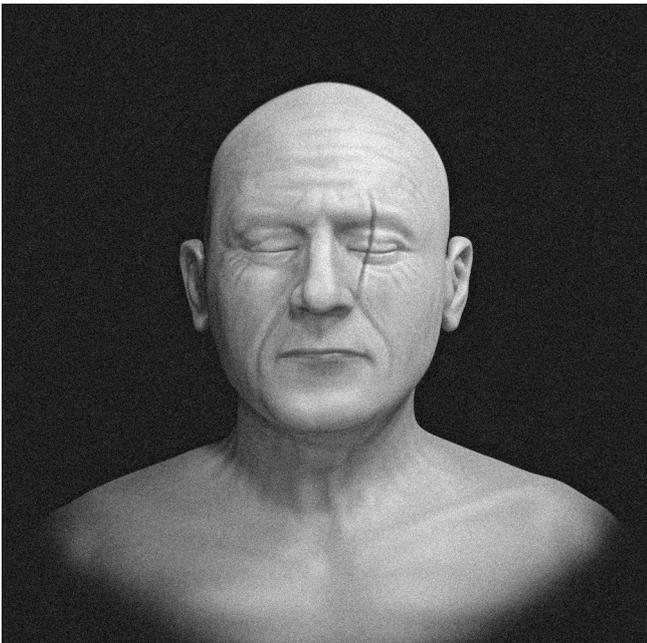


Figura3.8: Objetiva - Frontal.

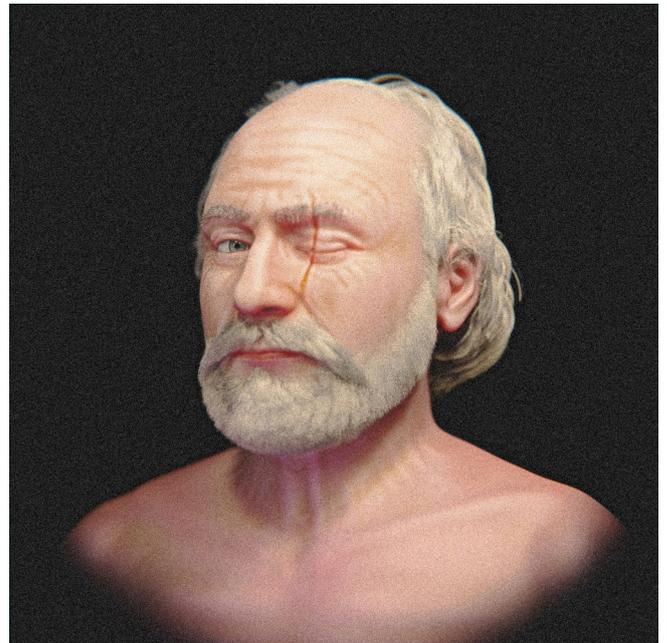


Figura3.10: Busto - 3/4.

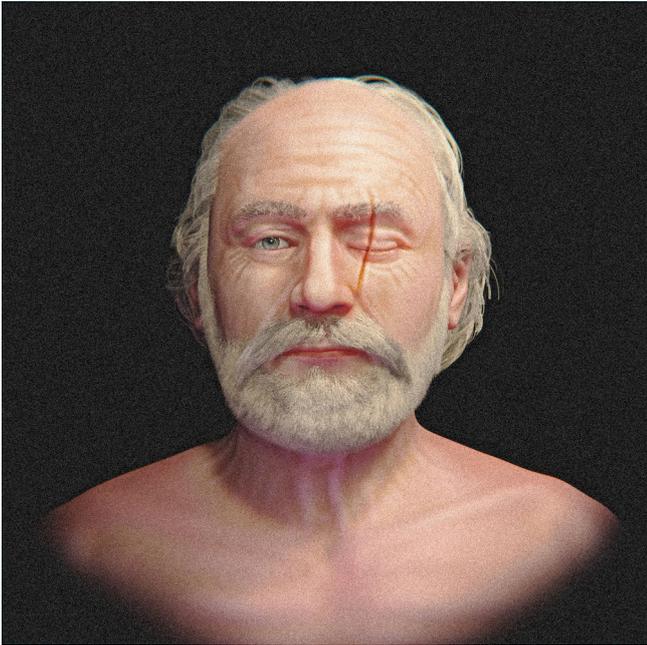


Figura3.11: Busto - Frontal.



Figura3.13: Versão artística completa - 3/4.

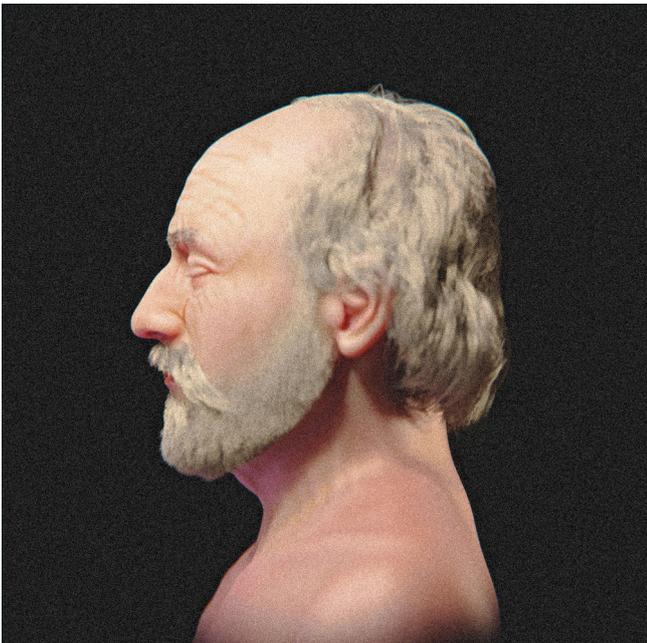


Figura3.12: Busto - Perfil.

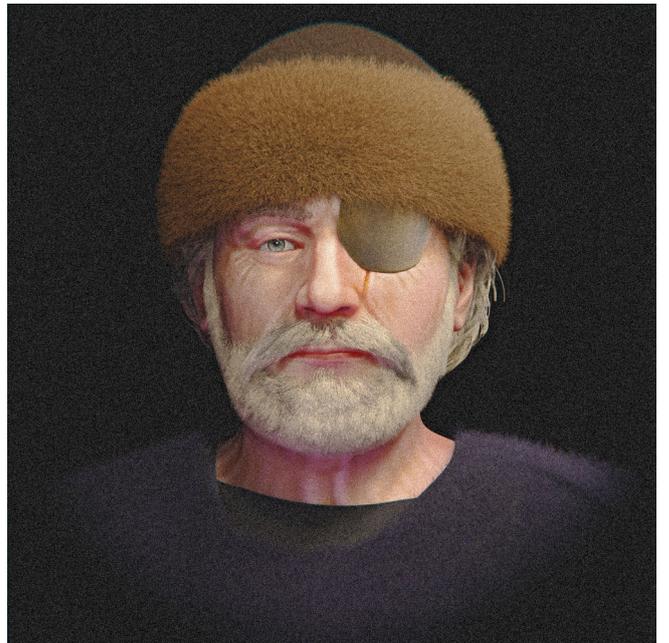


Figura3.14: Versão artística completa - Frontal.



Figura3.15: Versão artística completa + IA - Perfil.

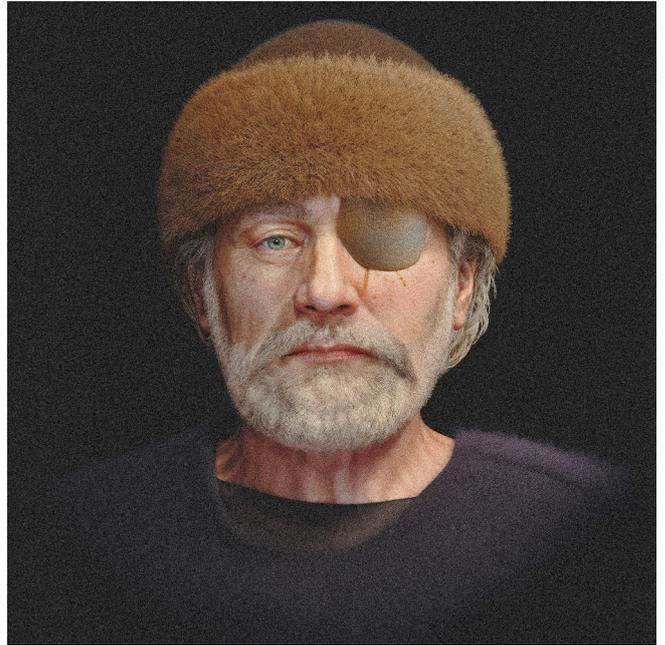


Figura3.17: Versão artística completa + IA - Frontal.



Figura3.16: Versão artística completa + IA - 3/4.



Figura3.18: Versão artística completa + IA - Perfil.

Curiosamente a reconstrução craniana do especialista se encontrava dentro dos parâmetros de projeção estatísticas e a aproximação facial se fez compatível com as técnicas atuais, devidamente publicadas em um journal revisado por pares [C\_Moraes\_2023]. No caso do presente trabalho, embora pareça uma mesma situação, este conta com mais dados na região do nariz, permitindo uma aproximação lateral mais precisa e a ausência de dados na parte inferior foi solucionada parcialmente pela configuração do bigode e da barba, que cobrem parte significativa da região, ocultando naturalmente a maxila e a mandíbula. A técnica de projeção tem se mostrado coerente com estruturas médias de crânio e até se compatibilizou com a reconstrução estrutural do crânio incompleto de Zlatý kůň, originalmente efetuada com outras ferramentas, amplamente publicadas, denotando a coerência da proposta disponível via ForensicOnBlender [C\_Moraes\_2024b]. A técnica, no entanto, como qualquer outra baseada em dados estatísticos apresenta as suas margens de erro e desvios padrão, é imprescindível que essas características sejam explanadas para que se saiba acerca das limitações. Por se tratarem de reconstruções voltadas a apresentação no contexto religioso e de museus, tanto no caso de Santa Ludmila, quando de Jan Žižka, não há exacerbada pressão sobre a precisão estrutural, mas mesmo em casos críticos como a aproximação no contexto efetivamente forense, ou seja, casos de assassinato ou desaparecimento, há a possibilidade de se reconstruir crânios bastante fragmentados com significativa chance de reconhecimento [C\_Taylor\_2010].

Outro questionamento que é feito com certa constância, é aquele relacionado a autenticidade do crânio em relação ao indivíduo a que se atribui o mesmo. Sobre o suposto crânio de Jan Žižka, os argumentos a favor podem ser aqueles relacionados ao estudo da década de 1980, o qual indicou se tratar de um indivíduo do sexo masculino com idade entre 40 e 60 anos e que teria sofrido dois ferimentos nos olhos, um com cicatrização óssea ocorrido na tenra idade e outro próximo a morte, denotando uma combinação de fatores dificilmente vista em outros contextos [C\_Vlcek\_1984]. Além de tais dados, uma datação de radio carbono efetuada no ano de 2024 parece corroborar com o ano da morte em 1424 [C\_UJ[E\_2024]\_, reforçando os elementos a favor da tese de que o mesmo teria pertencido ao notório general boêmio.

A solução da dúvida poderia ser resolvida com um teste de DNA, mas não há garantia de sucesso, basta ver o caso dos exames efetuados nos cabelos e no suposto crânio de Nicolau Copérnico [C\_Bogdanowicz\_2009] que levantam grande debate [C\_Soltysiak\_2009], e o caso do exame efetuado no crânio que seria de Mozart, comparando a amostra com duas supostas parentes dele, sendo que no final, as amostras todas não tinham relação entre si, aumentando ainda mais o mistério que se arrasta com o passar dos séculos [C\_Black\_2012] [C\_Harding\_2006].

Em relação ao uso da ferramenta de inteligência artificial para o detalhamento das imagens finais, quando observadas à distância, não há muita diferença entre a versão original e a refinada por IA, mas ao se aproximar é possível atestar um detalhamento significativo, principalmente em relação às marcas de expressão, os pelos faciais e ao brilho dos olhos que, juntos, todos estes elementos tornam a figura mais humana, com aspecto de vivacidade. No entanto, existem alguns problemas com a ferramenta, como a necessidade de edições manuais para correções estruturais nos olhos, nos pelos faciais e outros, pois o algoritmo, embora trabalhe muito bem, ainda gera alguns erros estruturais. Mesmo assim, a ferramenta permitiu um nível de detalhamento que, se efetuado completamente de modo manual, aumentaria significativamente o tempo de execução.

### 3.5 Conclusão

O presente trabalho foi bem sucedido em reconstruir as partes faltantes e posteriormente aproximar a face do suposto crânio de Jan Žižka, utilizando técnicas estatísticas e tridimensionais baseadas na mensuração e deformação de tomografias de indivíduos vivos, além de apresentar o uso da IA para o detalhamento de estruturas faciais.

### 3.6 Agradecimentos

Ao Dr. Richard Gravalos, por ceder a tomografia computadorizada utilizada neste estudo.

### 3.7 Referências Bibliográficas

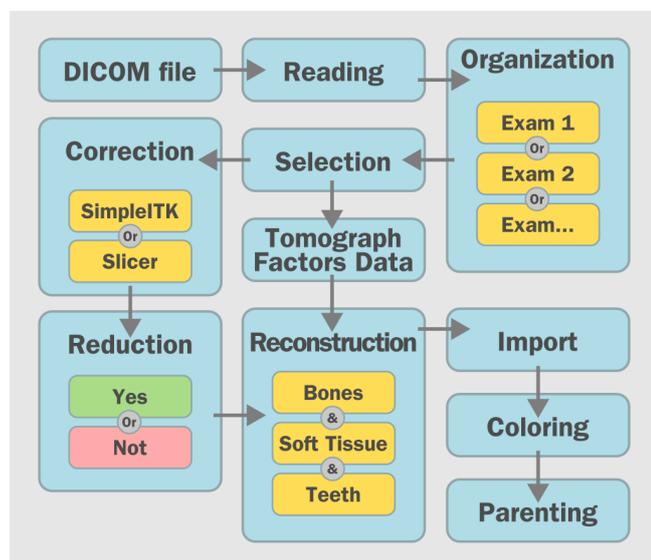
- [C\_Abdullah\_2022] Abdullah, J. Y., Moraes, C., Saidin, M., Rajion, Z. A., Hadi, H., Shahidan, S., & Abdullah, J. M. (2022). Forensic Facial Approximation of 5000-Year-Old Female Skull from Shell Midden in Guar Kepah, Malaysia. In *Applied Sciences* (Vol. 12, Issue 15, p. 7871). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app12157871>
- [C\_AH\_2022] Redação. 2022. FILME SOBRE COMBATE TCHeco JAN ŽIŽKA É UMA DAS PRODUÇÕES MAIS VISTAS NA NETFLIX. Aventuras na História. <https://bit.ly/4716tHo>
- [C\_Baldasso\_2020] Baldasso, R. P., Moraes, C., Gallardo, E., Stumvoll, M. B., Crespo, K. C., Strapason, R. A. P., & de Oliveira, R. N. (2020). 3D forensic facial approximation: Implementation protocol in a forensic activity. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 66, Issue 1, pp. 383–388). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14587>

- [C\_Black\_2012] Black, A. (2012). Mozart's Skull. Atlas Obscura. <https://www.atlasobscura.com/places/university-mozarteum>
- [C\_Bogdanowicz\_2009] Bogdanowicz, W., Allen, M., Branicki, W., Lembring, M., Gajewska, M., & Kupiec, T. (2009). Genetic identification of putative remains of the famous astronomer Nicolaus Copernicus. In *Proceedings of the National Academy of Sciences* (Vol. 106, Issue 30, pp. 12279–12282). *Proceedings of the National Academy of Sciences*. <https://doi.org/10.1073/pnas.0901848106>
- [C\_Cerna\_2003] Černá, A. – Čornej, P. – Klosová, M. 2003: Staré letopisy české, *Fontes Rerum Bohemicarum*, 2. díl.
- [C\_Coletivo\_1911] Coletivo de Autores. 1911: Nález kostí lidských v kostele sv. Petra a Pavla v Čáslavi, jež pokládány za pozůstatky Jana Žižky z Trocnova, *Památky archeologické a místopisné XXIV*, 14 – 327. <https://bit.ly/4gSSPFJ>
- [C\_Cornej\_2019] Čornej, P. 2019: Život a doba husitského válečníka. Praha.
- [C\_Cunha\_2020] Cunha, H. S., da Costa Moraes, C. A., de Faria Valle Dornelles, R., & da Rosa, E. L. S. (2020). Accuracy of three-dimensional virtual simulation of the soft tissues of the face in OrtogOnBlender for correction of class II dentofacial deformities: an uncontrolled experimental case-series study. In *Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 25, Issue 3, pp. 319–335). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s10006-020-00920-0>
- [C\_Duarte\_2023] Duarte, D. W., Fleith, I. J., Pinheiro, R. C., Machado, M. F., Zanin, E. M., & Collares, M. V. M. (2023). Mandibular morphology and distraction osteogenesis vectors in patients with Robin sequence. In *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 52, Issue 4, pp. 442–450). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2022.07.007>
- [C\_Facanha\_2021] Façanha de Carvalho, E., Alkmin Paiva, G. L., Yonezaki, F., & Machado, G. G. (2021). Computer-Aided Surgical Simulation in Severe Atrophic Mandibular Fractures: A New Method for Guided Reduction and Temporary Stabilization Before Fixation. In *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 79, Issue 4, p. 892.e1-892.e7). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.11.011>
- [C\_Harding\_2006] Harding, L. (2006). DNA detectives discover more skeletons in Mozart family closet. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/world/2006/jan/09/arts.music>
- [C\_Lobo\_2022] Lobo, F., Filho, L. I., Sigua-Rodriguez, E. A., da Silva, B. G., Tolentino, E. de S., Borges, Y. M., da Silva, M. C., Tonin, R. H., & Iwaki, L. C. V. (2022). Evaluation of ortogonblender software bone movement tools in bimaxillary orthognatic surgeries performed in dolphin software. In *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 123, Issue 4, pp. 417–421). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2021.10.001>
- [C\_Looha\_2023] Lotha, G. 2023. Jan, Count Žižka. *Britannica*. <https://www.britannica.com/biography/Jan-Count-Zizka>
- [C\_Moraes\_2021] Moraes, C., Gravalos, R., Machado, C. R., Chilvarquer, I., Curi, J., & Beaini, T. L. (2022). Investigação de Preditores Anatômicos para o Posicionamento dos Globos Oculares, Asas Nasais, Projeção dos Lábios e Outros a partir da Estrutura do Crânio. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.19686294>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/4/Projecoes.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/4/Projecoes.html)
- [C\_Moraes\_2021b] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. D. (2021). Sistema de Reconstrução de Tomografia Computadorizada Baseado no Slicer 3D e no DicomToMesh. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.13513890>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/2/Slicer.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/2/Slicer.html)
- [C\_Moraes\_2021c] 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>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/3/NarizProjecao.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/3/NarizProjecao.html)
- [C\_Moraes\_2022] 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>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/4/Moldavos.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/4/Moldavos.html)
- [C\_Moraes\_2023] Moraes, C., Šindelář, J., Galassi, F. M., & Beaini, T. L. (2023). Ludmila of Bohemia (ca. 860–921): Multidisciplinary considerations on her facial approximation. In *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* (Vol. 29, p. e00263). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2023.e00263>
- [C\_Moraes\_2024] Moraes, C., Krenz-Niedbała, M., Łukasik, S., & Prada, C. S. (2024). Forensic facial approximation of an individual with achondroplasia from medieval cemetery in Central Europe. In *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* (Vol. 32, p. e00301). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2023.e00301>

- [C\_Moraes\_2024b] Moraes, C., Galassi, F. M., Sineo, L., Šindelář, J., Varotto, E., Mietlińska-Sauter, J., Antunes-Ferreira, N., Habicht, M. E., & Beaini, T. (2024). The anatomical bases of the 3D digital facial approximation of the Zlatý kůň 1 woman (ca. 43,000 BP). In *Anthropological Review* (Vol. 87, Issue 2, pp. 85–97). Uniwersytet Lodzki (University of Lodz). <https://doi.org/10.18778/1898-6773.87.2.04>
- [C\_Nascimento\_2023] Nascimento, B. C. G., Moraes, C. A. D. C., Neto, R. P., Rocha, B. A., Miranda, E. D. P., Bessa, J. D., Nahas, W. C., Hallak, J., Muhlhall, J. P., & Gomes, C. M. (2023). (167) 3D Penile Reconstruction Imaging in Complex Peyronie's Disease (PD): Proof of Concept Study. In *The Journal of Sexual Medicine* (Vol. 20, Issue Supplement\_1). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/jsxmed/qdad060.162>
- [C\_Pekar\_1927] Pekař, J. 1927: *Žižka a jeho doba I – IV*. Praha.
- [C\_Pereira\_2017] Pereira, J. G. D., Magalhães, L. V., Costa, P. B., & Silva, R. H. A. da. (2017). RECONSTRUÇÃO FACIAL FORENSE TRIDIMENSIONAL: TÉCNICA MANUAL VS. TÉCNICA DIGITAL. In *Revista Brasileira de Odontologia Legal* (pp. 46–54). *Revista Brasileira de Odontologia Legal*. <https://doi.org/10.21117/rbol.v4i2.111>
- [C\_Pinto\_2020] 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>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/1/Forense.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/1/Forense.html)
- [C\_Porak\_1980] Porák, J. – Kašpar, J. 1980: *Ze starých letopisů českých*. Praha
- [C\_Quatrehomme\_1997] Quatrehomme G, Cotin S, Subsol G, Delingette H, Garidel Y, Grévin G, Fidrich M, Baillet P, Ollier A. A fully three-dimensional method for facial reconstruction based on deformable models. *J Forensic Sci*. 1997 Jul;42(4):649-52. PMID: 9243826.
- [C\_Salazar\_2022] 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>
- [C\_Shastri\_2021] Shastri, D., Tandon, P., & Singh, A. (2021). Nasal changes in different age groups. In *National Journal of Maxillofacial Surgery* (Vol. 12, Issue 3, p. 367). Medknow. [https://doi.org/10.4103/njms.njms\\_246\\_20](https://doi.org/10.4103/njms.njms_246_20)
- [C\_Sobral\_2021] Sobral, D. S., Duarte, D. W., Dornelles, R. F. V., & Moraes, C. A. C. (2021). 3D Virtual Planning for Rhinoplasty Using a Free Add-On for Open-Source Software. In *Aesthetic Surgery Journal* (Vol. 41, Issue 8, pp. NP1024–NP1032). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/asj/sjab085>
- [C\_Soltysiak\_2009] Sołtysiak, A., Kozłowski, T. (2009). Komentarz do identyfikacji cranium 13/05 z Fromborka jako kości Mikołaja Kopernika. in *Archeologia Polski* T. 54 Z. 2. <https://bit.ly/4afcnj5>
- [C\_Stephan\_2015] Stephan, C. N. (2015). Facial Approximation-From Facial Reconstruction Synonym to Face Prediction Paradigm. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 60, Issue 3, pp. 566–571). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12732>
- [C\_Taub\_2024] Taub, B. (2024). Injured tortoise zooms around on new wheels thanks to 3D-printed prosthesis. *IFLScience*. <https://bit.ly/4eWxmKN>
- [C\_Taylor\_2010] Taylor, K. T. (2010). Forensic reconstruction - valley center Jane Doe. *Behance*. <https://bit.ly/3XGFzuR>
- [C\_Vlcek\_1968] Vlček, E. 1968: Čáslavská kalva – Zpráva o novém prozkoumání tzv. čáslavského nálezů, *Památky archeologické* LIX, 1, 249 – 272.
- [C\_Vlcek\_1974] Vlček, E. 1974: Čáslavská kalva – pravděpodobný pozůstatek Jana Žižky z Trocnova – v konfrontaci s historickými prameny, *Jihočeský sborník historický* XLIII, zvláštní číslo k 550. výročí úmrtí Jana Žižky z Trocnova, 50 – 60.
- [C\_Vlcek\_1984] Vlček, E. (1984). *Kosterní pozůstatky Jana Žižky z Trocnova*. Staletá Praha 1984 XIV. 55-66. <https://www.staletapraha.cz/pdfs/pha/1984/01/05.pdf>
- [C\_Vlcek\_1993] Vlček, E. 1993: *Jak zemřeli: Významné osobnosti českých dějin z pohledu antropologa a lékařství*. Praha.



# Ferramenta de Importação de Tomografia Computadorizada no OrtoGOnBlender XP



Data da publicação: 11 de novembro de 2024  
 ISSN: 2764-9466 (Vol. 6, nº 1, 2025)  
 DOI: 10.6084/m9.figshare.27648876

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

**Atenção:** Caso encontre algum erro no texto, sintá-se à vontade para informá-lo aos autores, o contato pode ser feito via redes sociais acadêmicas informadas no início do capítulo.

## Cicero Moraes

3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil - Bacharel em Marketing, Dr. h. c. FATELL/FUNCAR (Brasil) e CEGECIS (México) - Membro da Mensa Brasil e da Intertel - Revisor convidado: Elsevier, Springer Nature, PLoS e LWW - Guinness World Records 2022: First 3D-printed tortoise shell. Google Scholar<sup>29</sup>, ResearchGate<sup>30</sup>, ORCID<sup>31</sup>, Homepage.<sup>32</sup>

## Issam Dakir

Cirurgião Dentista, Marrocos

## Bartosz Startek

Cirurgião Dentista, Bolesławiec, Polônia

## Rodrigo Dornelles

Cirurgião Plástico, Núcleo de Plástica Avançada - NPA, São Paulo-SP

## Everton da Rosa

Everface Odontologia Especializada, Brasília-DF

<sup>29</sup> <https://scholar.google.com.br/citations?user=u33uvHUAAAAJ>

<sup>30</sup> <https://www.researchgate.net/profile/Cicero-Moraes>

<sup>31</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9479-0028>

<sup>32</sup> <http://www.ciceromoraes.com.br>

## 4.1 Introdução

O presente capítulo apresenta a nova ferramenta de reconstrução de tomografia computadorizada, que está sendo desenvolvida para o OrtoGOnBlender XP (OOB\_XP), uma versão baseada no Blender 4.2 LTS, inicialmente para o Linux Ubuntu 24.04 LTS e posteriormente para o Windows e o MacOS.

Depois do trabalho inicial de programação, onde muito do código anterior (baseado no Blender 2.91 e no Ubuntu 20.04) [D\_Moraes\_et\_al\_2020] foi reaproveitado e melhorado, um extensivo teste foi efetuado em um conjunto de 404 tomografias, resultando em uma alta taxa de sucesso que variou de ~97% a 100%, denotando uma robustez funcional que remonta 8 anos de desenvolvimento.

## 4.2 Como Funciona

A ferramenta de reconstrução de tomografia computadorizada se encontra na seção intitulada “CT-Scan”, que quando expandida apresenta inicialmente o seletor de diretório, onde o usuário indicará a localização dos arquivos DICOM a serem trabalhados (Fig.4.1).

É necessário entrar no diretório onde estão os arquivos DICOM, não há necessidade de entrar nos subdiretórios, mas ao menos na raiz onde se encontram os arquivos, de modo a reduzir o tempo de organização e a chance de algum erro. Ao clicar no botão “Accept”,

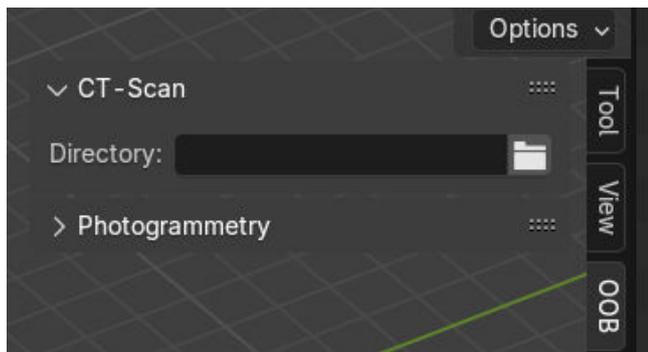


Figura4.1: Seletor do diretório.

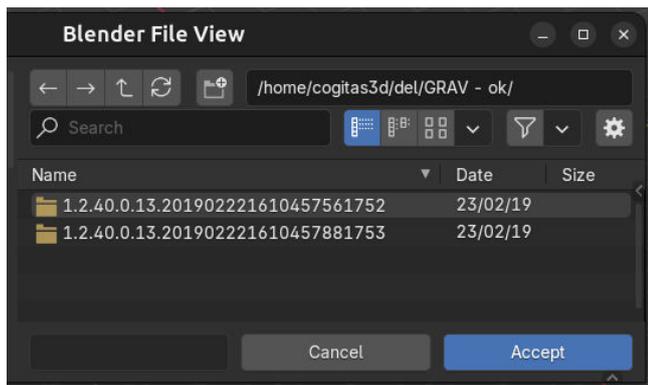


Figura4.2: Seleção do diretório.

a interface ficará congelada, pois o processo de organização da estrutura do(s) exames(s) será iniciada (Fig.4.2).

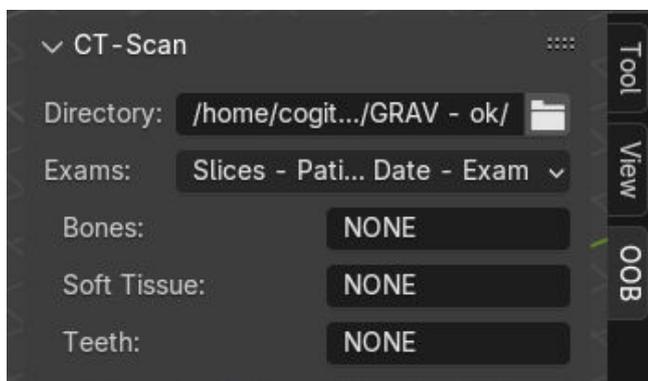


Figura4.3: Seleção do exame.

A primeira expansão da interface apresenta o menu *dropdown* “Exams” com a listagem dos exames organizados pelo OOB\_XP, a serem abordados na sequência. Também aparecem os campos correspondentes aos fatores de reconstrução dos ossos (Bones), tecido mole (Soft Tissue) e dentes (Teeth) (Fig.4.3).

Ao clicar sobre o menu *dropdown* “Exam”, o mesmo se expande (Fig.4.4) e apresenta os exames disponíveis com as informações de: Número de fatias na tomografias - Nome do paciente - Data do exame - Descrição do exame.

Assim que o exame é selecionado, é esperado que os

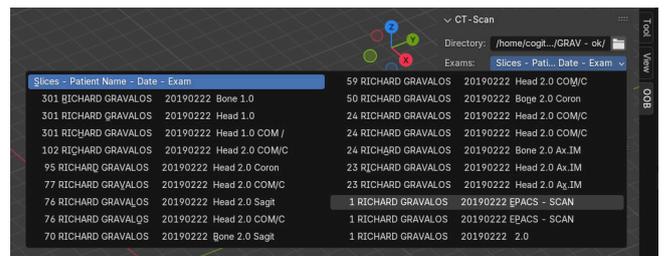


Figura4.4: Seleção do exame.

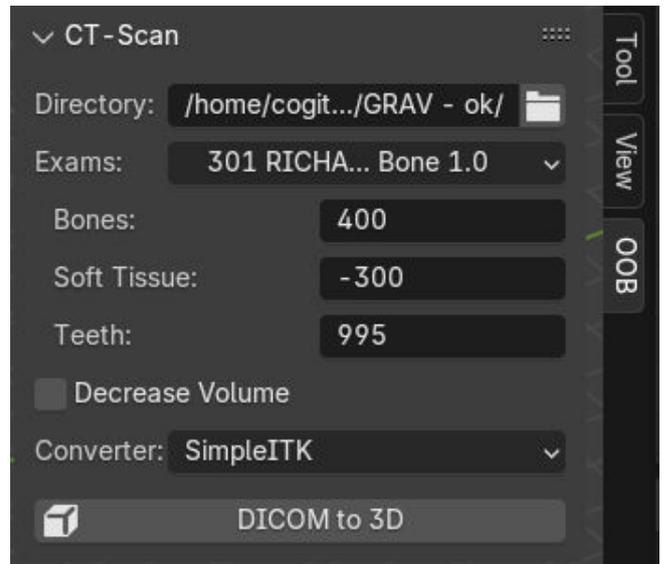


Figura4.5: Dados completos para a reconstrução.

fatores (Bones, Soft Tissue e Teeth) sejam preenchidos automaticamente. Algumas opções complementares aparecerão logo abaixo e serão abordadas na sequência, no entanto, a tomografia já pode ser reconstruída, bastando que o usuário clique no botão “DICOM to 3D” (Fig.4.5).

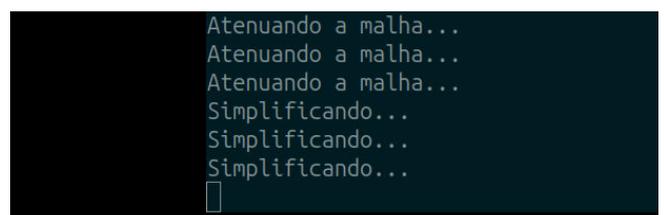


Figura4.6: Saída no terminal.

O processo de reconstrução das três malhas, que é paralelo, pode ser acompanhado no terminal (Fig.4.6).

Assim que o processo for finalizado, as malhas são apresentadas na tela da 3D View (Fig.4.7).

Caso a tomografia apresente um volume muito grande de dados, como um bloco de 1000x1000x1000px, há a possibilidade de reduzir tal volume através do “Decrease Volume”, indicando o fator de redução. No exemplo, onde aparece o valor de 0.5 (Fig.4.8), a redução será pela metade em cada eixo, resultando em um volume de 500x500x500px, logo, um oitavo ou 12,5% do volume anterior, pois



Figura4.7: Malhas da tomografia reconstruídas.

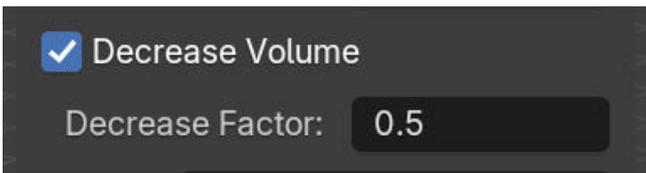


Figura4.8: Redutor de volume.

$1.000 \times 1.000 \times 1.000 = 1.000.000.000$  e  $500 \times 500 \times 500 = 125.000.000$ .



Figura4.9: Biblioteca ativa.

Há a possibilidade da biblioteca ativa, que é usada na conversão do DICOM em malha, apresentar problemas, caso isso aconteça o usuário pode optar por outras formas de correção no seletor “Converter”. Atualmente as duas opções são SimpleITK e Slicer (Fig.4.9).

### 4.3 Detalhes Técnicos e Testes

A ferramenta de reconstrução de tomografias computadorizadas do OOB\_XP vem sendo desenvolvida ao longo de 7 anos, baseada majoritariamente na experiência do usuário e as necessidades destes, tanto na questão relacionada à robustez quanto à facilidade de uso. A atual versão, como abordado na seção anterior, conta com uma interface mais enxuta e objetiva, oferecendo um passo-a-passo mais intuitivo e assertivo para o usuário, o que representa uma grande evolução em relação à versão anterior do OOB\_XP [D\_Moraes\_et\_al\_2021] [D\_Moraes\_et\_al\_2021b].

No entanto, a ferramenta tem em seu interior um sistema inteligente, que além de ajustar a interface, também faz uma série de configurações em segundo plano, corrigindo eventuais problemas que possam ocorrer devido a incompatibilidade do exame DICOM

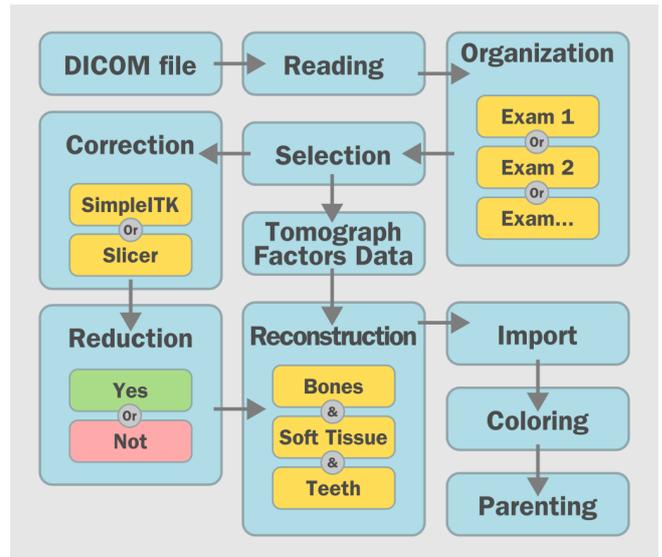


Figura4.10: Esquema gráfico da ferramenta.

em relação às bibliotecas do sistema, planejando os dados a partir de bibliotecas acessíveis ao OOB\_XP, mas também informando automaticamente os fatores relacionados aos tomógrafos utilizados (Fig.4.10).

O setup automático a partir do modelo do tomógrafo e informações contidas nos exames DICOM, foram levantadas ao longo dos anos por solicitações advindas dos usuários do OOB, distribuídos por 31 países, de quatro continentes diferentes e atuantes em importantes hospitais e clínicas. Esse banco permite abranger um número muito grande de máquinas, restando poucas sem a configuração automática disponível. Buscando entender a amplitude dessas informações, um teste foi efetuado para testar a robustez da nova ferramentas de reconstrução de tomografias computadorizadas.

Tal teste consistiu na reconstrução de 404 tomografias sob os cuidados dos desenvolvedores/autores, sendo parte considerável delas um conjunto que no passado apresentou problemas no processo de reconstrução. O banco de dados é maior do que o número informado, mas para testar a efetividade da ferramenta foram escolhidas as tomografias que apresentaram problemas no passado e o segundo critério de escolha foi que pertencessem a especialistas diferentes, para que a amostra fosse a mais heterogênea possível.

Os resultados foram surpreendentes, em parte pelo acúmulo de conhecimento adquirido ao longo dos anos e utilizado para resolver os problemas de incompatibilidade e em parte pela efetividade complementada nas novas ferramentas. Inicialmente foram rodadas 404 tentativas de reconstrução utilizando apenas a opção “SimpleITK”, que foi bem sucedida em 391 vezes (96,78%), apresentando apenas 13 problemas (3,22% do total), que envolveram erro de biblioteca e reconstruções com problemas estruturais. Uma nova rodada de reconstruções foi efetuada nas 13 tomogra-

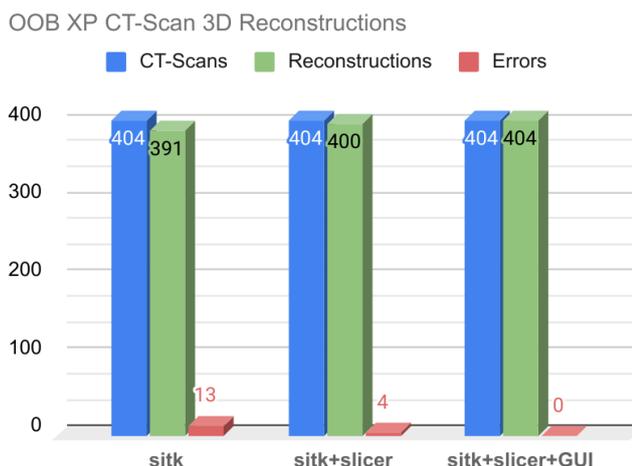


Figura 4.11: Gráfico - reconstrução de tomografias.

fias que apresentaram problemas, desta feita utilizando a opção “Slicer” e o número de erros foi reduzido para apenas 4 (0,99% do total). Das 4 tomografias que sobraram, o problema de incompatibilidade foi resolvido, abrindo a tomografia no Slicer com interface gráfica e reexportando o exame como arquivos DICOM. Ao rodar as tomografias exportadas o número de erros foi reduzido para 0 (Fig. 4.11).

OOB XP CT-Scan 3D Reconstructions			
	CT-Scans	Reconstruction Errors	Succ. Rate (%)
sitk	404	391	96,78
sitk+slicer	404	400	99,01
sitk+slicer+GUI	404	404	100,00

Figura 4.12: Tomografias computadorizadas - resultados.

Resumindo os resultados, quando utilizada apenas a opção “SimpleITK”, a taxa de sucesso foi de ~97%, com o uso da opção “Slicer” a taxa de sucesso sobiu para 99% e com o uso conjunto do programa Slicer, a taxa de sucesso chegou ao impressionante número de 100% (Fig. 4.12).

## 4.4 Conclusão

Em face à intuitividade da ferramenta, bem como a sua robustez no amplo teste envolvendo 404 tomografias, a mesma está suficientemente desenvolvida para o uso no Linux e pronta para ser portada para o Windows e o MacOS.

## 4.5 Agradecimentos

Ao Dr. Richard Gravalos, por ceder a tomografia computadorizada utilizada neste estudo. Um agradecimento especial a todos aqueles que enviaram tomografias computadorizadas, formando um grupo de arquivos importantíssimo para testar o uso do sistema em situações práticas.

## 4.6 Referências Bibliográficas

- [D\_Moraes\_et\_al\_2020] Moraes, C., da Rosa, E., & Dornelles, R. (2020). Ortogonblender - O Que É e aspectos técnicos. Retrieved from [https://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/OrtogOnBlender/OrtogOnBlender\\_Como\\_Funciona.html](https://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/OrtogOnBlender_Como_Funciona.html)
- [D\_Moraes\_et\_al\_2021] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. D. (2021). Sistema de Reconstrução de Tomografia Computadorizada Baseado no Slicer 3D e no DicomToMesh. figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.13513890>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/2/Slicer.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/2/Slicer.html)
- [D\_Moraes\_et\_al\_2021b] Moraes, C., Dakir, I., Dornelles, R., & Da Rosa, E. (2021). Reconstrução de Tomografias com o VTK Python, o SimpleITK e o Multiprocessing. figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.14370902>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/3/VTK\\_ITK\\_multi.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/3/VTK_ITK_multi.html)

# A Aproximação Facial da Múmia “Golden Boy” - Uma Abordagem Independente, Didática e Transparente

**Cicero Moraes**

3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil -  
Bacharel em Marketing, Dr. h. c. FATELL/FUNCAR  
(Brasil) e CEGECIS (México) - Membro da Mensa  
Brasil e da Intertel - Revisor convidado: Elsevier,  
Springer Nature, PLoS e LWW - Guinness World  
Records 2022: First 3D-printed tortoise shell.  
Google Scholar<sup>33</sup>, ResearchGate<sup>34</sup>, ORCID<sup>35</sup>,  
Homepage.<sup>36</sup>

Data da publicação: 12 de novembro de 2024

ISSN: 2764-9466 (Vol. 6, nº 1, 2025)

DOI: 10.6084/m9.figshare.27658647

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

**Atenção:** Caso encontre algum erro no texto,  
sinta-se à vontade para informá-lo ao autor, o con-  
tato pode ser feito via redes sociais acadêmicas in-  
formadas no início do capítulo.

## 5.1 Introdução

A múmia conhecida como “Golden Boy”, trata-se dos restos mortais de um jovem de aproximadamente 14 anos, que teria vivido no período ptolomaico (c.332-30 a.C.) em Edfu, Egito. No ano de 2022 o seu corpo foi tomografado e os resultados da pesquisa comparilhados através de uma publicação acadêmica em 2023 [E\_Saleem\_et\_al\_2023]. Os pesquisadores fizeram a identificação do sexo pela presença da genitália, também identificaram 49 amuletos dentro da múmia e entre os envoltórios, além da presença de sádalias nos pés. As características da máscara indicariam um status social elevado e os pesquisadores

<sup>33</sup> <https://scholar.google.com.br/citations?user=fu33uvHUAAAAJ>

<sup>34</sup> <https://www.researchgate.net/profile/Cicero-Moraes>

<sup>35</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9479-0028>

<sup>36</sup> <http://www.ciceromoraes.com.br>

não acharam evidências de má nutrição ou doença, na múmia que foi classificada como completa e bem preservada [E\_Saleem\_et\_al\_2023].

As características da licença Creative Commons (CC-BY), utilizada pelos autores do estudo, instigou a criação desde capítulo, abordando como poderia ser a face do Golden Boy, e que por sua vez também é licenciado sob CC-BY.

**Aviso:** O presente trabalho é independente, sem vínculo com a instituição que guarda os restos mortais da múmia nomeada “Golden Boy”, tampouco com as universidades e instituições que os estudaram. O elemento motivador do capítulo é a criação de material didático para o ensino da técnica de aproximação facial, ao testar a possibilidade de se reconstruir uma face utilizando dados originalmente disponíveis em matérias de jornais, mídias online, livros e *journals* acadêmicos. Recomenda-se fortemente a leitura do estudo original de Saleem et al. (2023), intitulado “Scanning and three-dimensional-printing using computed tomography of the “Golden Boy” mummy” [E\_Saleem\_et\_al\_2023].

## 5.2 A Aproximação Facial Forense

A reconstrução facial forense (RFF) ou aproximação facial forense (AFF) [E\_Stephan\_2015], é uma técnica auxiliar de reconhecimento que reconstrói/aproxima a face de uma pessoa a partir do seu crânio e é utilizada quando há escassa informação para a identificação de um indivíduo [E\_Pereira\_et\_al\_2017]. Nota-se que a técnica não se trata de identificação, como aquelas oferecidas por DNA ou análise comparativa de arcos dentários, mas sim de reconhecimento que pode levar à posterior identificação [E\_Baldasso\_et\_al\_2020].

Todo o trabalho disponível neste capítulo foi efetuado utilizando software livre e gratuito, majoritariamente no ambiente do Blender 3D, através do addon OrthoOnBlender [E\_Moraes\_et\_al\_2020], que por sua vez conta com um submódulo específico para AFF, intitulado ForensicOnBlender.

O trabalho de [E\_Saleem\_et\_al\_2023] oferece uma sé-

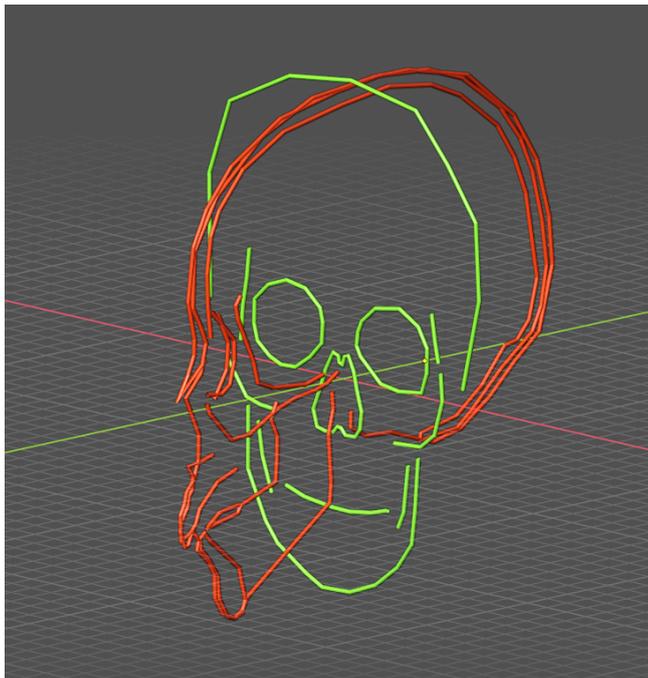


Figura5.1: Projeções bidimensionais alinhadas aos eixos.

rie de informações como imagens e medições que permitiram o cruzamento de dados para o traçado de parte do crânio de modo frontal e lateral (Fig.5.1). Para a aproximação facial não é necessário um detalhamento muito grande do crânio, uma vez que as projeções são efetuadas a partir de poucas partes deste, o que será abordado na sequência. A escala do crânio é ajustada ao tamanho real graças à informação das medidas efetuadas na múmia, ao se cruzar os dados como se se fizesse uma conta com incógnitas, é possível então saber qual a dimensão esperada.

O crânio de um doador virtual, de idade parecida, ou seja, por volta dos 14 anos, é importado e deformado/ajustado até se adequar à estrutura projetada. O trabalho, no entanto, não se limita a isso, pois alguns pontos anatômicos são distribuídos ao longo do crânio para que sejam feitas projeções esperadas para a estrutura óssea e tecido mole. Essas projeções, baseadas em mensurações efetuadas em tomografias de indivíduos vivos [E\_Moraes\_and\_Suharschi\_2022], permitem atestar que o crânio se encaixa nos parâmetros de proporção esperados para o limite inferior do nariz, dos incisivos superiores e do mento; além disso também informa qual deve ser a posição dos globos oculares e os limites das asas nasais (horizontais e verticais), dos olhos (horizontais, dos lábios (horizontais) e das orelhas (verticais) (Fig.5.2).

Para uma compreensão prática do funcionamento da solução, duas videoaulas sobre projeções estruturais estão disponíveis de modo online em: aula 1<sup>37</sup>, aula 2<sup>38</sup>.

Ao longo do trabalho outras videoaulas serão compartilhadas, denotando transparência em relação a

<sup>37</sup> <https://youtu.be/U6oYkEmfyWo>

<sup>38</sup> <https://youtu.be/Vcz2e5uSFX8>

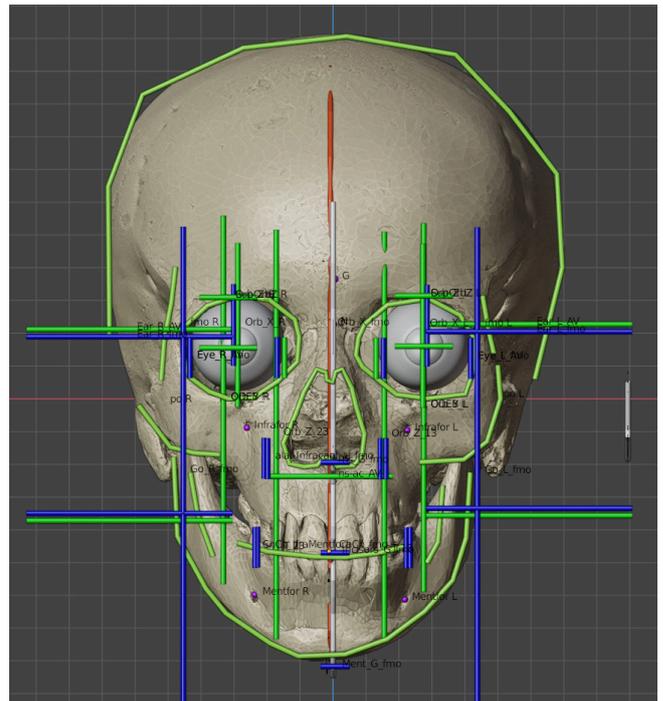


Figura5.2: Crânio de um doador virtual ajustado à projeção.

metodologia utilizada, pois permite ao leitor replicar a abordagem.

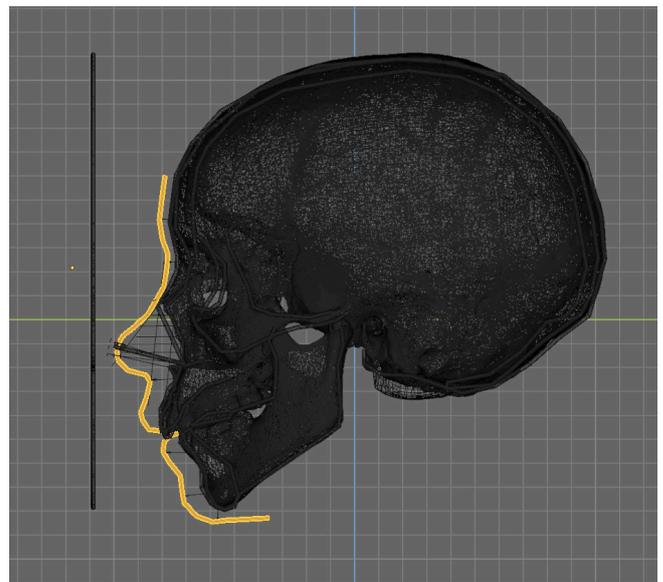


Figura5.3: Projeção do perfil.

A etapa seguinte consistem em posicionar marcadores de espessura de tecido mole, colhidos em indivíduos com a faixa etária semelhante a do Golden Boy [E\_Wilkinson\_2004]. A projeção nasal é efetuada a partir de uma metodologia complementar, que utiliza dados de tomografias computadorizadas de indivíduos vivos [E\_Moraes\_et\_al\_2021] [E\_Moraes\_and\_Suharschi\_2022]. Graças ao cruzamento destes dados é possível traçar o perfil da face (Fig.5.3).

Uma [video aula](#)<sup>39</sup> sobre a técnica de projeção nasal pode ser acessada de modo online.

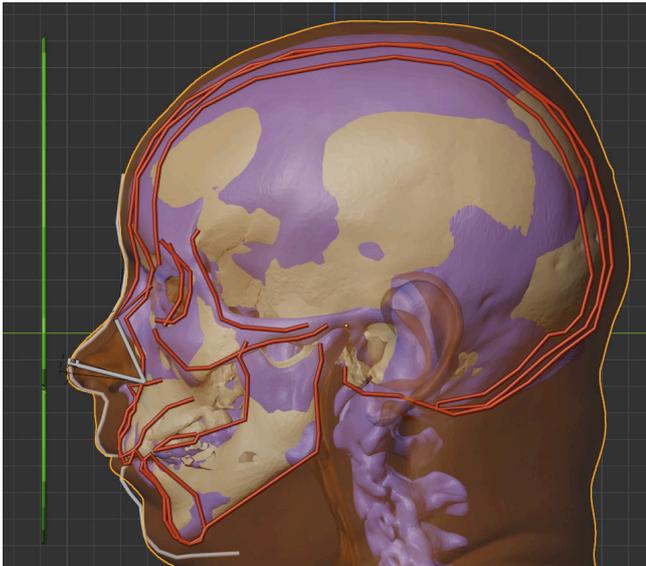


Figura5.4: Adição do modelo advindo da deformação anatômica.

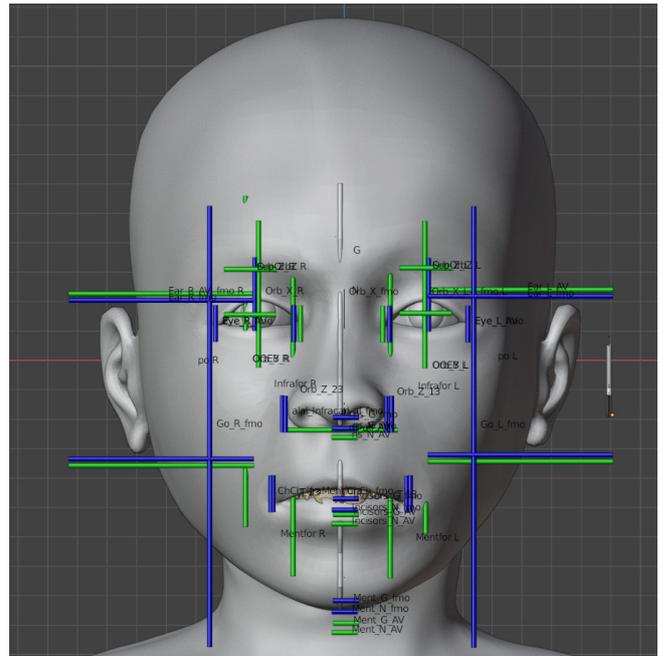


Figura5.5: Visualização frontal da face básica final.

Apesar da projeção de perfil fornecer alguns dados para a aproximação, a coerência anatômica desta visão pode ser melhorada, além disso, os marcadores de espessura de tecido mole não cobrem toda a superfície do crânio, então, complementar os parâmetros volumétricos com a deformação anatômica [E.Quatrehomme et al 1997] aumenta a coerência estrutural da face. A técnica de deformação anatômica consiste em importar uma tomografia computadorizada da cabeça de um doador virtual, o que pode ser feito no próprio OrtogOnBlender [E.Moraes et al 2021b], cujos fatores reconstruam o tecido mole e o crânio separados. O tecido mole é então ocultado durante o processo que consiste em deformar a estrutura até que o crânio do doador se converta no crânio a ser aproximado, no caso o do Golden Boy, a deformação se refletirá no tecido mole resultando em uma face compatível com a que o jovem teria em vida, complementando os dados estruturais gerais (Fig.5.4).

O busto básico final é resultante da interpolação dos dados de todas as projeções, como os marcadores de espessura de tecido mole, a deformação anatômica e as projeções efetuadas a partir dos pontos anatômicos do crânio (Fig.5.5).

Os pelos e cabelos são configurados, bem como a iluminação e posicionamento das câmeras para a geração das imagens (Fig.5.6).

As renderizações finais das imagens passaram por um processo de aguçamento de detalhes com o uso da inteligência artificial (IA) baseada em um treinamento com milhares de imagens de faces humanas (<https://github.com/AUTOMATIC1111/stable-diffusion-webui>).

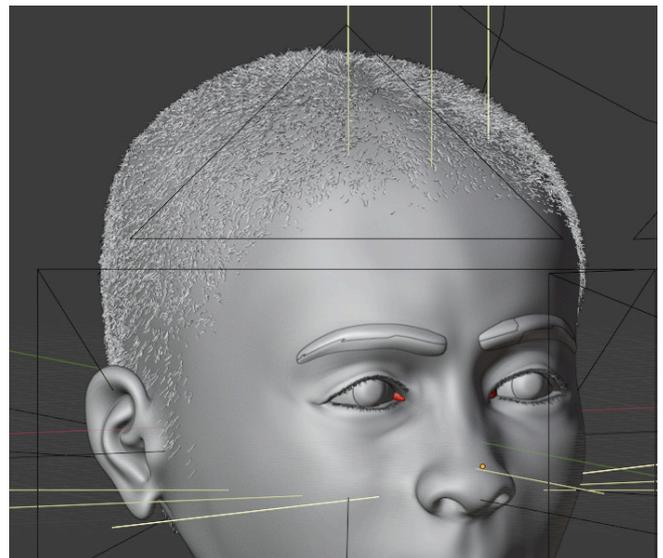


Figura5.6: Configuração dos pelos e cabelos faciais.

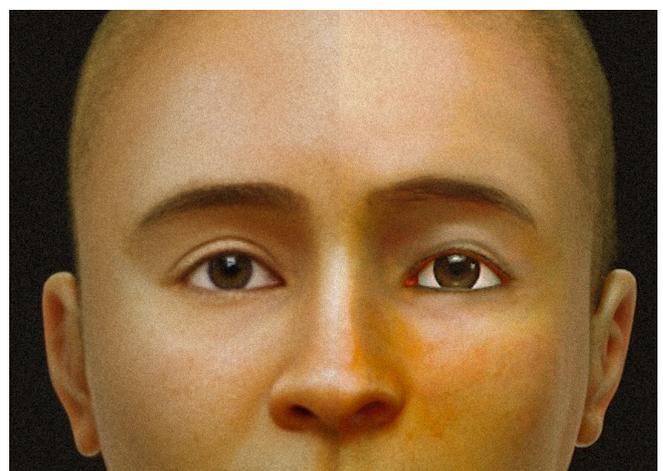


Figura5.7: Renderização bruta à direita e o ajuste por IA à esquerda.

<sup>39</sup> <https://youtu.be/F205kLQ--0o>

Foram tomados cuidados para que o ajuste não alterasse a estrutura da renderização bruta e alguns ajustes manuais foram necessários utilizando o software de edição de imagens The Gimp (<https://www.gimp.org>).

A tonalidade da pele foi baseada em uma junção de dados de retratos presentes em múmias ptolemaicas, de informações advindas de arte egípcia antiga e de dados populacionais discutidos em outros artigos como em [E\_Moraes\_and\_Habicht\_2024], cuja leitura é fortemente recomendada.

### 5.3 Resultados

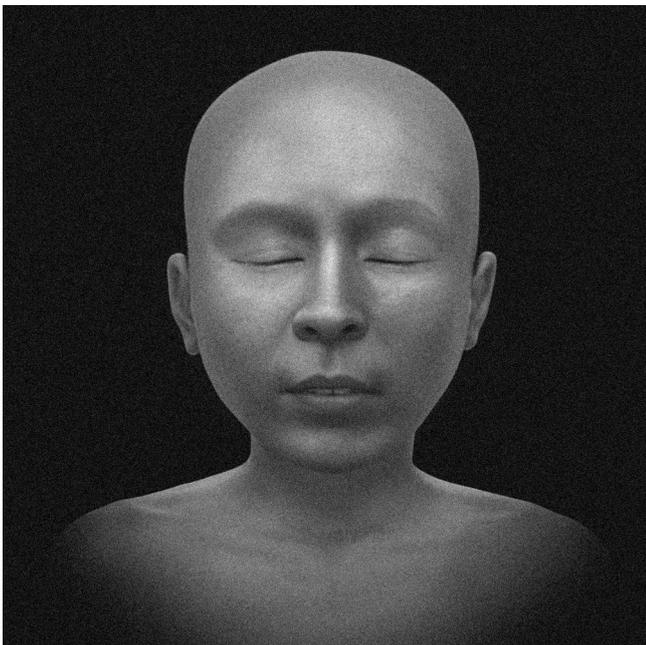


Figura5.8: Face objetiva frontal.

Foram geradas quatro imagens finais:

- Duas com elementos mais objetivos, de olhos fechados e em escala de cinza, pois não se sabe qual seria a cor da pele e o formato dos olhos (Fig.5.8, Fig.5.9);
- Duas com elementos artísticos e especulativos como a cor da pele, o formato dos olhos, cabelos e pelos faciais (Fig.5.10, Fig.5.11).



Figura5.9: Face objetiva 3/4.

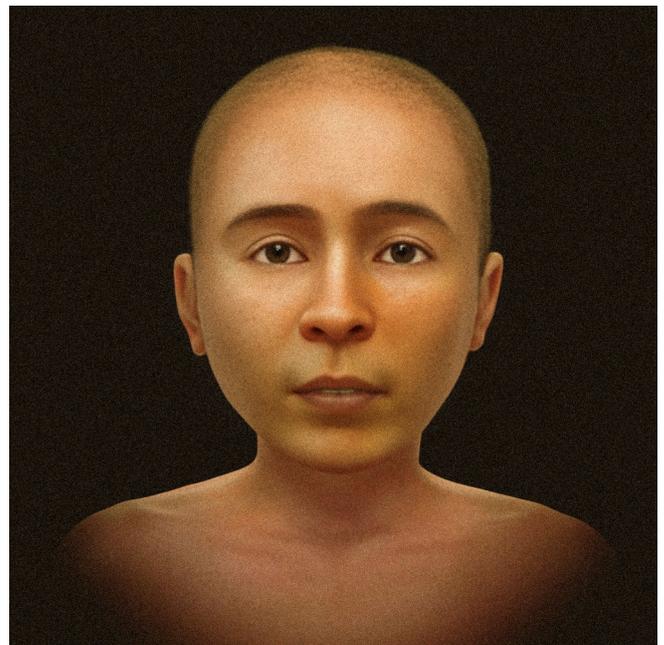


Figura5.10: Face artística frontal.

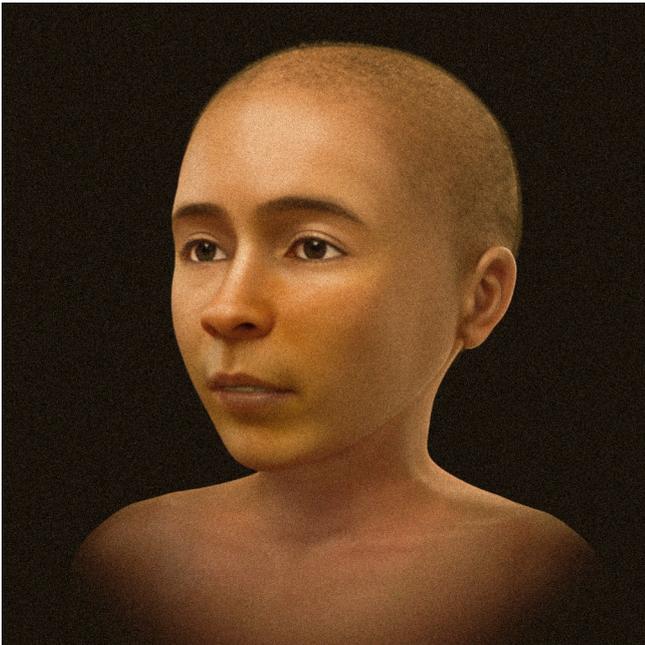


Figura5.11: Face artística 3/4.

## 5.4 Discussão

### 5.4.1 Sobre as Imagens e dados de Referência

Este estudo utilizou como base um artigo publicado na *Frontiers in Medicine*, neste caso o intitulado “Scanning and three-dimensional-printing using computed tomography of the “Golden Boy” mummy” que está sob licença Creative Commons (CC BY) e que permite o uso do conteúdo desde que se informe a fonte original e os autores, o que é feito neste estudo. As diretrizes aos autores<sup>40</sup> do journal informa que todas as figuras, tabelas e imagens serão publicadas sob CC-BY, o autor não apenas informou a fonte, como evitou utilizar as imagens presentes no artigo diretamente em seu estudo, fomentando o acesso ao material original como forma de gratidão e respeito. As imagens resultantes do processo de aproximação também são distribuídas sob a licença CC, fechando o ciclo produtivo acadêmico e didático, permitindo que todos tenham acesso livre aos resultados.

### 5.4.2 Efetividade e Limitações da Técnica

É importante deixar clara a situação de que a face, primeiro, trata-se de uma aproximação, ou seja, está suscetível a erros de projeção, como qualquer método baseado em dados estatísticos. No entanto, a técnica costuma resultar em faces coerentes com aquela do indivíduo em vida, o trabalho de [E\_Baldasso\_et\_al\_2020], trata-se de um relato de caso onde a aproximação facial foi utilizada para o inicial reconhecimento e posterior identificação de uma vítima de crime, e teve o autor (deste estudo) como um

dos que compuseram tal material (o relato de caso). O acontecimento, inclusive repercutiu na mídia regional [E\_Dalcin\_et\_al\_2020] e foi apresentado no site do Instituto Geral de Perícia (IGP/RS) [E\_IGP\_2020], demonstrando o uso efetivo das ferramentas. A parceria do uso de ferramentas digitais para a análise de crimes não se resume apenas a aproximação facial e ao ano de 2020, a parceria entre o autor e a instituição policial remonta o ano de 2015, quando auxiliou o grupo forense fornecendo treinamento para o uso de técnicas de modelagem e digitalização 3D para a composição de potenciais cenários e exclusão de possibilidades em um acontecimento de interesse nacional [E\_Irion\_2015] [E\_G1\_RS\_2015]. Tais fatos demonstram claramente que as técnicas apresentadas aqui são robustas e já foram utilizadas no mundo real com grande sucesso técnico, na busca pela justiça.

**Atenção:** Além da AFF o OrtoGOnBlender é utilizado para o planejamento de cirurgia ortognática [E\_Cunha\_et\_al\_2020] [E\_Lobo\_et\_al\_2022], rinoplastia [E\_Sobral\_et\_al\_2021], fraturas mandibulares [E\_Facanha\_et\_al\_2021], expansores mandibulares de bebês [E\_Duarte\_et\_al\_2023], documentação urológica [E\_Nascimento\_et\_al\_2023], próteses veterinárias [E\_Taub\_2024], próteses faciais [E\_Salazar\_et\_al\_2022] e outros, por usuários de 30 países, contemplando 4 continentes.

## 5.5 Conclusão

O presente estudo foi bem sucedido ao utilizar dados publicados em artigo acadêmico sob licença Creative Commons para aproximar a face de um indivíduo.

Em relação a múmia Golden Boy, que é ilustrada neste estudo, segundo as palavras de [E\_Saleem\_et\_al\_2023] um dos objetivos do projeto que envolvia a publicação do artigo era que isso poderia ajudar a documentar e promover a sua exibição pública, ou seja, o presente trabalho coopera com essa visão e, por ser uma abordagem não-oficial e independente, pode instigar uma futura aproximação por parte da equipe que oficialmente trabalhou nos restos mortais, mantendo o projeto em evidência junto ao grande público e fomentando o interesse relacionado ao Antigo Egito.

<sup>40</sup> <https://www.frontiersin.org/journals/medicine/for-authors/author-guidelines>

## 5.6 Agradecimentos

Ao Dr. Richard Gravalos, por ceder a tomografia computadorizada utilizada neste estudo.

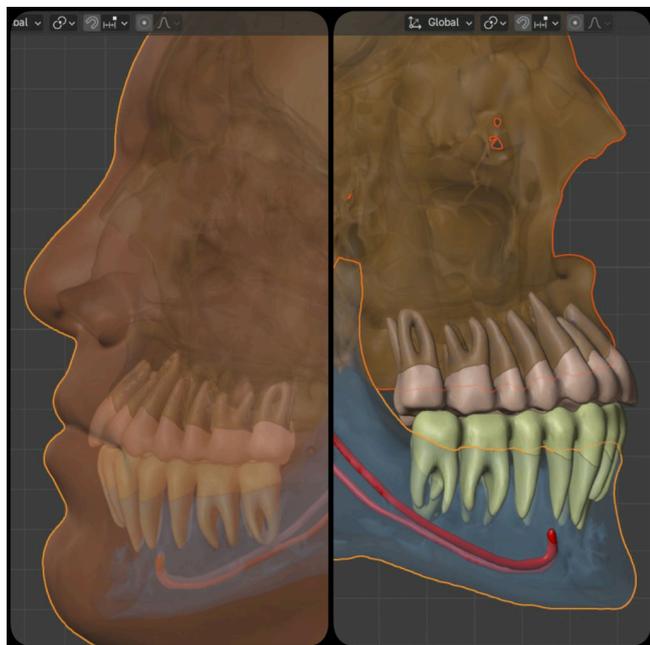
## 5.7 Referências Bibliográficas

- [E\_Baldasso\_et\_al\_2020] Baldasso, R. P., Moraes, C., Gallardo, E., Stumvoll, M. B., Crespo, K. C., Strapasson, R. A. P., & de Oliveira, R. N. (2020). 3D forensic facial approximation: Implementation protocol in a forensic activity. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 66, Issue 1, pp. 383–388). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14587>
- [E\_Cunha\_et\_al\_2020] Cunha, H. S., da Costa Moraes, C. A., de Faria Valle Dornelles, R., & da Rosa, E. L. S. (2020). Accuracy of three-dimensional virtual simulation of the soft tissues of the face in OrtogOnBlender for correction of class II dentofacial deformities: an uncontrolled experimental case-series study. In *Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 25, Issue 3, pp. 319–335). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s10006-020-00920-0>
- [E\_Dalcin\_et\_al\_2020] Dalcin, C., Veronez, K., Daros, R., & Lopes, J. (2020). Reconstrução facial leva Instituto Geral de Perícias do rs a identificar Jovem Desaparecido. G1. <https://bit.ly/3BHMymq>
- [E\_Duarte\_et\_al\_2023] Duarte, D. W., Fleith, I. J., Pinheiro, R. C., Machado, M. F., Zanin, E. M., & Collares, M. V. M. (2023). Mandibular morphology and distraction osteogenesis vectors in patients with Robin sequence. In *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 52, Issue 4, pp. 442–450). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2022.07.007>
- [E\_Facanha\_et\_al\_2021] Façanha de Carvalho, E., Alkmin Paiva, G. L., Yonezaki, F., & Machado, G. G. (2021). Computer-Aided Surgical Simulation in Severe Atrophic Mandibular Fractures: A New Method for Guided Reduction and Temporary Stabilization Before Fixation. In *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 79, Issue 4, p. 892.e1-892.e7). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.11.011>
- [E\_G1\_RS\_2015] G1 RS. (2015, September 2). IGP USA técnica para reconstituir crânio da Mãe de Bernardo EM 3D. G1. <https://bit.ly/3BHCKCw>
- [E\_IGP\_2020] IGP. (2020). Reconstituição facial leva à identificação de desaparecido. <https://igp.rs.gov.br/reconstrucao-facial-identifica-desaparecido>
- [E\_Irion\_2015] Irion, A. (2015). Técnica inédita será usada para desvendar morte da Mãe do Menino Bernardo. GZH. <https://bit.ly/3Y2BzVJ>
- [E\_Lobo\_et\_al\_2022] Lobo, F., Filho, L. I., Sigua-Rodriguez, E. A., da Silva, B. G., Tolentino, E. de S., Borges, Y. M., da Silva, M. C., Tonin, R. H., & Iwaki, L. C. V. (2022). Evaluation of ortogonblender software bone movement tools in bimaxillary orthognatic surgeries performed in dolphin software. In *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 123, Issue 4, pp. 417–421). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2021.10.001>
- [E\_Moraes\_and\_Habicht\_2024] Moraes, C., & Habicht, M. (2024). A Aproximação Facial Forense de Ramsés II: Abordagens Artísticas e Antropológicas Acerca das Múmias Reais. figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.26117353>
- [E\_Moraes\_and\_Suharschi\_2022] 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>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/4/Moldavos.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/4/Moldavos.html)
- [E\_Moraes\_et\_al\_2020] Moraes, C., da Rosa, E., & Dornelles, R. (2020). Ortogonblender - O Que É e aspectos técnicos. Retrieved from [https://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/OrtogOnBlender/OrtogOnBlender\\_Como\\_Funciona.html](https://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/OrtogOnBlender_Como_Funciona.html)
- [E\_Moraes\_et\_al\_2021] Moraes, C., Sobral, D. S., Mamede, A., & Beaini, T. L. (2021). Sistema Complementar de Projeção Nasal em Reconstruções/Aproximações Faciais Forenses. figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.17209379>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/3/NarizProjecao.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/3/NarizProjecao.html)
- [E\_Moraes\_et\_al\_2021b] Moraes, C., Dornelles, R., & Rosa, E. D. (2021). Sistema de Reconstrução de Tomografia Computadorizada Baseado no Slicer 3D e no DicomToMesh. figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.13513890>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/2/Slicer.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/2/Slicer.html)
- [E\_Nascimento\_et\_al\_2023] Nascimento, B. C. G., Moraes, C. A. D. C., Neto, R. P., Rocha, B. A., Miranda, E. D. P., Bessa, J. D., Nahas, W. C., Hallak, J., Mulhall, J. P., & Gomes, C. M. (2023). (167) 3D Penile Reconstruction Imaging in Complex Peyronie's Disease (PD): Proof of Concept Study. In *The Journal of Sexual Medicine* (Vol. 20, Issue Supplement\_1). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/jsxmed/qdad060.162>

- [E\_Pereira\_et\_al\_2017] Pereira, J. G. D., Magalhães, L. V., Costa, P. B., & Silva, R. H. A. da. (2017). RECONSTRUÇÃO FACIAL FORENSE TRIDIMENSIONAL: TÉCNICA MANUAL VS. TÉCNICA DIGITAL. In *Revista Brasileira de Odontologia Legal* (pp. 46–54). *Revista Brasileira de Odontologia Legal*. <https://doi.org/10.21117/rbol.v4i2.111>
- [E\_Quatrehomme\_et\_al\_1997] Quatrehomme G, Cotin S, Subsol G, Delingette H, Garidel Y, Grévin G, Fidrich M, Baillet P, Ollier A. A fully three-dimensional method for facial reconstruction based on deformable models. *J Forensic Sci.* 1997 Jul;42(4):649-52. PMID: 9243826.
- [E\_Salazar\_et\_al\_2022] 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>
- [E\_Saleem\_et\_al\_2023] Saleem, S. N., Seddik, S. A. el-Razek, & el-Halwagy, M. (2023). Scanning and three-dimensional-printing using computed tomography of the “Golden Boy” mummy. In *Frontiers in Medicine* (Vol. 9). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1028377>
- [E\_Sobral\_et\_al\_2021] Sobral, D. S., Duarte, D. W., Dornelles, R. F. V., & Moraes, C. A. C. (2021). 3D Virtual Planning for Rhinoplasty Using a Free Add-On for Open-Source Software. In *Aesthetic Surgery Journal* (Vol. 41, Issue 8, pp. NP1024–NP1032). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/asj/sjab085>
- [E\_Stephan\_2015] Stephan, C. N. (2015). Facial Approximation-From Facial Reconstruction Synonym to Face Prediction Paradigm. In *Journal of Forensic Sciences* (Vol. 60, Issue 3, pp. 566–571). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12732>
- [E\_Taub\_2024] Taub, B. (2024). Injured tortoise zooms around on new wheels thanks to 3D-printed prosthesis. *IFLScience*. <https://bit.ly/4eWxmKN>
- [E\_Wilkinson\_2004] Wilkinson, C. (2004). Juvenile facial reconstruction. In *Forensic Facial Reconstruction* (pp. 220–259). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781107340961.010>



# Segmentação de Tomografias Computadorizadas por IA no OrtoGOnBlender XP



Data da publicação: 12 de novembro de 2024

ISSN: 2764-9466 (Vol. 6, nº 1, 2025)

DOI: 10.6084/m9.figshare.27761970

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

**Atenção:** Caso encontre algum erro no texto, sintá-se à vontade para informá-lo aos autores, o contato pode ser feito via redes sociais acadêmicas informadas no início do capítulo.

## Cicero Moraes

3D Designer, Arc-Team Brazil, Sinop-MT, Brasil - Bacharel em Marketing, Dr. h. c. FATELL/FUNCAR (Brasil) e CEGECIS (México) - Membro da Mensa Brasil e da Intertel - Revisor convidado: Elsevier, Springer Nature, PLoS e LWW - Guinness World Records 2022: First 3D-printed tortoise shell. Google Scholar<sup>41</sup>, ResearchGate<sup>42</sup>, ORCID<sup>43</sup>, Homepage.<sup>44</sup>

## Issam Dakir

Cirurgião Dentista, Marrocos

## Bartosz Startek

Cirurgião Dentista, Bolesławiec, Polônia

## Rodrigo Dornelles

Cirurgião Plástico, Núcleo de Plástica Avançada - NPA, São Paulo-SP

## Everton da Rosa

Everface Odontologia Especializada, Brasília-DF

<sup>41</sup> <https://scholar.google.com.br/citations?user=u33uvHUAAAAJ>

<sup>42</sup> <https://www.researchgate.net/profile/Cicero-Moraes>

<sup>43</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9479-0028>

<sup>44</sup> <http://www.cicromoraes.com.br>

## 6.1 Introdução

O presente capítulo apresenta a nova ferramenta de reconstrução e segmentação de tomografias computadorizadas (CT-Scan e CBCT) utilizando inteligência artificial (IA) baseada no DentalSegmentator e uuN-Net [F\_Dot\_et\_al\_2024] [F\_Isensee\_et\_al\_2020]. A mesma está sendo desenvolvida para o OrtoGOnBlender XP (OOB\_XP), uma versão baseada no Blender 4.2 LTS, inicialmente para o Linux Ubuntu 24.04 LTS e posteriormente para o Windows e o MacOS. Esforços passados implementaram algumas ferramentas de IA na versão release do OrtoGOnBlender (OOB) [F\_Moraes\_et\_al\_2020], tanto para a segmentação dos dentes em modelos escaneados [F\_Moraes\_and\_Dakir\_2021] quanto para a segmentação dos ossos faciais, localização de pontos faciais e alinhamento no plano de Frankfurt [F\_Moraes\_et\_al\_2024].

## 6.2 Como Funciona

O funcionamento segue praticamente o mesmo passo-a-passo já abordado em [F\_Moraes\_et\_al\_2024b], com algumas pequenas diferenças.

A seção de importação de tomografias computadorizadas está na aba OOB, na lateral da 3D View. O primeiro passo é selecionar o diretório onde se encon-

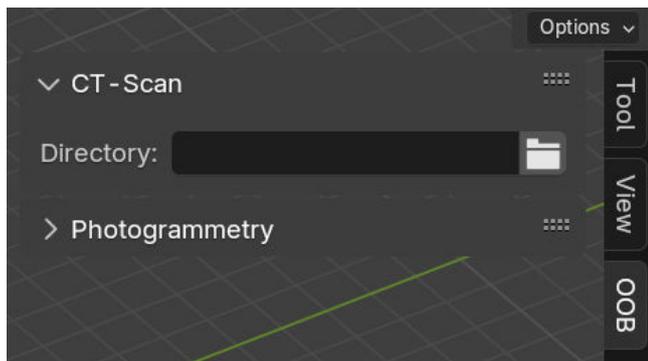


Figura6.1: Seletor de diretório DICOM.

tra a sequência de arquivos ou arquivo único DICOM, clicando no ícone de diretório à direita (Fig.6.1).

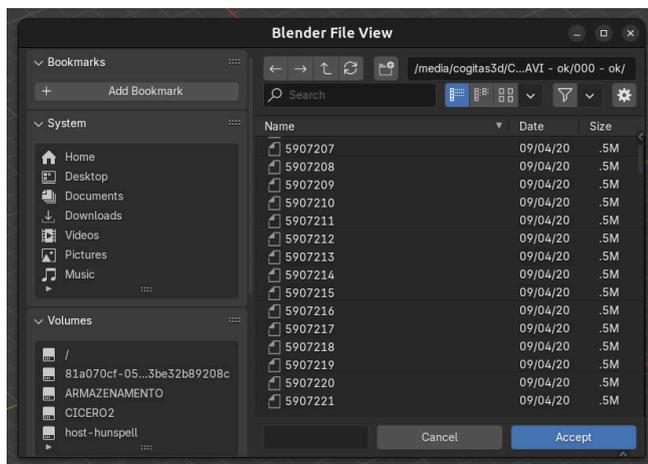


Figura6.2: Momento da seleção do diretório.

Uma janela de seleção será aberta, na qual o usuário indicará o local onde se encontram os arquivos DICOM. É recomendado que o diretório seja a raiz onde se encontram os arquivos DICOM ou mesmo os diretórios com arquivos DICOM, buscando evitar estruturas anteriores, como por exemplo, a raiz da mídia onde está o exame, pois geralmente contam com muitos diretórios sem arquivos DICOM, o que elevaria o tempo de busca e potencialmente dar magem a geração de erros. Uma vez que o diretório é indicado, basta clicar em “Accept” (Fig.6.2).

Assim que o diretório é selecionado, leva um certo tempo até que os exames DICOM sejam organizados. Uma vez que o processo é efetuado, a interface básica é apresentada (Fig.6.3), no entanto, para utilizar a ferramenta de IA, um passo adicional é necessário.

Tal passo implica em habilitar o checkbox de “AI DentalSegmentator nnU-Net only”, o que tornará a interface mais enxuta (Fig.6.4), uma vez que o sistema não necessita do preenchimento dos fatores relacionados aos tecidos que se pretende reconstruir. Outrossim, o usuário precisa selecionar o exame que pretende reconstruir, como indica a mensagem de atenção “PLEASE, SELECT AN EXAM!”.

A seleção é feita, clicando no menu “Exams”, e sele-

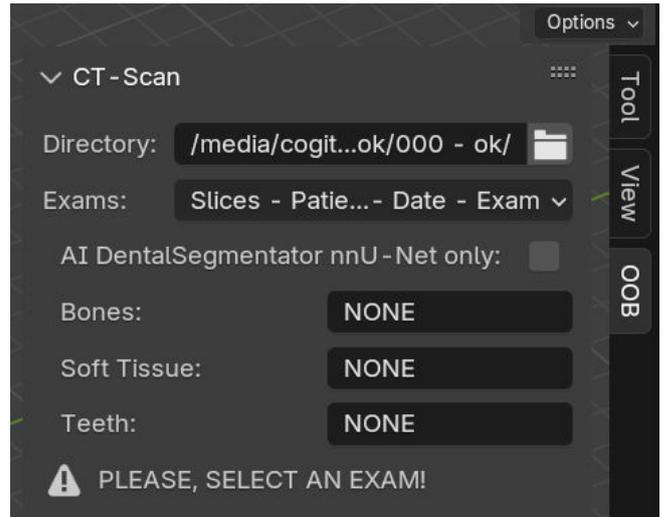


Figura6.3: Interface básica carregada.

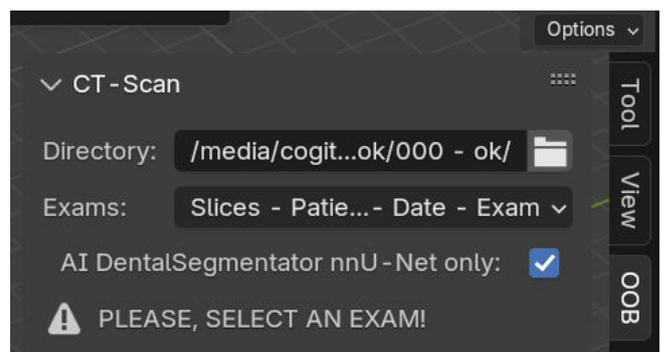


Figura6.4: Habilitando a IA.

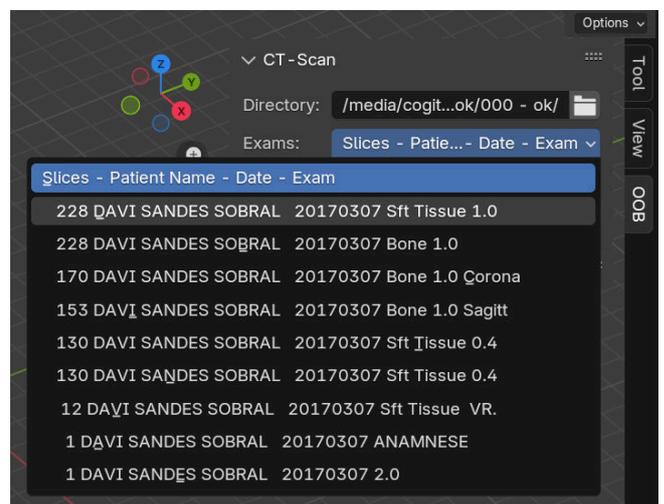


Figura6.5: Seleção do exame desejado.

cionado aquele desejado. A listagem é ordenada pelo número de fatias do exame e as informações em ordem horizontal são as seguintes: 1) Número de fatias, 2) Nome do Paciente, 3) Data do exame e 4) Descrição do exame (Fig.6.5).

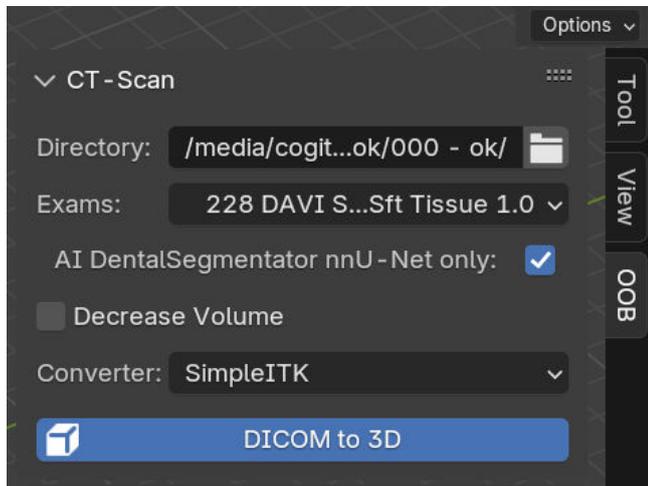


Figura6.6: Acionando o processo de reconstrução 3D.

Selecionado o exame, o passo seguinte implica em clicar no botão “DICOM to 3D” para reconstruir as malhas correspondentes aos tecidos pré-configurados (Fig.6.6).

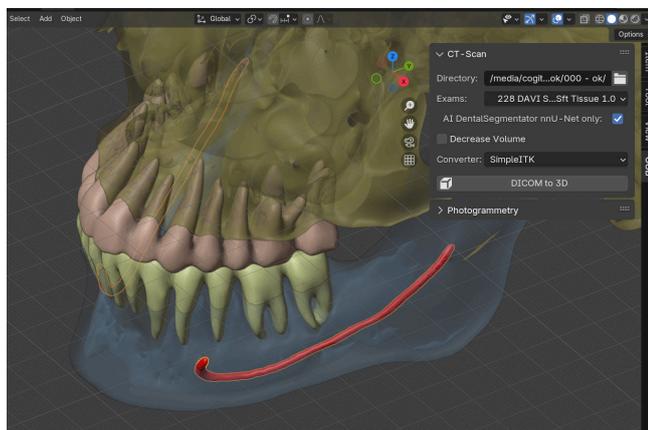


Figura6.7: Malhas reconstruídas por IA.

Assim que o processo de reconstrução é finalizado, as malhas correspondentes aos tecidos são importadas na cena, recebendo tratamento de cor e opacidade, para uma apresentação que propicie uma avaliação inicial de todos os modelos esperados: crânio (AI\_Skull), mandíbula (AI\_Mandible), dentes da arcada superior (AI\_Teeth\_Upper), dentes da arcada inferior (AI\_Teeth\_Lower) e nervos mentouais (AI\_nerves) (Fig.6.7).

Os usuários do OOB geralmente necessitam de informações do tecido mole e como a ferramenta de IA não os reconstrói, uma solução prática e rápida envolve desabilitar o checkbox da IA, o que fará com que a interface expanda e apresente os dados dos fatores

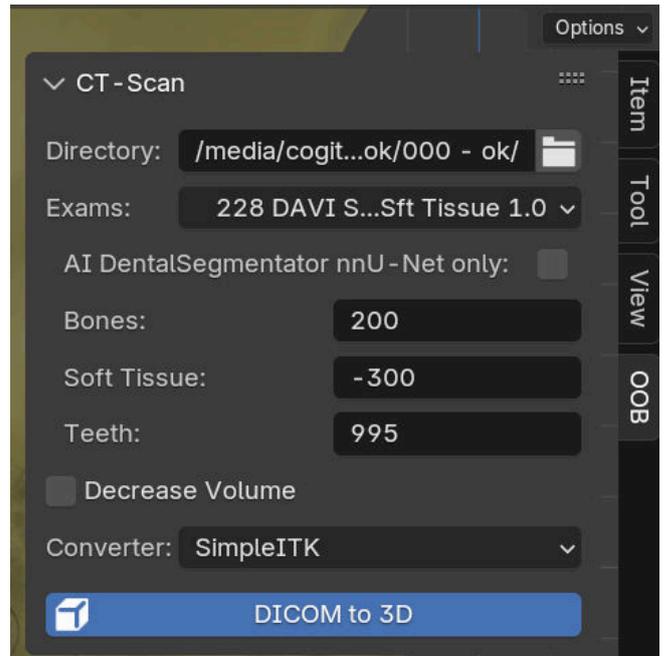


Figura6.8: Desabilitando a IA.

de reconstrução dos ossos, tecido mole e dentes, colhidos durante a organização dos exames. Para reconstruir as estruturas basta clicar em “DICOM to 3D” (Fig.6.8).

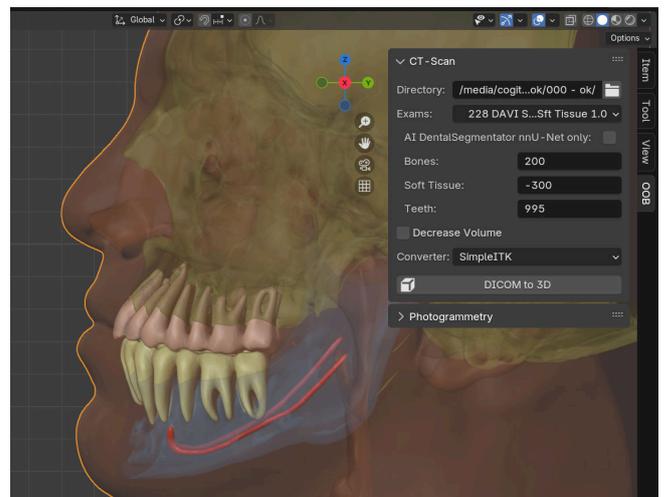


Figura6.9: Tecido mole adicionado na cena, com ajuste da transparência.

No exemplo, a malha dos ossos e dos dentes foram ocultas e a malha do tecido mole recebeu um ajuste na sua transparência para que os elementos da reconstrução anterior fossem visualizados (Fig.6.9), algo trivial para um usuário médio de OOB. O ponto de interesse aqui é ilustrar que a importação das malhas é efetuada de modo que, mesmo se tratando de abordagens diferentes, a posição das estruturas é feita no mesmo espaço, permitindo que o usuário desfrute de todas as opções de reconstrução, para complementar os dados, caso seja necessário (e em muitos casos, de fato o é).

## 6.3 Características Técnicas e Testes

### 6.3.1 Estrutura do Script

A programação das ferramentas IA no OOB\_XP foi inserida em um sistema já existente e legado de reconstrução de tomografias computadorizadas, permitindo que abordagens diferentes gerem estruturas que dividem o mesmo espaço final. Apesar das ferramentas DentalSegmentator e uuN-Net serem suficientemente robustas no meio para o qual foram originalmente criadas, ou seja, para a interface do Slicer (<https://www.slicer.org/>), ao portá-las para a interface do Blender (<https://www.blender.org/>) alguns desafios são adicionados no processo.

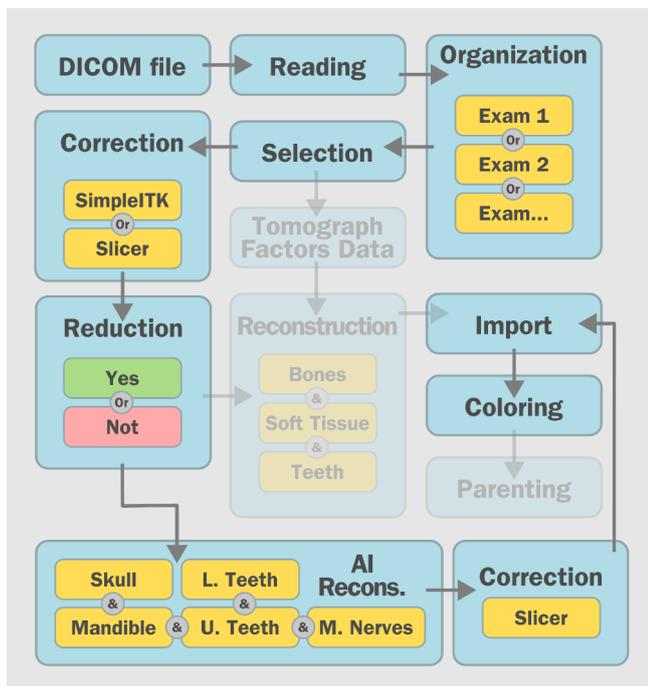


Figura6.10: Esquema de funcionamento da reconstrução por IA no OOB\_XP.

O papel do OOB\_XP é justamente contornar eventuais problemas e proporcionar ao usuário uma abordagem simples e objetiva, trabalhando no background para que as malhas sejam importadas sem maiores problemas. Caso o usuário encontre alguma incompatibilidade com a biblioteca SimpleITK, por exemplo, ele pode optar por utilizar a solução baseada em linha de comando do Slicer. Nos testes iniciais, os scripts baseados em bibliotecas Python não estavam conseguindo reconstruir o arquivo NII.GZ resultante da segmentação por IA, então optou-se por corrigir essa incompatibilidade convertendo o arquivo final em DICOM, o que propiciou o controle necessário para importar modelos na mesma posição espacial daqueles efetuados pelas ferramentas clássicas do OOB. O esquema de funcionamento geral pode ser visto na imagem ilustrativa (Fig.6.10), o que denota uma convergência satisfatória e de manutenção acessível por parte dos desenvolvedores.

### 6.3.2 Testes com CT-Scans e CBCTs

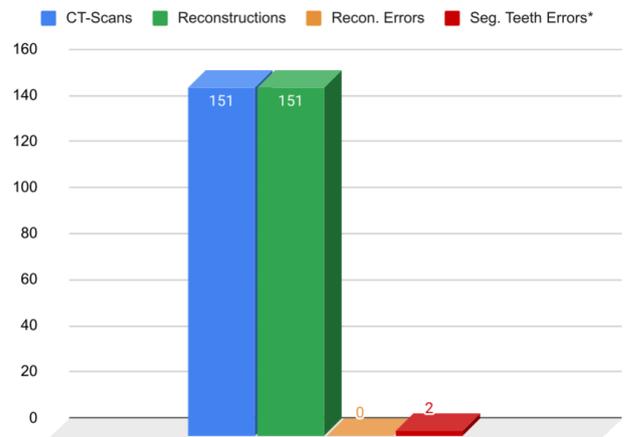


Figura6.11: Resultado das reconstruções, sendo 151 tomografias computadorizadas utilizadas (CT-Scan e CBCT), das quais todas as 151 foram reconstruídas com a solução sitk+slicer+GUI+DentalSegmentator (Reconstruction), logo, nenhuma delas apresentou erro (Recon. Erros). \* Apesar de duas tomografias terem apresentado erro de segmentação, uma delas tratava de um indivíduo desdentado contendo apenas próteses inferiores e outro tratou-se de um indivíduo com a dentição inferior, mas desdentado na arcada superior, sendo assim, dependendo da abordagem pode ser considerado apenas um erro nos 151 levantamentos.

O OOB é um add-on desenvolvido para especialistas que trabalham com planejamento cirúrgico e ao longo dos anos, desde que foi lançado em 2017, uma série de artigos foram publicados, demonstrando a sua robustez nos mais variados campos, como cirurgia ortognática [F\_Cunha\_et\_al\_2020] [F\_Lobo\_et\_al\_2022], rinoplastia [F\_Sobral\_et\_al\_2021], fraturas mandibulares [F\_Facanha\_et\_al\_2021], expansores mandibulares de bebês [F\_Duarte\_et\_al\_2023], documentação urológica [F\_Nascimento\_et\_al\_2023], próteses veterinárias [F\_Taub\_2024], próteses faciais [F\_Salazar\_et\_al\_2022], aproximação facial forense [F\_Sertalp\_et\_al\_2024] e outros.

Durante todos esses anos, a ferramenta tem evoluído a partir da solução de problemas práticos e se convertido em uma estrutura confiável, dentre outras abordagens, para a reconstrução dos mais variados tipos de tomografias computadorizadas. Ao longo dos anos, os usuários têm encontrado problemas e enviado os DICOMs para depuração, isso permitiu ao sistema ter uma base de dados com indivíduos de todas as faixas etárias, distribuídos por 32 países (Estados Unidos da América, França, Espanha, Itália, Suíça, Dinamarca, Polônia, Alemanha, Peru, México, Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Malásia, Vietnã, Turquia, Índia, Marrocos, Tanzânia, Portugal, Moldávia, Honduras, Equador, Uruguai, Jordânia, Iraque, Israel, Uzbequistão, Tailândia, República Tcheca e Ucrânia).

Para mensurar a robustez da ferramenta de IA, foram testadas 151 tomografias computadorizadas, em uma amostra bem balanceada, com indivíduos de

todas as faixas etárias, com as mais variadas deformações estruturais e defeitos faciais, tratando-se assim de um teste realmente rigoso para a solução tecnológica. Foram colhidos alguns dados relacionados ao item Manufacturer disponível nos DICOMs, resultando em 21 strings (“NewTom”, “PaloDex Group”, “Gendex”, “ASAHIROENTGEN IND. CO., LTD.”, “J.Morita.Mfg.Corp.”, “GE MEDICAL SYSTEMS”, “Imaging Sciences International”, “SOREDEX”, “Xoran Technologies”, “Planmeca”, “HDXWILL”, “Carestream Health”, “Carestream Dental”, “MyRay”, “NIM”, “PreXion”, “Sirona”, “Dabi Atlante”, “Instrumentarium Dental” e “Vatech Company Limited”).

Os resultados foram surpreendentemente bons, das 151 tomografias testadas, todas foram reconstruídas, resultando em 0 erros neste quesito, o que pode ser muito útil ao usuário, uma vez que o DentalSegmentator efetua a reconstrução sem a necessidade do preenchimento dos fatores (threshold). Além disso, ao final apresentou apenas dois erros de reconstrução dos dentes, mas um deles era relacionado a um conjunto de próteses e não a dentes efetivos. Já o único erro reportado em dentes efetivos, se deu em um indivíduo com dentes apenas na mandíbula, no entanto, o que chamou a atenção é que a ferramenta de IA não apresentou erro em situações muito mais críticas, como deformações estruturais ou dados faltantes, inclusive em tomografias parciais, indicando se tratar de uma abordagem significativamente robusta e confiável. Para resumir, em uma amostra de 151 tomografias heterogêneas, o nível de sucesso da ferramenta, dependendo da abordagem tomada, apresenta um índice na faixa de 98,68% - 99,34%.

## 6.4 Conclusão

Em face à intuitividade da ferramenta, bem como a sua robustez no amplo teste envolvendo 151 tomografias, a mesma está suficientemente desenvolvida para o uso no Linux e pronta para ser portada para o Windows e o MacOS.

## 6.5 Agradecimentos

Ao Dr. Davi Sandes Sobral, por ceder a tomografia computadorizada utilizada neste estudo. Um agradecimento especial a todos aqueles que enviaram tomografias computadorizadas, formando um grupo de arquivos importantíssimo para testar o uso do sistema em situações práticas.

## 6.6 Referências Bibliográficas

- [F\_Cunha\_et\_al\_2020] Cunha, H. S., da Costa Moraes, C. A., de Faria Valle Dornelles, R., & da Rosa, E. L. S. (2020). Accuracy of three-dimensional virtual simulation of the soft tissues of the face in OrtogOnBlender for correction of class II dentofacial deformities: an uncontrolled experimental case-series study. In *Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 25, Issue 3, pp. 319–335). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s10006-020-00920-0>
- [F\_Dot\_et\_al\_2024] Dot, G., Chaurasia, A., Dubois, G., Savoldelli, C., Haghghat, S., Azimian, S., Tarasari, A. R., Sivaramakrishnan, G., Issa, J., Dubey, A., Schouman, T., & Gajny, L. (2024). DentalSegmentator: Robust open source deep learning-based CT and CBCT image segmentation. In *Journal of Dentistry* (Vol. 147, p. 105130). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105130>
- [F\_Duarte\_et\_al\_2023] Duarte, D. W., Fleith, I. J., Pinheiro, R. C., Machado, M. F., Zanin, E. M., & Collares, M. V. M. (2023). Mandibular morphology and distraction osteogenesis vectors in patients with Robin sequence. In *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 52, Issue 4, pp. 442–450). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2022.07.007>
- [F\_Facanha\_et\_al\_2021] Façanha de Carvalho, E., Alkmin Paiva, G. L., Yonezaki, F., & Machado, G. G. (2021). Computer-Aided Surgical Simulation in Severe Atrophic Mandibular Fractures: A New Method for Guided Reduction and Temporary Stabilization Before Fixation. In *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 79, Issue 4, p. 892.e1-892.e7). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.11.011>
- [F\_Isensee\_et\_al\_2020] Isensee, F., Jaeger, P. F., Kohl, S. A. A., Petersen, J., & Maier-Hein, K. H. (2020). nnU-Net: a self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation. In *Nature Methods* (Vol. 18, Issue 2, pp. 203–211). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1038/s41592-020-01008-z>
- [F\_Lobo\_et\_al\_2022] Lobo, F., Filho, L. I., Sigua-Rodriguez, E. A., da Silva, B. G., Tolentino, E. de S., Borges, Y. M., da Silva, M. C., Tonin, R. H., & Iwaki, L. C. V. (2022). Evaluation of ortogonblender software bone movement tools in bimaxillary orthognatic surgeries performed in dolphin software. In *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 123, Issue 4, pp. 417–421). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2021.10.001>

- [F\_Moraes\_and\_Dakir\_2021] Moraes, C., & Dakir, I. (2021). Segmentação Automática dos Dentes com o MeshSegNet e o OrtogOnBlender. figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.14850105>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/3/SegmentaDentes.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/3/SegmentaDentes.html)
- [F\_Moraes\_et\_al\_2020] Moraes, C., da Rosa, E., & Dornelles, R. (2020). Ortogonblender - O Que É e aspectos técnicos. Retrieved from [https://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/OrtogOnBlender/OrtogOnBlender\\_Como\\_Funciona.html](https://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/OrtogOnBlender_Como_Funciona.html)
- [F\_Moraes\_et\_al\_2024] Moraes, C., Schreiner, T., Startek, B., & Beaini, T. L. (2024). Alinhamento em Frankfurt, Colocação de Pontos Anatômicos e Segmentação do Crânio por Inteligência Artificial no OrtogOnBlender. figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.25140020>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/8/AI.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/8/AI.html)
- [F\_Moraes\_et\_al\_2024b] Moraes, C., Dakir, I., Startek, B., Dornelles, R., & Rosa, E. da. (2024). Ferramenta de Importação de Tomografia Computadorizada no OrtogOnBlender XP. figshare. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.27648876>. [https://ortogonline.com/doc/pt\\_br/OrtogOnLineMag/10/CT\\_Scan.html](https://ortogonline.com/doc/pt_br/OrtogOnLineMag/10/CT_Scan.html)
- [F\_Nascimento\_et\_al\_2023] Nascimento, B. C. G., Moraes, C. A. D. C., Neto, R. P., Rocha, B. A., Miranda, E. D. P., Bessa, J. D., Nahas, W. C., Hallak, J., Mulhall, J. P., & Gomes, C. M. (2023). (167) 3D Penile Reconstruction Imaging in Complex Peyronie's Disease (PD): Proof of Concept Study. In *The Journal of Sexual Medicine* (Vol. 20, Issue Supplement\_1). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/jsxmed/qdad060.162>
- [F\_Salazar\_et\_al\_2022] 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>
- [F\_Sertalp\_et\_al\_2024] Sertalp, E., Moraes, C., & Bütün, E. (2024). Facial reconstruction of a deformed skull from the Roman period of Juliopolis. In *Heritage Science* (Vol. 12, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1186/s40494-023-01124-x>
- [F\_Sobral\_et\_al\_2021] Sobral, D. S., Duarte, D. W., Dornelles, R. F. V., & Moraes, C. A. C. (2021). 3D Virtual Planning for Rhinoplasty Using a Free Add-On for Open-Source Software. In *Aesthetic Surgery Journal* (Vol. 41, Issue 8, pp. NP1024–NP1032). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/asj/sjab085>
- [F\_Taub\_2024] Taub, B. (2024). Injured tortoise zooms around on new wheels thanks to 3D-printed prosthesis. IFLScience. <https://bit.ly/4eWxmKN>