



OrtogOnBlender

DOCUMENTAÇÃO OFICIAL

3ª EDIÇÃO

CICERO MORAES • EVERTON DA ROSA • RODRIGO DORNELLES

CICERO MORAES • EVERTON DA ROSA • RODRIGO DORNELLES

OrtogOnBlender

DOCUMENTAÇÃO OFICIAL

3ª EDIÇÃO

SINOP-MT
Cicero André da Costa Moraes
2020

MORAES, Cicero
DA ROSA, Everton
DORNELLES, Rodrigo.
OrtogOnBlender
Documentação Oficial
– 3. ed. – Sinop-MT:
CICERO ANDRE DA COSTA MORAES, 2020.
325 p.: il.

ISBN 978-65-00-05349-4

Conteúdo:

1	Sobre os Autores	1
1.1	Cícero Moraes	1
1.2	Dr. Everton da Rosa	2
1.3	Dr. Rodrigo Dornelles	2
2	Princípios Básicos de Computação Gráfica 3D Aplicada às Ciências da Saúde	5
2.1	Introdução	5
2.2	Você Já Sabe Muito do que Precisa	6
2.3	Observação e Deslocamento pela Cena	6
2.4	Formas de Visualização	8
2.5	Visão 3D	15
3	OrtogOnBlender - O que é e Aspectos Técnicos	21
3.1	O que é o OrtogOnBlender?	21
3.2	Aspectos Técnicos Pormenorizados	22
3.2.1	Upgrade Script	22
3.2.2	Patient's Name	22
3.2.3	CT-Scan Reconstruction	23
3.2.4	Graphic References	27
3.2.5	Import Archs	28
3.2.6	Segmentation	30
3.2.7	Photo Face Segmentation	34
3.2.8	Photogrammetry Start	34
3.2.9	Photogrammetry Align & Scale	36
3.2.10	Photogrammetry Modifers	36
3.2.11	Anatomical Poins	37
3.2.12	Cephalometry	38
3.2.13	Osteotomy	38
3.2.14	Dynamic	39
3.2.15	Kinematic	40
3.2.16	Close Lips	41
3.2.17	Guide and Splint Creation	42
4	Instalação do OrtogOnBlender no Windows	45
4.1	Instalar Bibliotecas do Sistema	51
4.2	Como Atualizar Manualmente em Caso de Erro	51

4.3	Instalando o Linux no Windows para Rodar o SMVS e o IMG2DCM	54
5	Instalação do OrtoGOnBlender no Mac OS X	59
5.1	Como Atualizar Todo o Sistema	62
5.2	Como Atualizar o Add-on Manualmente em Caso de Erro	63
6	Instalação do OrtoGOnBlender no Linux	65
6.1	Instalando as Bibliotecas Necessárias	65
6.2	Baixando e Instalando os Executáveis	65
6.3	Atualização do OrtoGOnBlender	66
7	RhinOnBlender - Planejamento de Rinoplastia Digital	69
7.1	O que é o RhinOnBlender	69
7.2	Aspectos Técnicos Pormenorizados	70
7.2.1	Upgrade Script	70
7.2.2	Patient's name	70
7.2.3	Photogrammetry Start!	70
7.2.4	Photogrammetry Align & Scale	70
7.2.5	Anatomical Points	70
7.2.6	Dists & Angles	71
7.2.7	Sculpting	71
7.2.8	Guide Creation	72
8	Comparando 7 Sistemas de Fotogrametria 3D. Qual se Saiu Melhor?	75
8.1	Introdução	76
8.2	O Crânio do Senhor de Sipán	76
8.3	Sistemas de Digitalização 3D Escolhidos	78
8.3.1	OpenMVG + OpenMVS	78
8.3.2	OpenMVG + PMVS	80
8.3.3	MVE	80
8.3.4	Photoscanner	80
8.3.5	Recap 360	80
8.3.6	123D Catch	81
8.3.7	PPT-GUI	81
8.3.8	Descritivo do Computador	81
8.4	Como Funciona a Comparação de Malhas 3D	84
8.5	Comparandos os Crânios	93
8.6	Conclusão	102
8.7	Agradecimentos	102
9	Protocolo Simples de Fotogrametria para Crânios	103
9.1	Como Fazer as Fotos do Crânio	103
9.2	Protocolo de Círculo Duplo	105
9.3	Leitura Recomendada	113
10	Fotogrametria na Digitalização 3D de Faces - Comparação entre Ferramentas	115
10.1	Objetivos do Estudo	115
10.2	Obtenção das Fotos	116
10.3	Fotografia e Coleta de Dados	116
10.4	Dados Sobre os Dispositivos	116
10.4.1	Máquina Fotográfica	116
10.4.2	Computador	117
10.5	Área de Interesse, Alinhamento e Redimensionamento	117
10.6	Programas para a Fotogrametria	118
10.6.1	MVE/SMVS + MeshLab + MVS Texturing	118

10.6.2	MVE/SMVS + MVS Texturing	118
10.6.3	OpenMVG + OpenMVS	118
10.6.4	Photoscan	118
10.6.5	Resources	118
10.7	Resultados Gerais das Tomada	119
10.7.1	Primeira Tomada	119
10.7.2	Segunda Tomada	120
10.7.3	Terceira Tomada	120
10.7.4	Média Geral das Tomadas	120
10.7.5	Análise Geral	121
10.7.6	Problemas, Soluções e Recomendações	123
10.7.7	Recomendações Gerais	123
10.8	Resultados Individuais da Primeira Tomada	124
10.8.1	Tomada 000	124
10.8.2	Tomada 001	128
10.8.3	Tomada 002	130
10.8.4	Tomada 003	131
10.8.5	Tomada 004	132
10.8.6	Tomada 005	135
10.8.7	Tomada 006	137
10.8.8	Tomada 007	139
10.8.9	Tomada 008	141
10.8.10	Tomada 009	143
10.8.11	Tomada 010	145
10.8.12	Tomada 011	147
10.8.13	Tomada 012	149
10.9	Resultados Individuais da Segunda Tomada	151
10.9.1	Ambiente Externo à Sombra - Natural	151
10.9.2	Ambiente Externo à Sombra - Pontos no Nariz	154
10.9.3	Ambiente Interno Amplamente Iluminado por Luz Externa - Natural	155
10.9.4	Ambiente Interno Amplamente Iluminado por Luz Externa - Pontos no Nariz	155
10.9.5	Ambiente Interno Externamente Iluminado pela Direita - Natural	161
10.9.6	Ambiente Interno Externamente Iluminado pela Direita - Pontos no Nariz	163
10.9.7	Ambiente Interno Externamente Iluminado pela Direita - Riscos no Nariz	164
10.9.8	Ambiente Interno Externamente Iluminado pela Direita - Maquiagem	167
10.9.9	Ambiente Interno Externamente Iluminado pela Direita - Maquiagem e Pontos	170
10.9.10	Ambiente Interno Iluminado - Natural	171
10.9.11	Ambiente Interno Iluminado - Pontos no Nariz	174
10.9.12	Ambiente Interno Iluminado - Riscos no Nariz	178
10.9.13	Ambiente Interno Iluminado - Maquiagem	179
10.9.14	Ambiente Interno Iluminado - Maquiagem e Pontos	182
10.9.15	Ambiente Interno Pouco Iluminado - Natural	185
10.9.16	Ambiente Interno Pouco Iluminado - Pontos no Nariz	187
10.9.17	Ambiente Interno Pouco Iluminado - Riscos no Nariz	188
10.9.18	Ambiente Interno Pouco Iluminado - Maquiagem	190
10.9.19	Ambiente Interno Pouco Iluminado - Maquiagem e Pontos	190
10.10	Resultado da Terceira Tomada	194
10.11	Conclusão	195
11	Protocolo de Fotogrametria da Face	197
11.1	Como Fazer as Tomadas	197
11.2	Iluminação e Preparo do Rosto	204
11.3	Como Organizar os Arquivos	207
11.4	Leitura Recomendada	207

11.5	Agradecimentos	209
12	Fotogrametria para Arcadas Dentárias - Protocolo e Comparação	211
12.1	Introdução	211
12.2	Como Fazer as Fotografias	212
12.3	Resultados da Fotogrametria	213
12.4	Preparo para a Comparação	215
12.5	Comparação das Malhas	217
12.6	Melhorando a Precisão da Fotogrametria	222
12.7	Conclusão	227
12.8	Agradecimentos	227
13	Protocolo de Tomografia para Planejamento de Cirurgia Ortognática	229
13.1	Dentes Unidos	229
13.2	Correções nos Dentes e Artefatos	229
13.3	Problemas de Importação da Sequência	237
13.4	Importação dos Arquivos no OrtoGOnBlender	238
13.5	A Importância da Fotogrametria	241
13.6	Agradecimentos	241
14	Protocolo de Planejamento Digital de Cirurgia Ortognática	245
14.1	Upgrade Script	246
14.2	Patient's Name	246
14.3	CT-Scan Reconstruction	246
14.4	Graphic References	248
14.5	Import Archs	248
14.5.1	Importando a Arcada Superior	249
14.5.2	Pré-Alinhando das Arcadas Superiores	249
14.5.3	Usando a Ferramenta Force ICP Align	250
14.5.4	Pré-Alinhando das Arcadas Inferiores	250
14.5.5	Preparo e União dos Dentes Alinhados ao Crânio	251
14.6	Photogrammetry Start	253
14.7	Align Face to CT Scan	255
14.8	Cephalometry	256
14.9	Osteotomy	257
14.10	Osteotomy Configuration	259
14.10.1	Soft Tissue Dynamics	259
14.11	Kinematics	260
14.11.1	Alinhamento Oclusal	261
14.11.2	Dinâmica do Tecido Mole	263
14.11.3	Posicionamento dos Ramos Mandibulares	263
14.12	Guide and Splint Creation	263
14.12.1	Splint Final	263
14.12.2	Splint intermediário	265
14.12.3	Guia de Corte	266
14.12.4	Guia de Posicionamento	268
14.12.5	Preparar Guias para Impressão 3D	270
15	Convertendo um Vídeo em um Arquivo DICOM	273
15.1	Baixando o Vídeo do YouTube	274
15.2	Convertendo o Vídeo em uma Sequência de Imagens	275
15.3	Convertendo as Imagens em Arquivos DICOM	275
16	Uma Contribuição à Modelagem de Máscaras Customizadas na Prevenção à COVID-19	279

17	Como Criar um Pendrive Bootável do Linux 3DCS	293
17.1	Baixando, Descompactando a Imagem ISO e Formatando o Pendrive	294
17.2	Clonando o Linux 3DCS no Pendrive	297
17.3	Configurando a BIOS para dar Boot pelo Pendrive	302
17.4	Agradecimentos	303
18	Como Instalar o Linux3DCS em um SSD Externo	305
18.1	Instalando os Programas Necessários	306
18.2	Preparando o SSD	306
18.3	Clonando o Linux3DCS no SSD	307
18.4	Iniciando o Linux3DCS e Expandindo o Espaço em Disco	311
19	Agradecimentos	321
20	Mídia e Citações	323
20.1	Pós Desenvolvimento - Mídia	323
20.2	Pós Desenvolvimento - Publicações Científicas	324
20.3	Pré Desenvolvimento - Mídia	324
	Referências Bibliográficas	325

1.1 Cícero Moraes



- 3D Designer especializado em: Reconstrução facial forense, Projeto e confecção de próteses humanas e veterinárias, Planejamento de cirurgias digitais diversas e Recuperação digital de patrimônio histórico e arqueológico
- Desenvolvedor de *add-ons* na linguagem Python para o Blender 3D
- Trabalhos noticiados em mais de 100 idiomas
- Instrutor de informática desde 2001
- Palestrante presente em mais de 150 apresentações no Brasil, Itália, Peru, México e Rep. Tcheca
- Graduado em Marketing pela Uninter (2009)

1.2 Dr. Everton da Rosa



- Membro da Sociedade Internacional para Cirurgias Assistidas por Computador
- Membro Titular do Colégio Brasileiro de Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial
- Membro da International Association of Oral and Maxillofacial Surgeons
- Graduado em Odontologia pela Universidade Federal de Santa Maria-RS (1985)
- Mestrado em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial pela Pontifícia Universidade Católica do RS (1987)
- Doutorado em Patologia Molecular pela Universidade de Brasília (Laboratório de Bioquímica e Química de Proteínas)(2012).
- Cirurgião Bucomaxilofacial no Hospital de Base do Distrito Federal da Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal 1987-atual)
- Especialista em Implantodontia pela ABCD/AVANTIS 2017

1.3 Dr. Rodrigo Dornelles



- Membro Titular da Sociedade Brasileira de Cirurgia Plástica
- Membro Titular da Associação Brasileira de Cirurgia Crânio-Maxilo-Facial

- Membro da American Society of Plastic Surgery
- Mestrado em Cirurgia Plástica-USP
- Doutorado em Clínica Cirúrgica-USP
- Chefe do Núcleo de Plástica Avançada no Hospital Beneficência Portuguesa de São Paulo
- Atual Diretor do Departamento de TI da SBCP

Princípios Básicos de Computação Gráfica 3D Aplicada às Ciências da Saúde

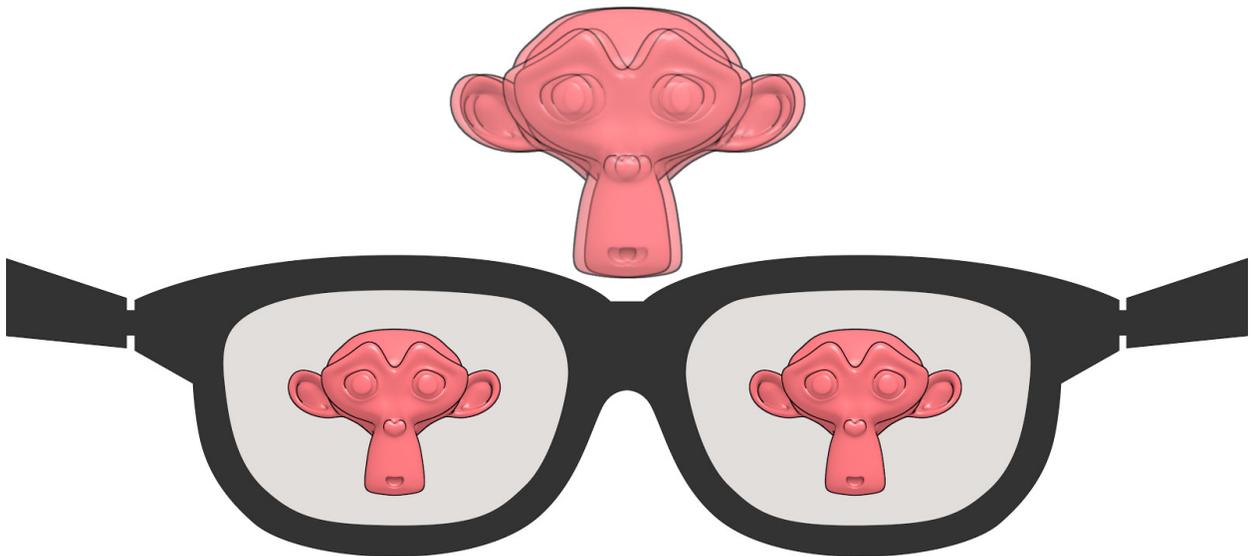


Fig. 1: Visão com e sem os óculos 3D polarizados.

2.1 Introdução

Este capítulo se trata de um material introdutório, criado para o nosso curso presencial e online de “Princípios Básicos de Computação Gráfica 3D Aplicada às Ciências da Saúde”.

Inicialmente o objetivo era desenvolvermos uma metodologia de planejamento cirúrgico utilizando apenas software livre e gratuito. Os trabalhos foram bem sucedidos e resolvemos compartilhar os resultados com a comunidade de cirurgia ortognática. Assim que postamos os primeiros conteúdos relacionados às pesquisas em nossas mídias sociais, a procura foi grande e não se limitou apenas aos profissionais da Odontologia, mas estendeu-se a todos os campos da saúde humana e também veterinária.

Em face dessa procura, decidimos abrir o conteúdo inicial e teórico dos tópicos que abordam o nosso curso (que é consideravelmente prático). Assim, os eventuais interessados poderão aprender um pouco acerca dos conceitos envolvendo o treinamento, ao passo que aqueles curiosos da área de computação gráfica, terão ao alcance das mãos um material que os introduzirá ao campo da modelagem e digitalização nas ciências da saúde.

Esperamos que apreciem, boa leitura!

2.2 Você Já Sabe Muito do que Precisa

O que é necessário para aprender a trabalhar com 3D?

Se você é uma pessoa que sabe operar um computador e ao menos já editou um texto, a resposta é, pouca coisa.

Ao editar um texto nós utilizamos o teclado para entrar com as informações, ou seja, as palavras. O teclado nos auxilia com os atalhos, por exemplo os popularíssimos **CTRL+C** e **CTRL+V** para copiar e colar. Perceba que não usamos o menu do sistema para acionar esses comandos por um motivo muito simples, é muito mais rápido e prático fazê-los pelas teclas de atalho.

Ao escrever um texto nós não nos limitamos a compor uma frase ou redigir uma página. Quase sempre formatamos as letras, deixando-as em negrito, setando-as como título ou inclinando-as e importamos imagens ou gráficos. Essas últimas ações também podem ser chamadas de **interoperabilidade**.

O nome é complexo, mas o conceito é simples. Interoperabilidade é, grosso modo, a capacidade que os programas têm de trocarem informações uns com os outros. Ou seja, você tira a foto de uma câmera, salva ela no PC, talvez use um editor de imagens para aumentar o contraste, depois importa essa imagem no seu documento. Ora, a imagem foi criada e editada em outros lugares, isso é interoperabilidade! O mesmo acontece com uma tabela, que pode ser feita em um editor de planilhas e importada posteriormente no editor de texto.

Esse montante de conhecimento não é trivial, assim sendo, poderíamos dizer que você já conta com 75% de todas as habilidades computacionais necessárias para trabalhar com modelagem 3D.

Agora, se você é daqueles que jogam ou já jogaram um *game* de tiro em primeira pessoa, pode ter certeza que conta com 95% de tudo o que precisa para modelar em 3D.

Como isso é possível?

Muito simples. Além de todo o conhecimento envolvendo a maioria dos programas de computador, como já citados, o jogador ainda desenvolve outras capacidades inerentes ao campo da computação gráfica 3D.

Ao jogar nessas plataformas é necessário antes de tudo analisar a cena a qual se vai interagir. Depois de estudar o campo de atuação, o jogador se desloca pela cena e se aparecer alguém na reta a chance desse indivíduo levar um tiro é bem grande. Essa habilidade de se deslocar e interagir em um ambiente 3D é a peça inicial para se trabalhar com um programa de modelagem e animação.

2.3 Observação e Deslocamento pela Cena

Quando chegamos a um local desconhecido, a primeira coisa que fazemos é observar. Imagine que você vai fazer um curso em um determinado espaço. Dificilmente alguém “chega chegando” em um ambiente assim. Antes de tudo nós observamos a cena, fazemos um apanhado geral do número de pessoas e até estudamos as rotas de fuga caso aconteça algum imprevisto muito sério. Em seguida nos deslocamos pela cena estudada, indo até o local onde aguardaremos o início das atividades. Em um terceiro momento, nós interagimos com o cenário, tanto utilizando os equipamentos do curso como caderno e caneta, quanto conversando com outros alunos e/ou professores.

Veja que o evento foi marcado por três fases:

1. Observação;
2. Deslocamento;
3. Interação.

No mundo virtual da computação gráfica a sequência é praticamente a mesma. A primeira parte do processo consiste em observar a cena, em ter uma idéia de como ela é. Esse comando é conhecido como **Orbit**. Ou seja, um observador orbita (Orbit) a cena observando-a, como se fosse um satélite artificial em torno da terra. Ele mantém uma distância fixa e pode ver a cena de todos os ângulos possíveis.

Mas, nem só de orbitação vive o homem, é preciso aproximar-se para ver os detalhes de algum ponto específico. Para isso utilizamos os comandos de **zoom**, já bem conhecidos da maioria dos operadores de computador. Além da aproximação e afastamento (+ e - zoom) você também precisa caminhar pelas cenas ou mesmo deslocar-se horizontalmente (movimento conhecido como **Pan**).

Um fato curioso sobre esses comandos de observação de cena, é que quase sempre se concentram nos botões do mouse. Veja a **Tabela Comparada de Comandos de Zoom**.

Tabela 1: Tabela Comparada de Comandos de Zoom

	Blender	InVesalius	MeshLab
Orbitar	Clica scroll mouse	Bot. esq. mouse	Bot. esq. mouse
+/- Zoom	Roda scroll mouse	Roda scroll mouse	Roda scroll mouse
Pan	Shift + clica scroll mouse	Clica scroll mouse	Clica scroll mouse

Temos acima o comparativo de três programas sobre os quais abordaremos mais à frente. O importante agora é saber que, nos três comandos básicos de zoom nós vemos o envolvimento direto do mouse. Isso deixa bem claro que, se você se deparar com uma cena 3D aberta e usar essas combinações de comandos, pelo menos **deslocar o observador** você vai conseguir.

A frase "deslocar o observador" foi posta em negrito para que você se atente a uma situação. Até agora estamos tratando apenas de comandos de observação. Pela característica de seu funcionamento, ele pode muito bem ser confundido com o comando de rotação do objeto. Como diriam alguns, "uma coisa é uma coisa e outra coisa é outra coisa", é muito comum que os iniciantes nessa área se confundam entre um e outro.

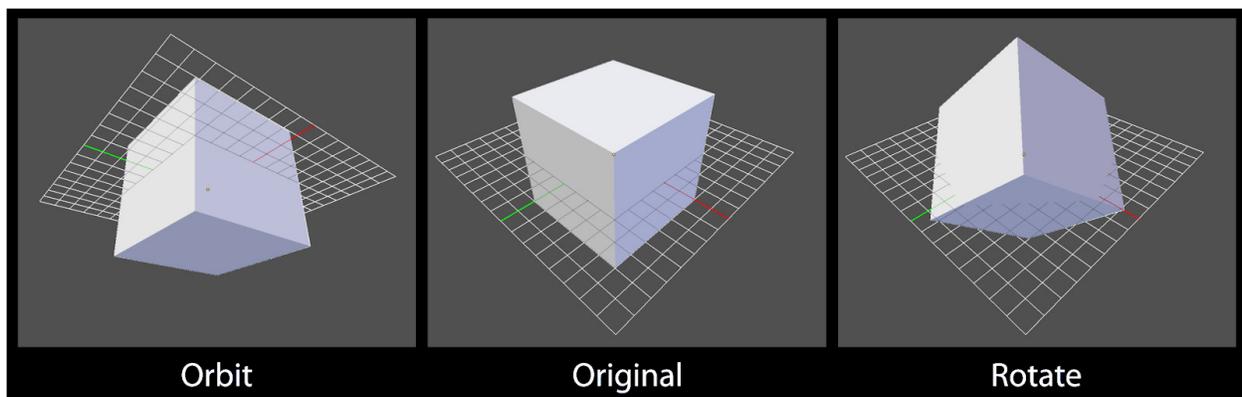


Fig. 2: Diferença entre **Orbit** e **Rotate**.

Para ilustrar bem a diferença entre eles, observe na figura de exemplo (Fig. 2) a cena ao centro (**Original**) que se trata da referência inicial. À esquerda nós observamos o comando de orbitar em ação (**Orbit**). Veja que o elemento *grid* (em cinza claro) que é referência do que seria o chão da cena acompanha o cubo. Isso acontece porque na verdade quem se desloca na cena é o observador e não os elementos. Já à direita (**Rotate**) vemos o *grid* na mesma posição que na cena ao centro, ou seja, o observador se manteve no mesmo ponto, só que o cubo sofreu rotação.

Por que isso parece confuso?

No mundo real, aquele que vivemos, o observador é... você. Você usa os seus olhos para ver o espaço com toda a profundidade tridimensional que esse sistema binocular natural oferece. Quando trabalhamos com um software de modelagem e animação 3D, os seus olhos passam a ser a **3D View**, ou seja, a janela de trabalho onde a cena está sendo apresentada.

No mundo real quando vamos caminhar por um espaço, nós temos o chão para nos deslocar. Ele é a nossa referência. Em uma cena 3D geralmente esse chão inicial é representado pelo *grid* que vimos na figura de exemplo. Sempre é importante ter uma referência para se trabalhar, caso contrário fica quase impossível, principalmente para quem está começando, conseguir fazer alguma coisa no computador.

2.4 Formas de Visualização

“A televisão engorda”.

Com certeza você já ouviu essa frase em alguma entrevista ou até de algum conhecido ou conhecida que já fora filmado e viu o resultado na tela. De fato, pode acontecer da pessoa parecer mais robusta do que o “normal”, mas a resposta é que todos nós somos mais robustos do que a estrutura que os nossos olhos nos apresentam quando nos fitamos frente ao espelho.

Para que você tenha uma noção clara do que isso significa, é preciso compreender alguns conceitos simples que envolvem a visualização a partir de um observador em um programa de modelagem e animação 3D.

O observador nesse caso é representado por uma câmera.

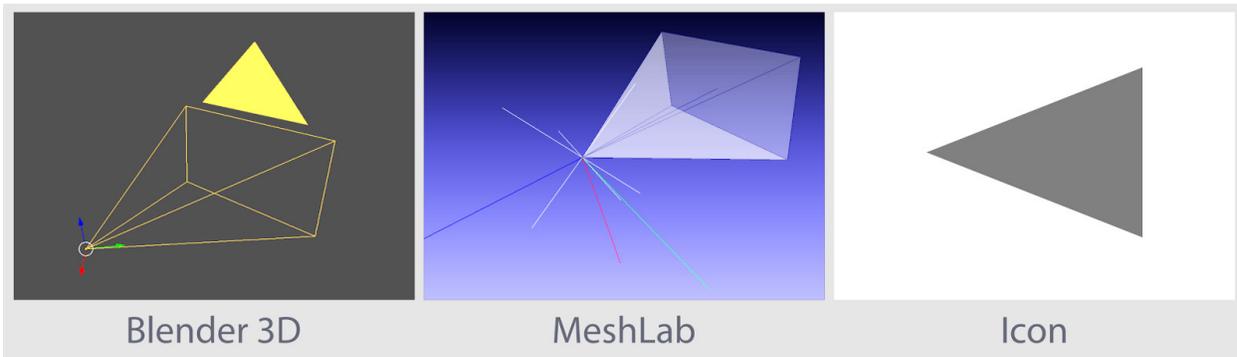


Fig. 3: Representações gráficas de uma câmera.

Curiosamente, uma das representações mais usadas para a câmera dentro de uma cena 3D é o ícone de uma pirâmide. Veja na imagem (Fig. 3), onde são apresentados três exemplos. Tanto o software Blender 3D, quanto o MeshLab contam com um ícone em forma de pirâmide para representar a câmera no espaço. A forma mais simples de representar essa estrutura pode ser um triângulo, como o que aparece à direita (Icon).

Tudo isso não é à toa. Essa representação guarda em si os princípios básicos da fotografia.

Você já deve ter ouvido de falar da câmera *pinhole*¹ [Pfu13]. Em uma tradução livre significa câmera fotográfica de orifício. O funcionamento desse dispositivo é muito simples, trata-se de uma câmera arcaica feita com uma pequena caixa ou lata. Em um lado ela apresenta um orifício bem fino e no outro lado é colocado um papel fotográfico. O furo fica tampado por uma fita adesiva escura até o fotógrafo em questão posicionar a câmera em um ponto. Uma vez que a câmera esteja posicionada e imóvel, a fita é retirada e o filme recebe a luz externa por um tempo. Em seguida o orifício é novamente tampado, a câmera é transportada até um estúdio e o filme revelado apresentando a cena em negativo. Tudo simples e funcional.

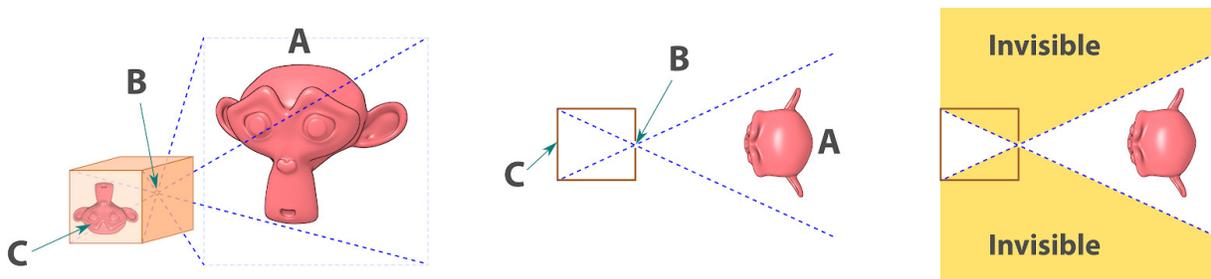


Fig. 4: Exemplo esquemático dos limites de visualização de uma câmera simples.

Para nós o que interessa mesmo são alguns pequenos detalhes (Fig. 4). Imagine que temos um objeto a ser fotografado (A), a luz que vem de

¹ <https://epxx.co/artigos/pinhole.html>

fora entra na câmera por um orifício feito na parte frontal (B) e projeta a imagem invertida dentro da caixa (C). Tudo o que estiver fora dessa área de captura ficará invisível (ilustração à direita).

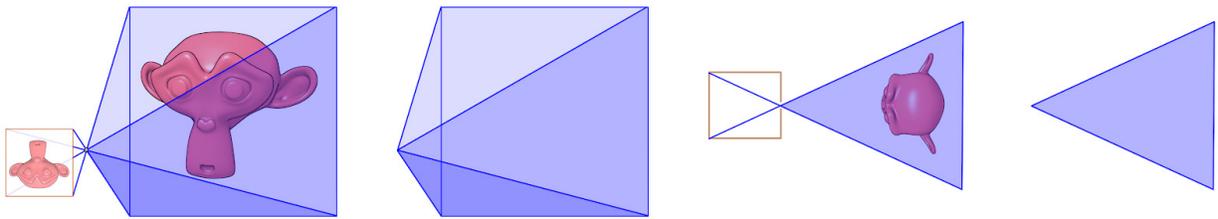


Fig. 5: Área de captura da câmera.

Nessa altura já temos a resposta do porquê os ícones de câmera serem semelhantes em programas diferentes. A pirâmide representa a projeção da área visível da câmera (Fig. 5). Atente-se que projeção da área visível não o mesmo que TODA a área visível, ou seja, temos uma pequena apresentação de como a câmera recebe a cena externa.

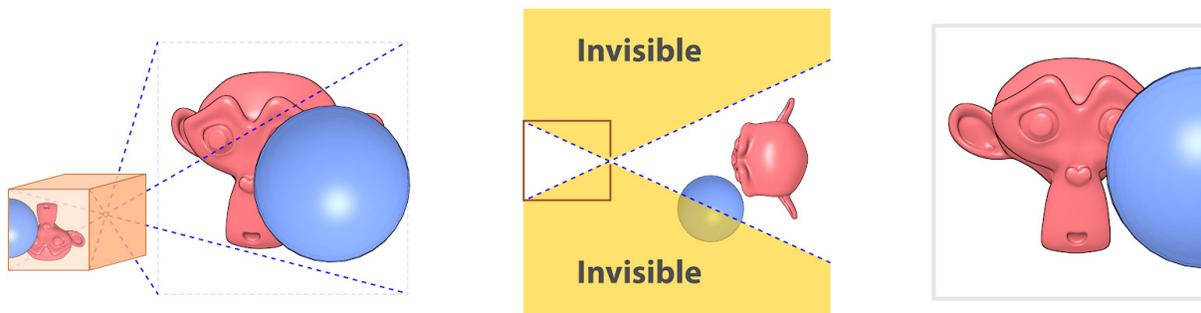


Fig. 6: Exemplo de limite de captura.

Tudo o que estiver fora dessa projeção simplesmente não aparecerá na cena, como no caso da esfera, que está parcialmente oculta (Fig. 6).

Mas ainda falta uma peça nesse quebra-cabeça, o motivo de parecermos mais robustos para as câmeras de TV.

Observe as duas figuras que estão lado-a-lado (Fig. 7), mirando uma em relação a outra, podemos identificar algumas características que as diferenciam. A imagem à esquerda parece tratar-se de uma estrutura que está sendo espremida, ainda mais quando vemos os olhos que parecem saltar para os lados. Já à direita, temos uma estrutura que, em relação à outra, parece ter os olhos mais centrados, o nariz menor, a boca mais aberta e um pouco mais para cima, vemos as orelhas despontando e a parte superior da cabeça é notoriamente maior.

As duas estruturas têm bastante diferenças visuais... mas se tratam de um mesmo objeto em 3D!

A diferença mora na forma em que as fotografias foram feitas. Nesse caso, utilizou-se duas **distâncias focais** diferentes.

Na outra ilustração (Fig. 8) nós vemos as duas câmeras pinhole em topo. A imagem à esquerda indica o valor de distância focal (focal length) de 15 e à direita vemos o valor da distância focal de 50. De um lado vemos uma estrutura mais compacta (15), onde o fundo está bem próximo a parte da frente e no outro uma estrutura mais esticada, com um ângulo de captura mais fechado (50).

Mas porque neste caso da distância focal 15, as orelhas não aparecem na cena?

A explicação é simples e pode ser abordada de modo geométrico (Fig. 9). Veja que para enquadrar a estrutura na foto foi necessário aproximá-la bastante do orifício de entrada de luz. Ao fazer isso, o volume capturado (BB) pega apenas a parte frontal da face, ocultando as orelhas (Invisible). Ao final, temos uma projeção limitada (CC) que sofre ainda certa deformação, dando a impressão dos olhos estarem levemente saltados.

Com a distância focal de 50 a área visível da face é mais ampla. Podemos atestar isso com a projeção da região visível, como fizemos anteriormente (Fig. 10).

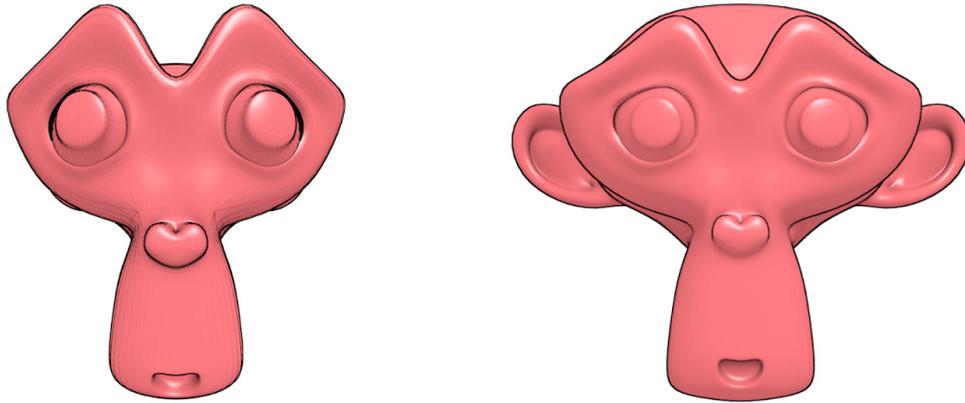


Fig. 7: Imagens capturadas com distâncias focais diferentes.

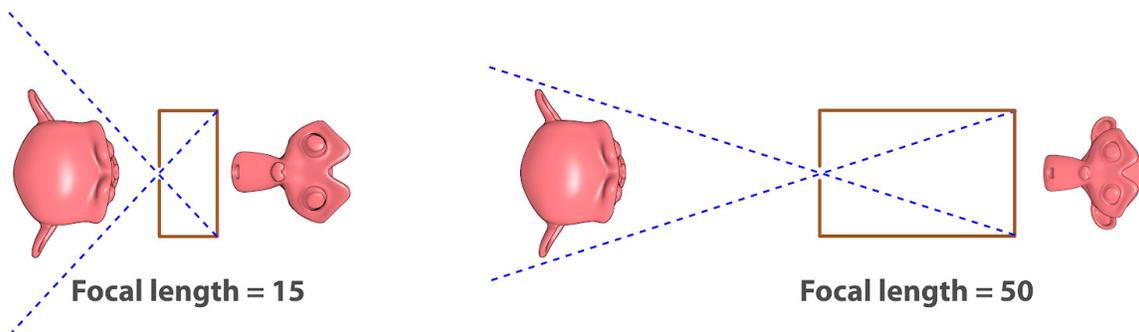


Fig. 8: Exemplo de distâncias focais diferentes.

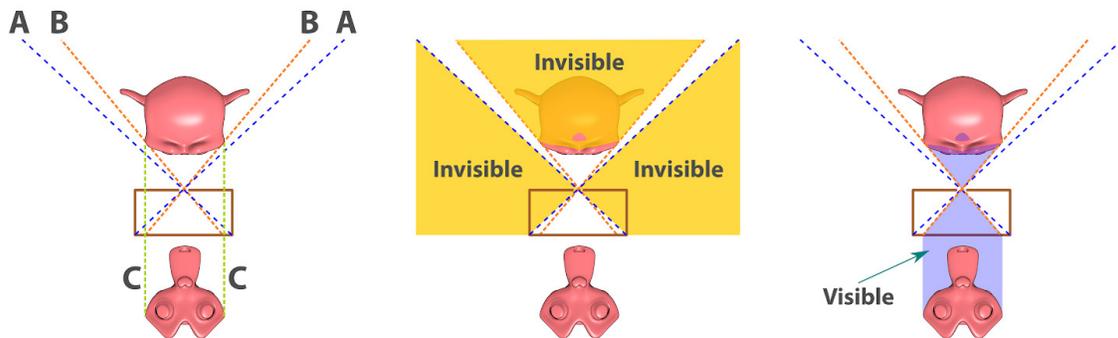


Fig. 9: Projeção das estruturas visíveis e invisíveis.

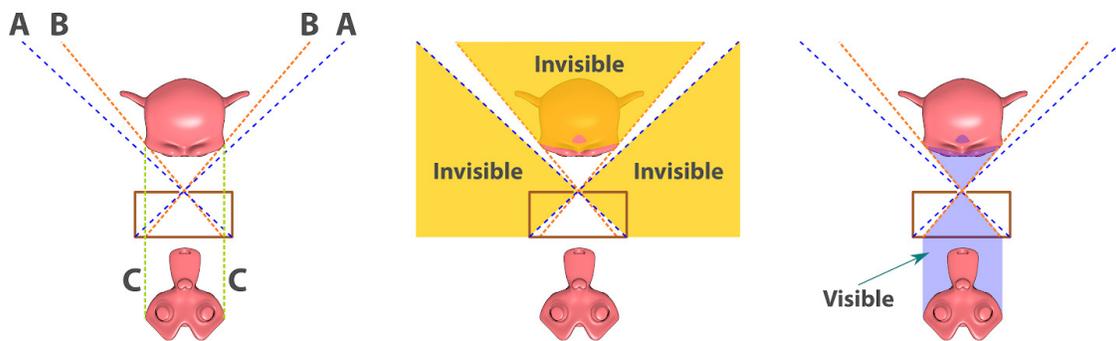


Fig. 10: Projeção das estruturas visíveis.

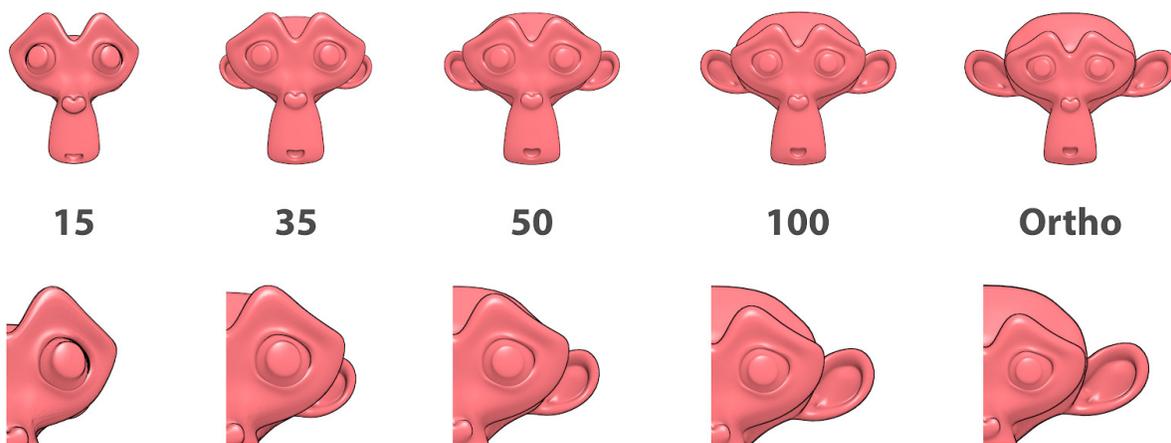


Fig. 11: Distâncias focais diferentes.

Na ilustração de exemplo (Fig. 11) optou-se por enquadrar a estrutura bem próxima aos limites da captura da câmera e desse modo evidenciar as diferenças de captação. Assim podemos ver claramente como um valor maior de distância focal implica em uma captura mais ampla da estrutura fotografada. Um bom exemplo é que, com o valor 15 vemos muito discretamente as pontas inferiores das orelhas, em 35 as estruturas já despontam, em 50 vê-se quase o dobro da área e em 100 temos uma visão quase completa das orelhas. Note ainda que em 100, a região marginal dos olhos transpassa a estrutura da cabeça e em ortogonal (Ortho) a região marginal dos olhos está alinhada com a mesma estrutura.

Mas, o que vem a ser uma vista ortogonal?

Para uma compreensão ser mais completa, vamos por partes.

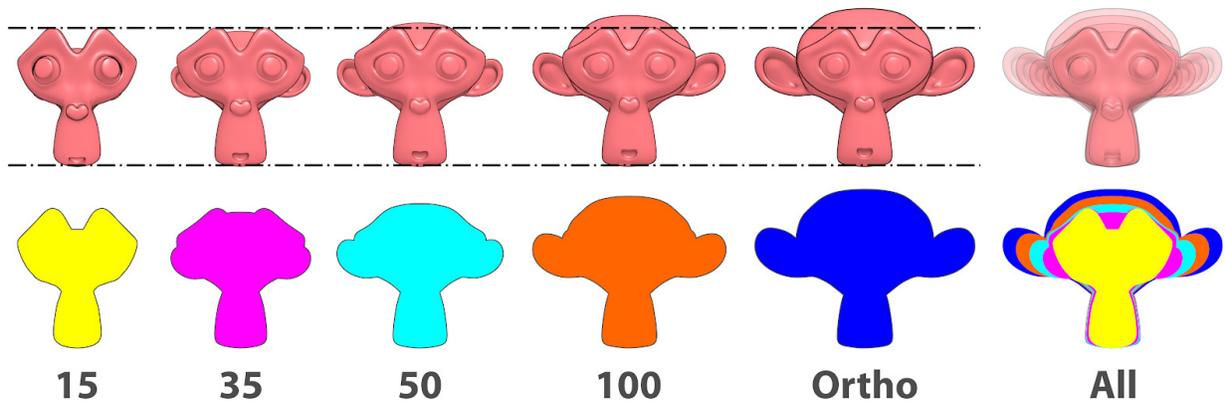


Fig. 12: Comparação das arestas visíveis.

Se isolarmos as arestas de todas as vistas (Fig. 12), alinharmos pelas sobrelhas e base do queixo e colocarmos as formas sobrepostas, veremos ao final que quanto menor a distância focal, menor a área estrutural visualizada. Dentre todas as formas a que mais se destaca é justamente a visualização ortogonal. Ela simplesmente tem mais área do que todas as outras. Vemos isso à extrema direita ao atestar a cor azul despontando nas regiões marginais da sobreposição.

Mas, e a projeção ortogonal, como funciona?

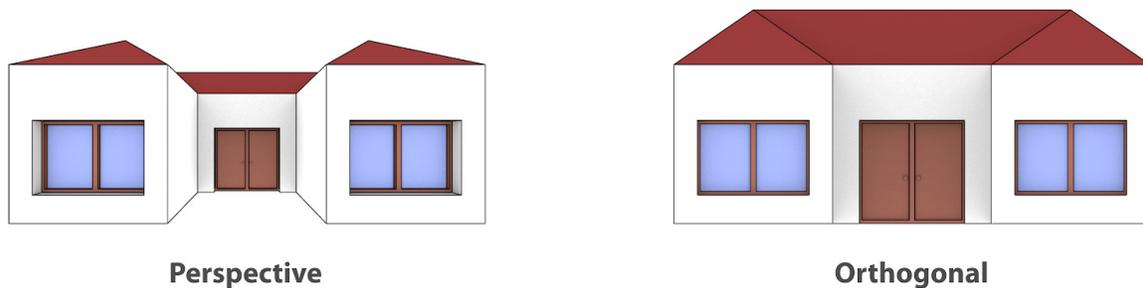


Fig. 13: Comparação Perspective vs. Orthogonal.

O melhor exemplo é a fachada de uma casa (Fig. 13), à esquerda temos uma visão com distância focal 15 (Perspective) e à direita em ortogonal (Orthogonal).

Analisando a captura com distância focal 15 (Fig. 14), temos as linhas em azul, como de praxe, representando o limite da área visível (limite da imagem gerada) e nas demais linhas a projeção de algumas partes-chave da estrutura.

A visão ortogonal por sua vez não sofre a deformação da distância focal (Fig. 15). Ela simplesmente recebe as informações estruturais diretamente, gerando um gráfico condizente com as medidas do original, ou seja, ela mostra a casa "como ela é". O processo lembra muito a projeção de raio-x, que representa a estrutura radiografada quase sem deformação de perspectiva.

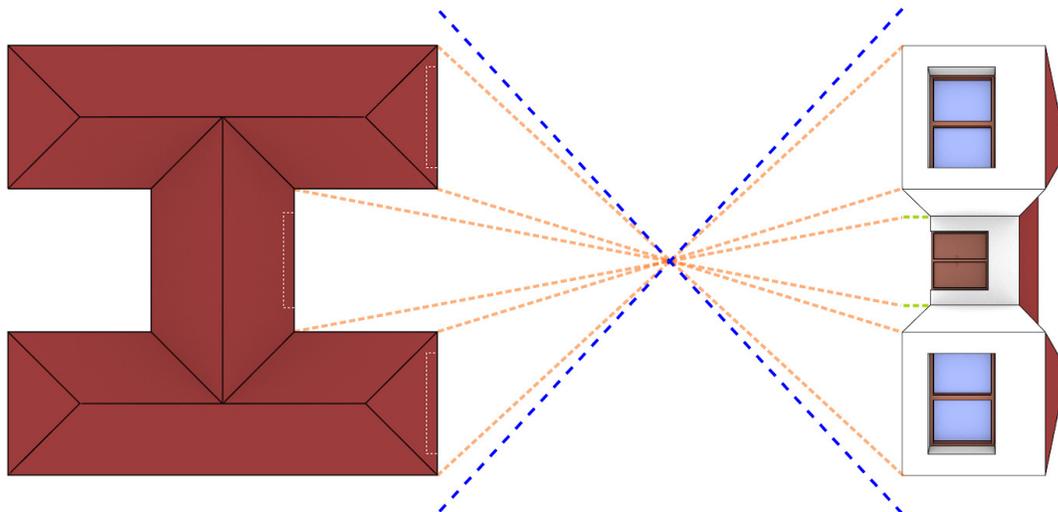


Fig. 14: Projeção da perspectiva.

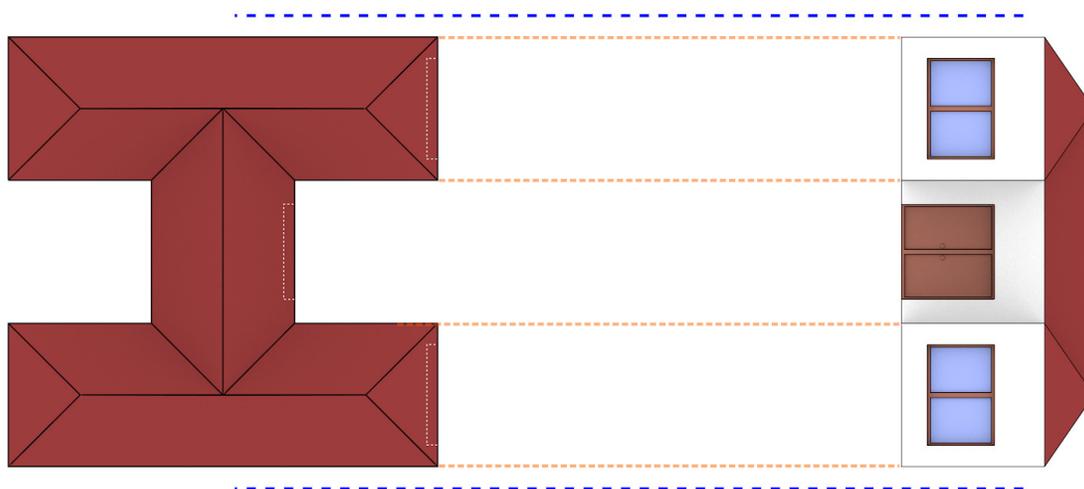


Fig. 15: Projeção ortogonal.

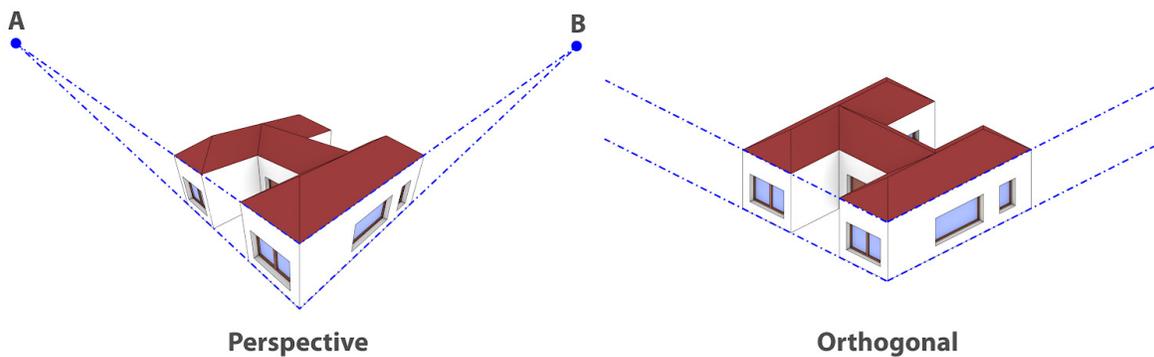


Fig. 16: Comparação das linhas de projeção nos limites da perspectiva e da ortogonal.

Olhando as imagens de comparação (Fig. 16), a partir de outro ponto de vista, é possível atestar uma diferença marcante entre elas. A parte de baixo e de cima das paredes laterais são paralelas, mas se traçarmos uma linha em cada uma dessas partes na perspectiva, esse traçado vai acabar se encontrando numa intersecção que é conhecida como ponto de fuga (A e B). No caso da vista ortogonal, as linhas não se encontram, porque... são paralelas! Ou seja, novamente vemos que a projeção ortogonal respeita a estrutura real do objeto.

Então quer dizer que a visão ortogonal sempre é a melhor opção?

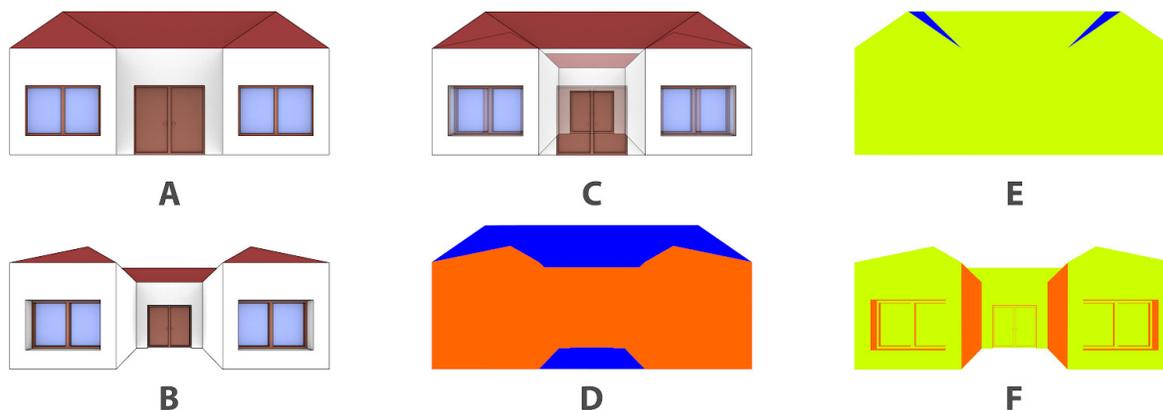


Fig. 17: Comparação das regiões visíveis da perspectiva e da ortogonal.

Não, não é sempre a melhor opção, porque tudo depende do que você está fazendo. Tomemos como exemplo as visualizações frontais, abordadas anteriormente (Fig. 17). Mesmo que a vista ortogonal ofereça uma área maior de captura (D) se compararmos as regiões exclusivas da ortogonal (E) com as regiões exclusivas visualizadas pela perspectiva de distância focal 15 (F), atestaremos que, mesmo cobrindo uma área em pixels menor, a vista com deformação de perspectiva contemplou regiões que ficaram ocultas na vista ortogonal.



Fig. 18: Comparação de uma face com perspectiva e ortogonal.

Isso responde a pergunta sobre a TV engordar ou não as pessoas. Quanto maior a distância focal, mais robusta é a aparência do rosto (Fig. 18). Mas isso não significa engordar ou não, mas sim mostrar de fato a sua estrutura, ou seja, a imagem ortogonal é o indivíduo em suas medidas mais coerentes com a volumetria real.

O interessante desse aspecto é que ele mostra que "os olhos nos enganam", a imagem que vemos das pessoas não corresponde ao que de fato eles são estruturalmente falando, logo, o que vemos no espelho também não.

Os fotógrafos profissionais, por exemplo, sabem bem como explorar essa realidade e extrair o máximo de qualidade em suas obras.

2.5 Visão 3D

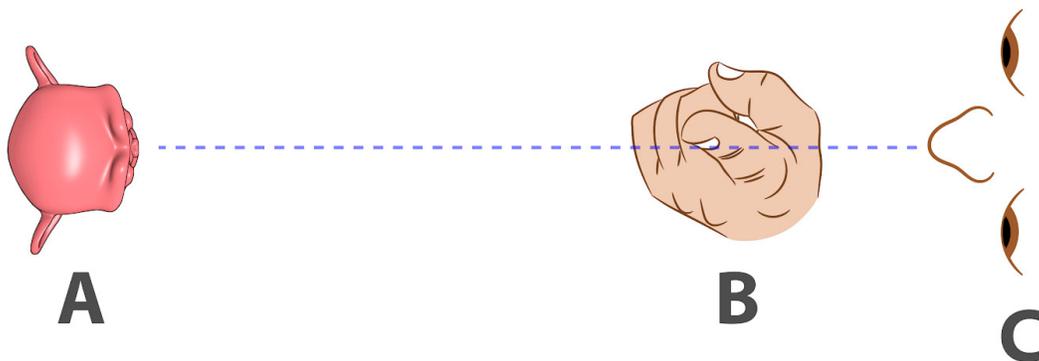


Fig. 19: Exercício de visualização 3D.

Procure um objeto pequeno para fixar (A), que esteja a mais ou menos um metro de distância. Posicione o indicador (B) apontando para cima a 15cm da frente dos olhos (C), alinhado com o nariz (Fig. 19).

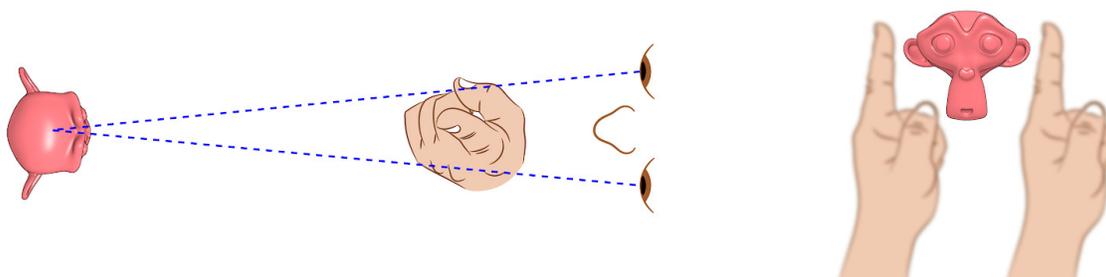


Fig. 20: Foco no objeto.

Ao olhar para o objeto você verá um objeto e dois dedos (Fig. 20).

Ao olhar para o dedo, você verá um dedo e dois objetos (Fig. 21).

Se você observar com apenas um dos olhos, atestará que cada um tem uma visão distinta da cena (Fig.22).

Essa é uma forma bem simples de testar os limites do sistema binocular de visualização característicos dos humanos. Também fica bem claro o motivo dos pintores clássicos *fecharem um dos olhos*² ao medir as proporções de um objeto com o pincel, de modo a replicá-la na tela. Se eles usassem os dois olhos simplesmente não funcionaria! [tD10]

Você deve estar se perguntando como conseguimos enxergar apenas uma imagem com os dois olhos. Para compreender um pouco melhor esse mecanismo, vamos tomar como exemplo o cinema 3D.

O que acontece se você olha para uma tela de cinema 3D sem os óculos polarizados?

Algo parecido como a imagem de exemplo (Fig. 23), uma distorção muito conhecida daqueles que já exageraram em bebidas alcoólicas. No entanto, mesmo parecendo o oposto, não há nada de errado com essa imagem.

Ao colocar os óculos, cada lente recebe as informações relacionadas ao seu olho. Temos então duas imagens distintas, como quando piscamos para ver com apenas um dos lados (Fig. 24).

² <https://www.drawinghowtodraw.com/stepbystepdrawinglessons/2010/01/how-to-find-measurements-proportions-and-angles-to-draw-with-pencil-thumb-method/>

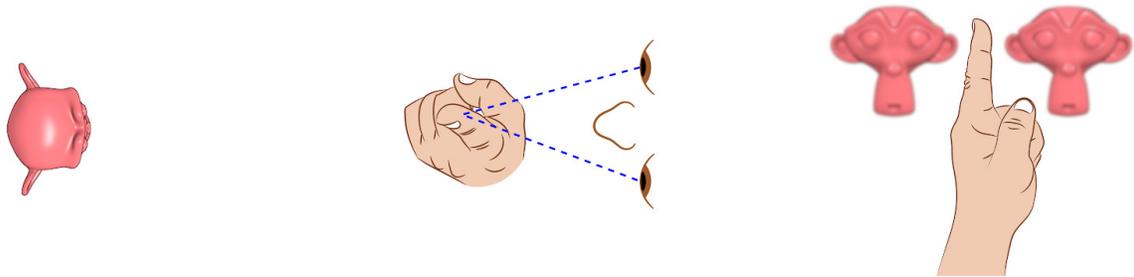


Fig. 21: Foco no dedo.

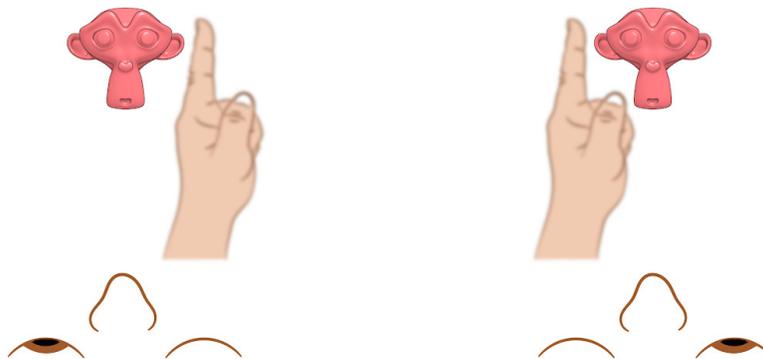


Fig. 22: Foco monocular, esquerdo e direito.

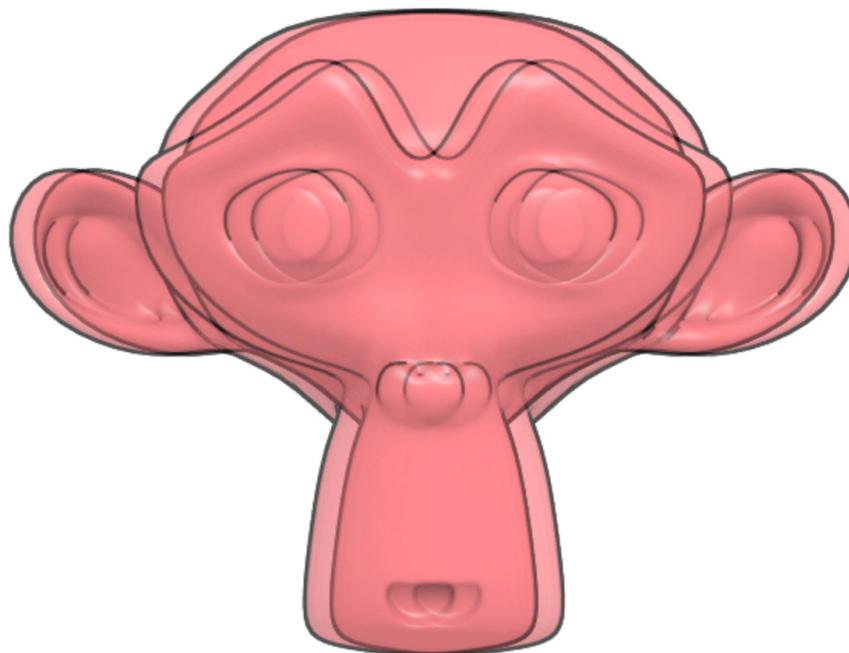


Fig. 23: Imagem projetada visualizada sem os óculos 3D.



Fig. 24: Visão com e sem os óculos 3D polarizado.

Vamos refletir um pouco. Se a imagem borrada entra pelos óculos e se converte em parte do cenário, transportando-nos para dentro dos filmes a ponto de nos assustarmos com detritos de explosões que parecem ser projetados para cima da gente... pode ser que, as informações que recebemos do mundo sejam imagens borradas com essa. Só que, lá dentro do cérebro, em algum lugar acontece uma “mágica” que em vez de mostrar esse desfoque, as duas imagens se juntam e formam apenas uma.

Mas por que duas imagens, porque dois olhos?

A resposta está justamente na parte dos detritos da explosão que vêm ao nosso encontro. Se você assistir a mesma cena com apenas um dos olhos, os objetos não “pulam” em cima de você. Isso acontece porque a visão estereoscópica (com os dois olhos) lhe dá o poder de percepção da profundidade do ambiente. Ou seja, a noção de espaço que temos deve-se a nossa visão binocular, sem ela, ainda que tenhamos noção do ambiente por conta da perspectiva, em muito perderemos a capacidade de mensurar o seu volume.

Para que você entenda melhor a questão da profundidade da cena, criamos um exemplo que aborda de modo objetivo a questão da profundidade relacionada aos olhos (Fig. 25).



Fig. 25: Disposição de objetos em uma cena 3D.

Se fosse perguntado a um grupo de indivíduos, qual dos dois objetos está mais à frente da cena, é quase certo que grande parte dos entrevistados responderia que é o objeto à esquerda.

Entretanto, nem tudo é o que parece. O objeto à esquerda está mais distante (Fig. 26). Esse exemplo ilustra bem como podemos ser enganados pela visão monocular ainda que seja em perspectiva.

Não seria mais fácil que os programas de modelagem e animação oferecessem suporte a visualização estereoscópica?

De fato poderia ser, mas os programas mais populares ainda não oferecem essa possibilidade. Em face da popularização dos óculos de realidade virtual e a convergência das interfaces gráficas, vislumbra-se a possibilidade desse nicho contar com suporte pleno para a visualização estereoscópica na fase de produção. No entanto, essa possibilidade é mais uma projeção futura do que uma realidade presente e as interfaces de hoje ainda contam com muitos elementos que remontam décadas atrás.

É por esses e outros motivos que precisamos da ajuda de uma visão ortogonal quando trabalhamos em um software 3D.

Se por um lado ainda não contamos com soluções acessíveis de visualização 3D com profundidade, por outro podemos contar com ferramentas

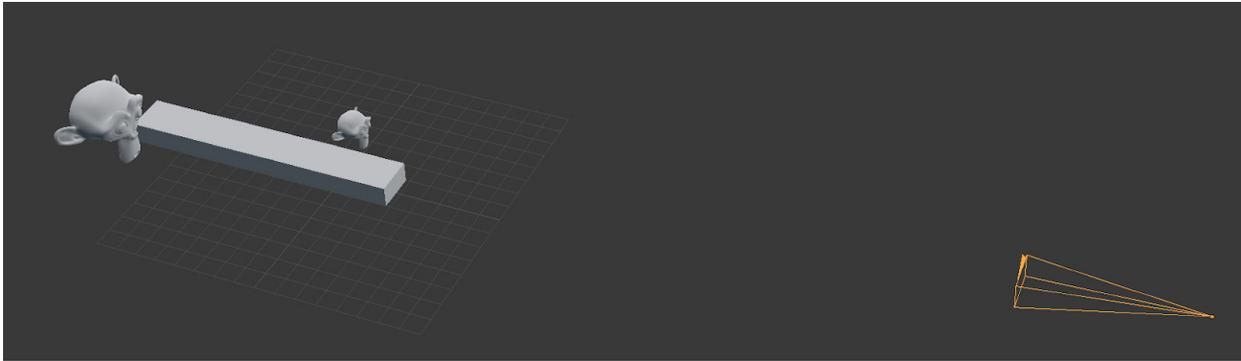


Fig. 26: Disposição de objetos visto pela lateral.

robustas testadas e aprovadas por anos e anos de desenvolvimento. Em 1963, por exemplo, foi desenvolvido no MIT o editor gráfico *Sketchpad*³ [His16]. De lá para cá a forma de abordar objetos 3D em uma tela digital não mudou muita coisa.

O mais importante de tudo isso, é que a técnica funciona muito bem e com um pouco de treinamento você se adapta tranquilamente a metodologia, a ponto de esquecer que um dia já teve dificuldades com isso.

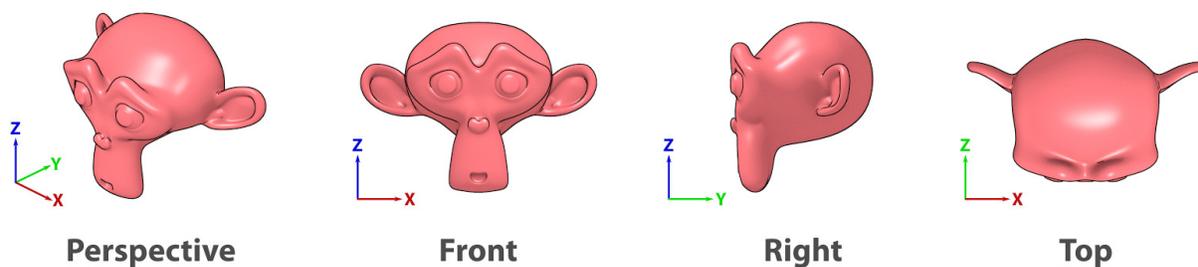


Fig. 27: Pontos de vista.

Quase todos os programas de modelagem, de modo semelhante ao *Sketchpad*, oferecem a possibilidade de dividir a área de trabalho em quatro vistas: Perspectiva, frente, direita e topo (Fig. 27).

Mesmo não se tratando de uma perspectiva da qual contamos com a noção de profundidade, e mesmo as outras vistas sendo uma espécie de “fachada” do cenário, o que temos ao final é um ideia bem clara da estrutura da cena e do posicionamento dos objetos. Se por um lado dividir a cena em quatro partes reduz a área visual de cada vista, por outro o especialista pode optar alterar essas vistas na área total do monitor. Com o tempo, o usuário vai se especializando em trocar o ponto de vista utilizando as teclas de atalho, de modo a completar a informação necessária e não cometer erros na composição da cena.

Uma amostra da versatilidade da orientação 3D a partir de vistas ortogonais é o exercício do “chapéu no macaquinho” repassado a alunos iniciantes de modelagem tridimensional. Esse exercício consiste em solicitar aos alunos que coloquem um chapéu (cone) sobre a primitiva Monkey (macaco).

Ao tentarem utilizar apenas a visão em perspectiva as dificuldades são muitas, pois é muito difícil aqueles que estão iniciando se localizarem em uma cena 3D. Em seguida lhes é ensinado como utilizar as visualizações ortogonais (frente, direita, topo, etc.). A tendência é que os alunos posicionam o “chapéu” tomando apenas uma vista como referência, nesse caso frente (Front). Só que, ao trocarmos a vista para perspectiva, o chapéu aparece deslocado (Fig. 28). Ao visualizarmos por outro ponto de vista, como, por exemplo à direita (Right) acabamos dando conta que o objeto está afastado de onde deveria estar. Com o tempo os alunos “pegam o jeito” e trocam o ponto de vista ao trabalharem com o posicionamento de objeto.

Se observarmos o gráfico dos eixos que aparecem à esquerda das figuras, veremos que no caso do Front temos as informações de X e Z, mas falta o Y (justamente a profundidade onde o chapéu se perdeu) e no caso do Right temos Y e Z, mas falta o X. O segredo é sempre orbitar a

³ <https://computeranimationhistory-cgi.jimdoofree.com/computer-sketchpad-1963/>

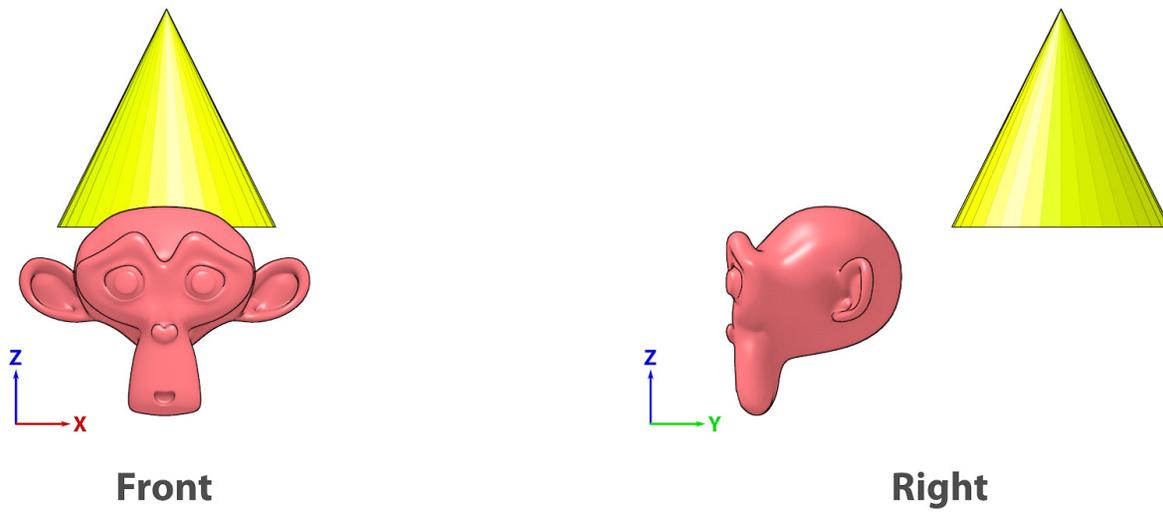
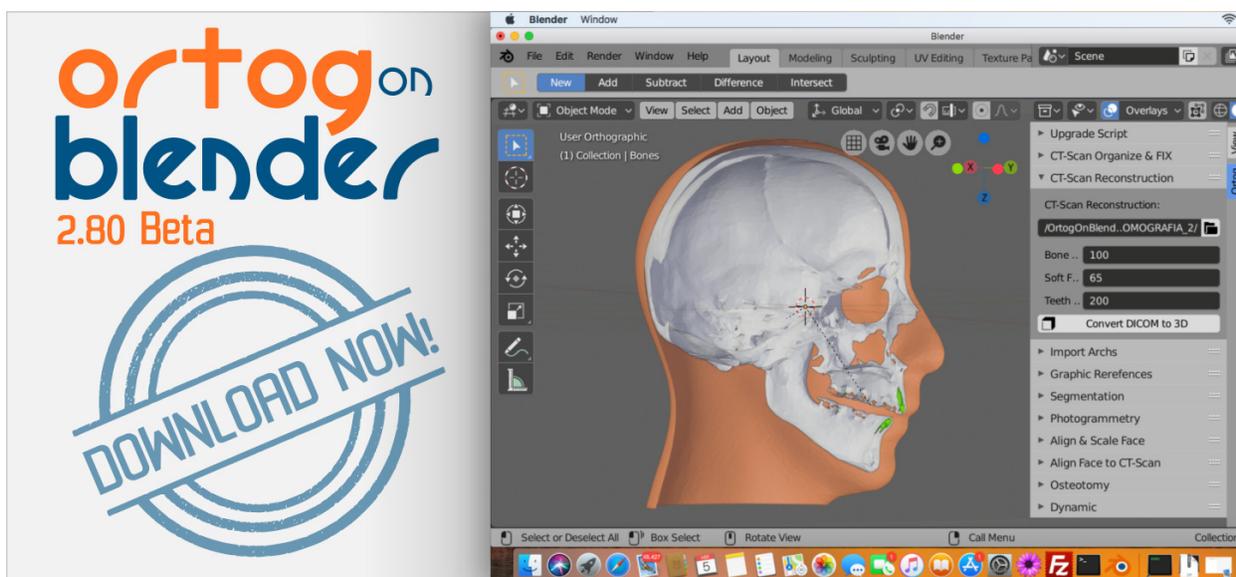


Fig. 28: Posição dos objetos em vistas diferentes.

cena ou alternar os pontos de vista, de modo a ter uma noção clara da estrutura do ambiente, fundamentando assim as suas intervenções futuras.

OrtogOnBlender - O que é e Aspectos Técnicos

3.1 O que é o OrtogOnBlender?



O OrtogOnBlender é um *add-on* para o ensino do planejamento de cirurgia ortognática digital criado por Cicero Moraes⁴, Dr. Everton da Rosa⁵ e Dr. Rodrigo Dornelles⁶.

Aviso: O OrtogOnBlender e demais módulos não são softwares de diagnóstico e uso clínico, mas ferramentas didáticas de ensino de planejamento cirúrgico. **A utilização dos mesmos para qualquer fim é de inteira responsabilidade do usuário.**

Como o próprio nome lembra, o mesmo funciona sob Blender e é escrito na linguagem de programação Python. Ele roda no Windows, no Linux e no Mac OS X e é fácil de instalar.

O *add-on* trata-se um conjunto de comandos sequenciais que foram organizados e programados de modo a facilitar o planejamento de cirurgia

⁴ <http://fb.me/cicromoraes3d>

⁵ <http://fb.me/drevertondarosa>

⁶ <https://www.rodrigodornelles.com/>

ortognática, fornecendo ao especialista não apenas as soluções encontradas nativamente no Blender, mas se comunicando com programas externos que ampliam as potencialidades do mesmo.

É desenvolvido com software e licença livres, mas pode trabalhar em conjunto com ferramentas fechadas e proprietárias, como software de fotogrametria e *scanners* intraorais.

3.2 Aspectos Técnicos Pormenorizados

Abaixo serão apresentadas as seções do OrtogOnBlender e a função dos comandos principais de cada uma.

3.2.1 Upgrade Script

O campo de atualização de script apresenta a versão atual do OrtogOnBlender. Quando temos o código **VERSION: 20190710c**, por exemplo, significa que a última programação ocorreu no ano de 2019, no mês de julho e no dia 10, sendo a terceira vez, pela letra “c”, que o diretório foi enviado ao servidor.

Assim que o usuário clica no botão **UPGRADE ORTOG** o addon é atualizado e o programa encerrado para que possa ser aberto novamente já com a última versão.

3.2.2 Patient's Name

No campo **Name**: coloca-se o primeiro nome do paciente e no **Surname**: o sobrenome ou sobrenomes principais. Se o usuário colocar Name: John e Surname: Simpson, por exemplo, resultará no diretório: **John_Simpson**. Se necessário colocar mais informação, é pedido que se complemente junto a um sinal de underline (_), como por exemplo: Name: John, Surname: Simpson_Rivera.

No caso de trabalhos com o mesmo paciente em datas diferentes, é possível complementar o sobrenome com a data, seguindo o exemplo do nome do upgrade. Se o paciente John Simpson fora tratado em julho de 2019 o preenchimento fica assim: Name: John, Surname: Simpson_201907.

O endereço do diretório depende do sistema operacional. Imaginando que o nome do usuário seja NoteOffice e o do paciente John Simpson, temos as seguintes situações:

No **Windows**: *C:/Users/NoteOffice/OrtogOnBlenderDir/John_Simpson/*

No **Mac OS X**: */Users/NoteOffice/OrtogOnBlenderDir/John_Simpson/*

No **Linux**: */home/NoteOffice/OrtogOnBlenderDir/John_Simpson/*

O primeiro arquivo criado será o **Base-John_Simpson.blend**, que neste caso ficaria assim: *~/OrtogOnBlenderDir/John_Simpson/Base-John_Simpson.blend* (onde o sinal ~ representa o diretório do usuário).

Aviso: Evite o uso de caracteres especiais como “ç, š, á, \$” e espaço. Isso pode causar problemas em alguma biblioteca utilizada pelo OrtogOnBlender.

3.2.3 CT-Scan Reconstruction

Esta seção conta com 4 predefinições:

- **MANUAL:** O usuário configura manualmente o passo-a-passo da reconstrução.
- **VOXEL:** Permite a visualização do *voxel data*, ou seja, a volumetria da tomografia sem a malha 3D (*3D mesh*).
- **AUTOMATIC:** Reconstrói a tomografia automaticamente sem a necessidade de configuração passo-a-passo.
- **CUSTOM:** Permite uma reconstrução totalmente customizada de apenas uma malha.

Importante: A reconstrução de tomografias computadorizadas diretamente de arquivos DICOM só é possível graças ao software *DicomToMesh*⁷, desenvolvido por **Adrian Schneider**. A ele e toda a equipe do *AOT AG*⁸ são direcionados efusivos agradecimentos!

Para uma maior compreensão das seções, seguem abaixo as suas descrições pormenorizadas.

Manual

Em **CT-Scan Preparing** o usuário seleciona o diretório onde estão os arquivos DICOM e clica em **Organize** para o sistema copiar os arquivos e organizar em diretórios correspondentes ao SeriesNumber da tomografia.

Assim que a tomografia for copiada e organizada o sistema abrirá o LibreOffice com uma planilha descrevendo o número do diretório, o número de arquivos dentro do diretório e a descrição do mesmo. Caso o LibreOffice não esteja presente no sistema operacional os dados podem ser visualizados no terminal (prompt).

Dica: Procure escolher os diretórios cujo a descrição seja compatível com o tecido mole: **"MOLE"**, **"PM"**, **"BLANDAS"**, **"SOFT TISSUE"**, etc. Deste modo é muito provável que não seja necessário alterar os fatores padronizados: **200**, **-300** e **1430**.

Aviso: No caso de arquivo DICOM (.DCM) único o usuário precisará abri-lo no Slicer e exportá-lo como fatias. Para tal, basta seguir este tutorial: <https://www.youtube.com/watch?v=5X2xJqIEi0o>.

Em **Threshold Setup** o usuário indica um diretório criado no processo anterior e em seguida clica em **Open Slicer!** de modo a abrir o *Slicer*⁹ e capturar os valores da escala Hounsfield.

Em **CT-Scan Reconstruction** o usuário pode selecionar o diretório onde se encontram os arquivos DICOM e clicar em **Convert DICOM to 3D** para proceder com a reconstrução.

Dica: Assim que o botão é clicado o OrtoGOnBlender abre um arquivo de texto com os dados do tomógrafo. Estes dados podem ser enviados ao banco de dados de tomógrafos do sistema, de modo a fazer as próximas reconstruções automaticamente.

Os parâmetros **Bone Factor** (Fator Ossos), **Soft Factor** (Fator Mole) e **Teeth Factor** (Fator Dentes) contém um valor pré definido da escala Hounsfield, que funciona em grande parte dos casos. Por padrão está setado em 200, -300 e 1430, números que funcionam na maioria das tomografias helicoidais.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **CT_Scan-John_Simpson.blend**.

⁷ <https://github.com/AOT-AG/DicomToMesh>

⁸ <http://www.aot.swiss>

⁹ <http://www.slicer.org>

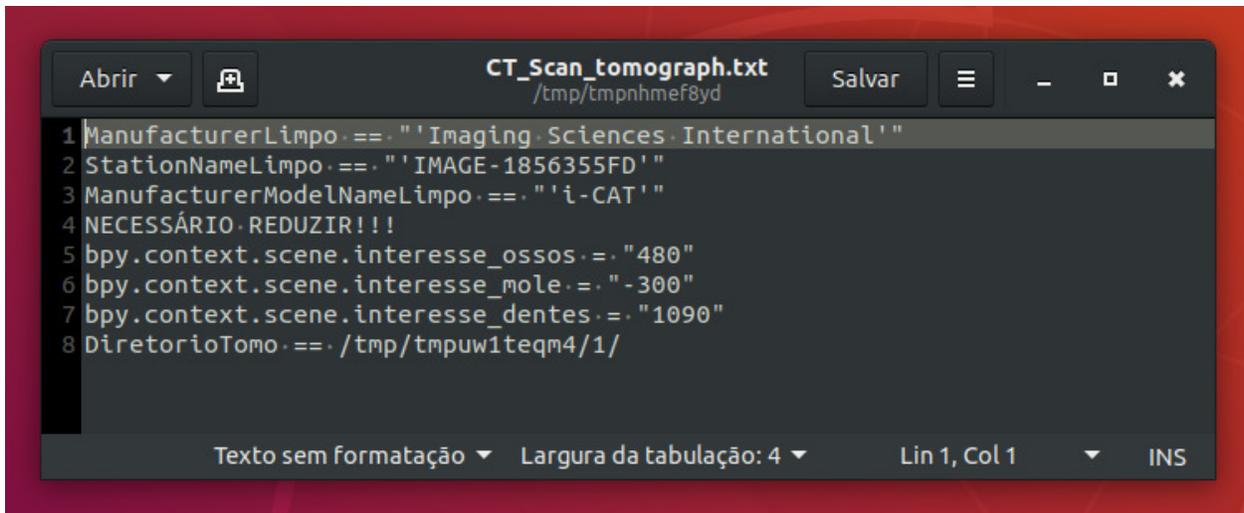


Fig. 1: Editor de texto aberto automaticamente após o usuário clicar no botão **Convert DICOM to 3D**.

Aviso: Esta seção pode ser substituída pela reconstrução automática oferecida no **CT-Scan Auto 3D Reconstruction**. No entanto, para que o processo automático funcione é necessário que o tomógrafo seja cadastrado no banco de dados do OrtogOnBlender.

VOXEL

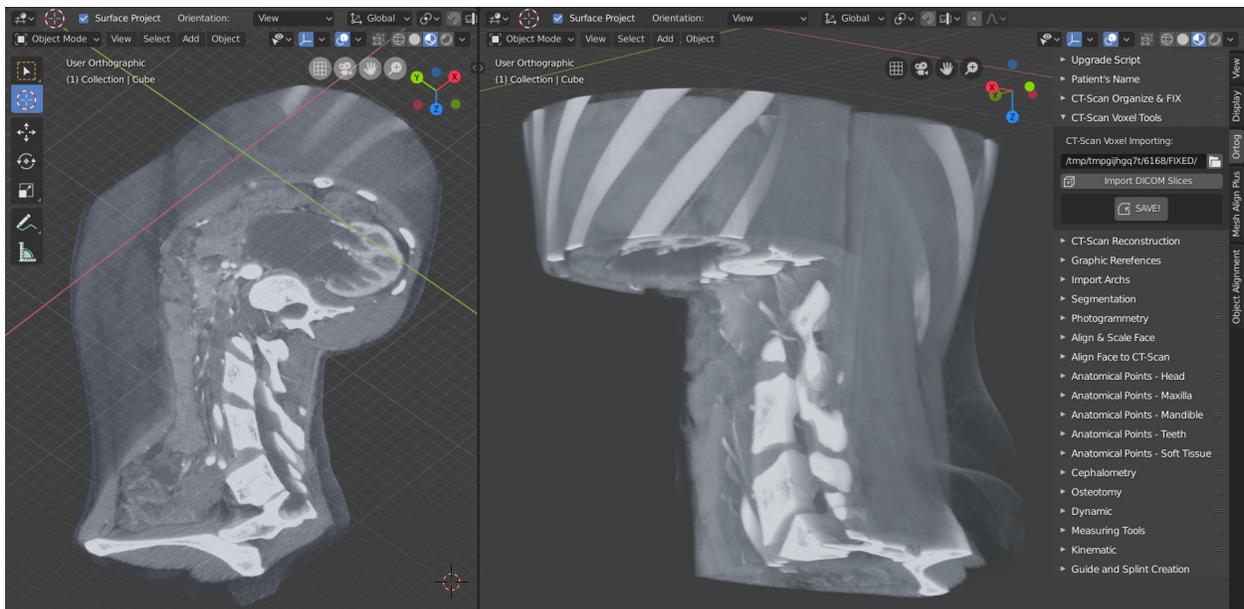


Fig. 2: Import DICOM Slices com boolean na parte inferior para ver os detalhes internos.

O usuário pode importar as fatias da tomografia em forma de um *voxel data*, basta setar o local onde se encontra a tomografia no ícone de diretório e em seguida clicar em **Import DICOM Slices**.

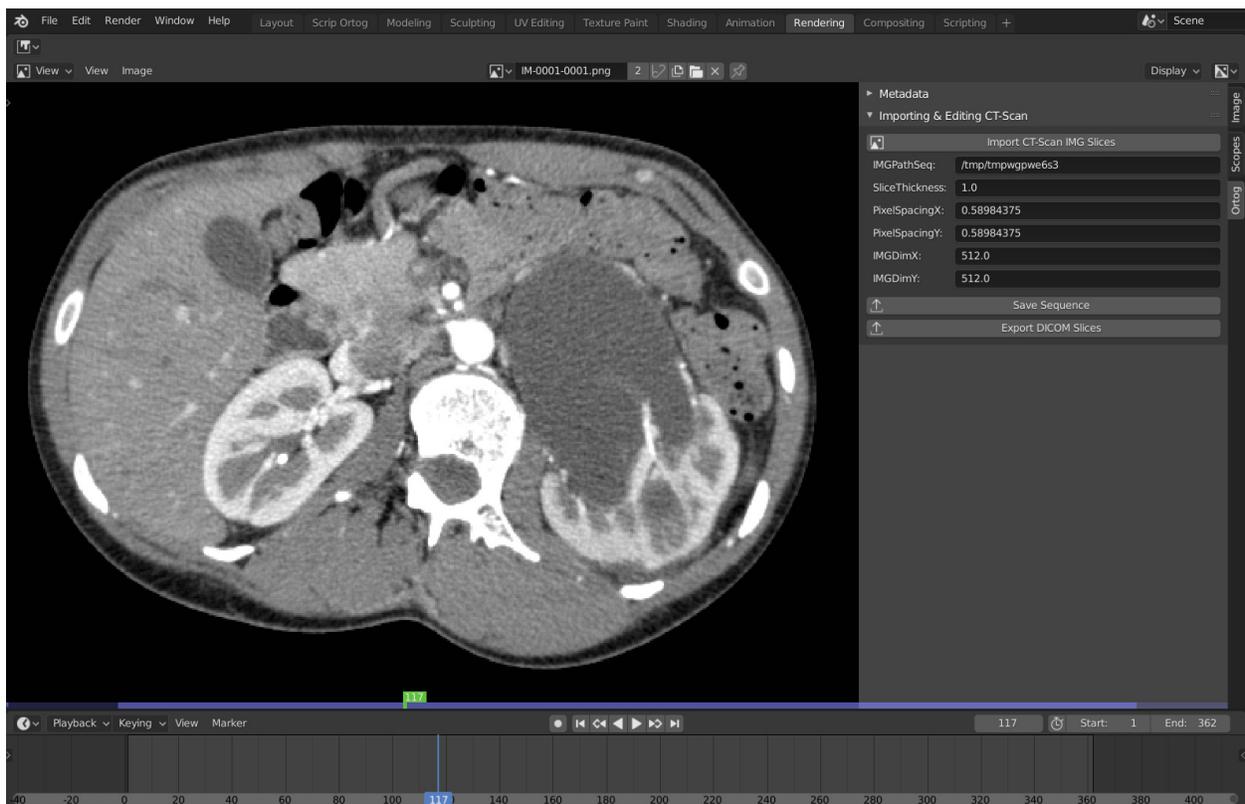


Fig. 3: CT-Scan IMG Slices.

Ao importar o *voxel* o usuário tem à sua disposição a possibilidade de visualizar as fatias do mesmo. Basta ir na aba **Rendering**, habilitar o painel direito (N) e clicar em **Import CT-Scan IMG Slices** (no Ortog). Ao fazer isso serão apresentadas algumas informações sobre a tomografia:

- **IMGPathSeq**: Local onde se encontra a sequência das imagens.
- **SliceThickness**: Espaço (em milímetros) entre as fatias.
- **PixelSpacingX**: Valor de um pixel em X (em milímetros).
- **PixelSpacingY**: Valor de um pixel em Y (em milímetros).
- **IMGDimX**: Dimensão (em pixels) da imagem em X.
- **IMGDimY**: Dimensão (em pixels) da imagem em Y.

Há ainda a possibilidade do usuário editar e criar uma nova sequência de arquivos DICOM. Basta fazer as alterações, salvar uma por uma das imagens alteradas (Alt+S) e clicar em **Export DICOM Slices**.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Voxel-John_Simpson.blend**.

AUTOMATIC

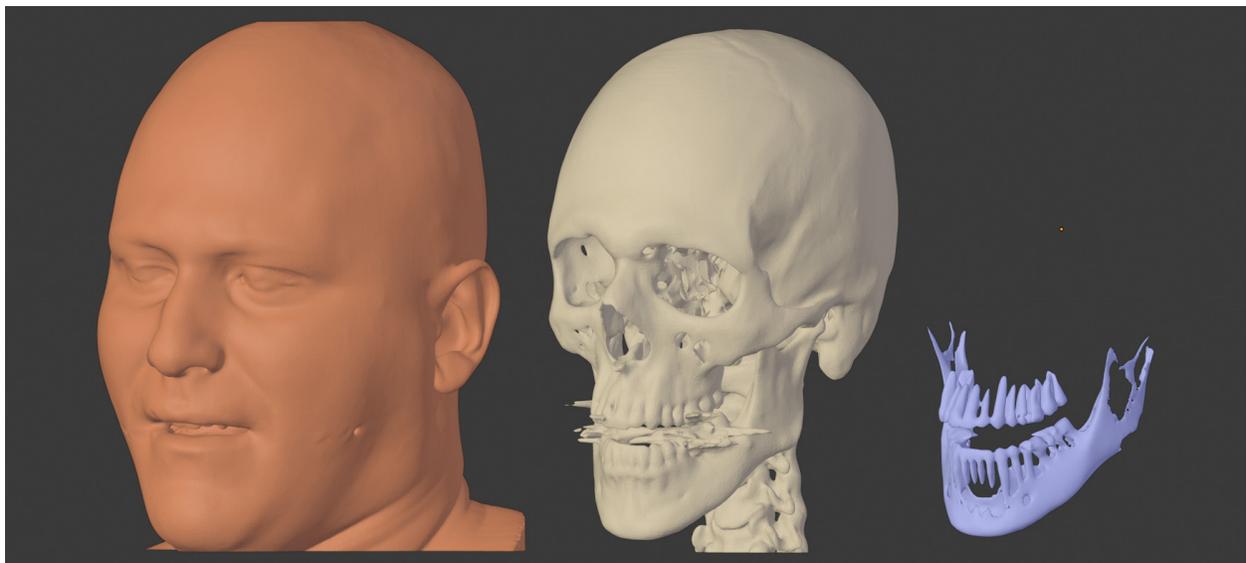


Fig. 4: Reconstruções perfiladas: Mole, Ossos e Dentes.

Os desenvolvedores estão cadastrando tomógrafos de modo a fazer a reconstrução automaticamente sem a intervenção do usuário. Assim que o cadastro é feito basta setar a localização do diretório com os DICOMs e clicar em **AUTOMATIC DICOM TO 3D**, que o programa se encarrega de organizar, escolher o diretório, corrigir as eventuais incompatibilidades e reconstruir a tomografia em 3D.

Ao reconstruir automaticamente a tomografia o sistema cria um diretório chamado **CT-Scan** dentro da pasta do paciente:

Nela se encontrarão as fatias DICOM utilizadas no processo, permitindo que o usuário possa utilizá-las posteriormente, caso necessário, sem precisar lançar mão do DVD geralmente fornecido pela clínica ou mesmo os gigantescos arquivos disponíveis de modo online.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **CT_Scan_Auto-John_Simpson.blend**.

CUSTOM

A seção **CUSTOM** tem o funcionamento muito parecido com o **MANUAL**. Primeiro o usuário organiza a tomografia, em seguida abre o diretório desejado e testa o fator no Slicer. A diferença de abordagem é na última parte, onde apenas uma malha pode ser reconstruída por vez:

1. Em **CT-Scan 3D Reconstruction** o usuário informa o diretório da sequência pretendida.
2. Em **Reconst. Factor** informa o valor da escala Hounsfield.
3. Em **Decimate Factor** informa o fator de simplificação que vai de 0 a 1, onde 0 é sem simplificação e 1 simplificação total.
4. Em **Object Name** o usuário informa o nome da malha que será gerada.
5. Ao informar todos os dados basta clicar em **Convert DICOM to 3D** e aguardar a reconstrução.

Dica: O usuário pode reconstruir o número de malhas que necessitar, alterando o fator a cada peça criada. Essa técnica é muito útil para reconstruções como a ATM, por exemplo. Neste caso se reconstrói o osso geral mais grosso (menor fator), em seguida um osso mais fino (maior fator) e ao final isola-se a área de interesse extraíndo a região mais grossa com o booleana **Difference** e unindo as peças com a booleana **Union**.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **CT_Scan-John_Simpson.blend**.

3.2.4 Graphic References

Em **Mode** o usuário pode escolher posicionar o cursor ou selecionar objetos.

Na seção **Frankfurt Alignment** o usuário pode alinhar o crânio segundo esse protocolo. Para isso, basta:

1. Ocultar a face advinda da tomografia clicando em **Hide Face (CT-Scan)**.
2. Selecionar **Cursor** em Mode, clicar no ponto do crânio correspondente à órbita direita e em seguida clicar no botão **Orbital right**.
3. Repetir o processo com os pontos: **Orbital left**, **N point** e **Po left**.
4. Depois que todos os pontos estiverem posicionados, clicar em **Align!** e o crânio será alinhado ao plano de Frankfurt.

Aviso: O alinhamento só funciona se o crânio for nomeado como **Bones**, como acontece quando a tomografia é importada.

Em **Reference Lines** o usuário tem a sua disposição uma série de linhas de referência pré-configuradas:

- **Vertical Center Line:** Cria uma linha central (olhando pela frente) no sentido vertical.
- **Horizontal Center Line:** Cria uma linha central (olhando pela frente) no sentido horizontal.
- **Horizontal Side Line:** Cria uma linha pela lateral (olhando pela direita) no sentido horizontal.

De modo a não poluir a visualização dos dados os pontos anatômicos podem ser ocultos pelo botão **Hide Anatomical Points**.

Assim que as linhas são posicionadas e o crânio alinhado o usuário poderá então desparentear o mole e os dentes dos ossos importado nas seções anteriores, clicando no botão **UNGROUP!!!**.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Ref-John_Simpson.blend**.

Aviso: É muito importante desparentear o mole dos ossos, caso contrário o *addon* apresentará erro ao acionar posteriormente a dinâmica do mole, rotacionando o rosto de modo incompatível com o crânio.

3.2.5 Import Archs

Archs Teeth Import

A seção **Import Archs** permite ao usuário importar também as tomografias das arcadas dentárias, tanto a réplica em gesso quando o molde, que pode ser convertido em positivo através da inversão dos *normals*.

Para reconstruir o DICOM relacionado a arcada o usuário deverá:

1. Indicar o local onde os slices estão presentes.
2. Indicar o fator de reconstrução (escala Hounsfield).
3. Caso haja dúvida em relação ao fator, pode-se abrir o Slicer em **Open Slicer** de modo a testá-lo.
4. Por fim basta indicar o diretório e clicar em **Archs Generator** e aguardar a reconstrução da malha.

Se a arcada foi gerada em um software externo, ou mesmo por um *scanner* intraoral, basta importar os modelos através do botão **Import STL**.

É quase certo que as arcadas venham desalinhadas com os dentes reconstruídos a partir da tomografia, em face disso será necessário que o usuário alinhe as arcadas com a tomografia.

Assim que os moldes forem alinhados ao crânio, o usuário precisará segmentar a região de interesse dos mesmos.

Aligment

Ao importar os arcos superior e inferior, o usuário precisará alinhá-los a tomografia reconstruída. Para isso ele recorrerá a seção **Aligment**:

1. Selecione o objeto que será alinhado.
2. Coloque o ponto de ancoragem no objeto de ORIGEM por primeiro: **Point 1a - Origin**.
3. Coloque o ponto de ancoragem no objeto selecionado na sequência: **Point 1b - Align**.
4. Repita a operação com os pontos: **Point 2a - Origin** e **Point 2b - Align**.
5. Repita a operação com os pontos: **Point 3a - Origin** e **Point 3b - Align**.
6. Assim que todos estiverem posicionados clique em **ALIGN!**.
7. Se necessário um alinhamento com maior precisão, use o botão **Force ICP Align (Slow)**.

Aviso: Muita atenção, temos dois objetos, o de **origem**, que é aquele que já está alinhado e o de **alinhamento** que é o que deverá ser selecionado antes de se fazer o procedimento.

Importante: O alinhamento via ICP foi viabilizado graças ao *add-on* `object_alignment`¹⁰ desenvolvido por **Patrick Ryan Moore** (patmo141).

¹⁰ https://github.com/patmo141/object_alignment

Segmentation

Na seção **Segmentation** o usuário:

1. Fecha o modelos se o mesmo estiver aberto (**Close Holes (Remesh)?**).
2. Seleciona o objeto a ser cortado.
3. Clica em **Draw Line** e desenha a região a ser cortada.
4. Apagar a área desejada:

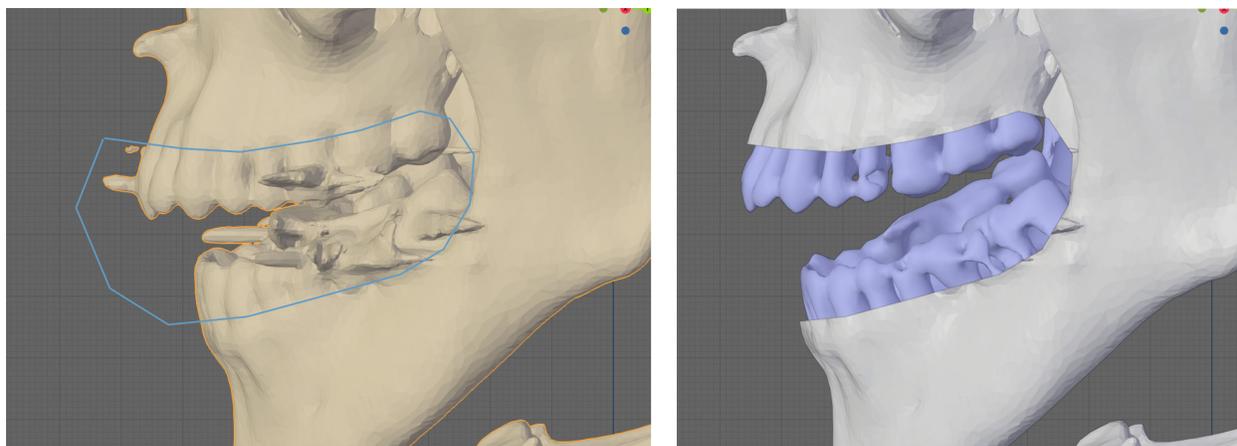


Fig. 5: Exemplo de Subtract IN.

- Caso deseje apagar o que está dentro da região clique em **Subtract IN**.

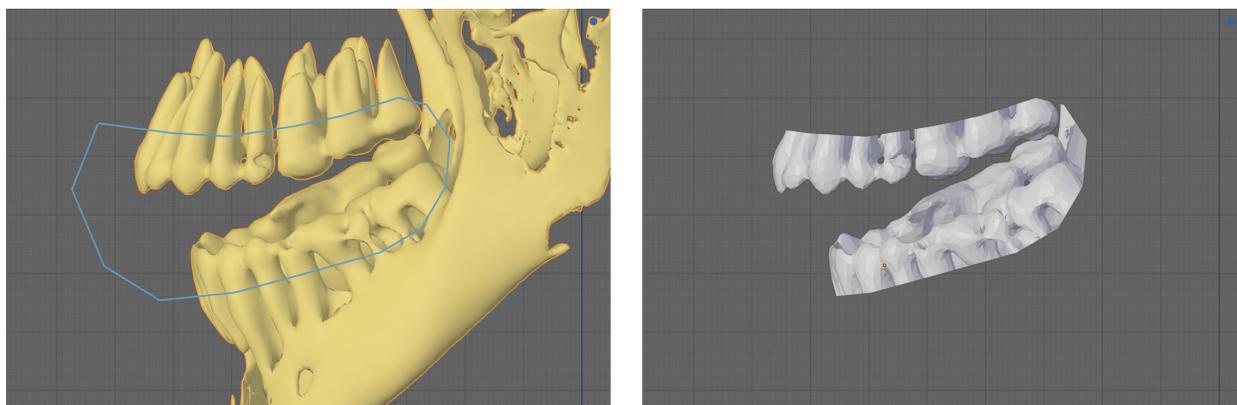


Fig. 6: Exemplo de Subtract OUT.

- Caso deseje apagar o que está fora da região, clique em **Subtract OUT**.

Pode ser necessário segmentar a mandíbula. Para tal o usuário deve:

1. Selecionar o crânio e clicar em **Edit Mode Clean** para entrar em modo de edição sem nenhum *vertex* selecionado.
2. Selecionar o vértice inicial e clicar em **Sel. More**, automaticamente uma leva de vértices vizinhos serão selecionados e o comando pode ser ativado até que a área de seleção satisfaça a região pretendida, no caso a mandíbula. Caso o usuário selecione vértices demais e ultrapasse a região desejada, ele pode retroceder a seleção clicando em **Sel. Less**.
3. Assim que a parte desejada é selecionada, basta clicar em **Separate Selected!** e o sistema se encarrega de separar a região, sair do modo de edição e ainda deixar selecionado apenas o objeto correspondente a seleção efetuada pelo usuário.

4. Depois de segmentar as regiões de interesse dos modelos (dentes), crânio e mandíbula pode-se juntá-las com a booleana **Union**.
5. Há ainda a possibilidade de trocar o pivô de rotação, em **Pivot Rotation**, caso o usuário deseje testar a rotação de uma mandíbula segmentada.

Reconstruction

No caso de correção de buracos simples nas malhas (buracos de casca), basta selecionar o objeto desejado e clicar em **Close All Holes**.

O OrtogOnBlender oferece a possibilidade de reconstruir a malha pelo algoritmo Poisson através do botão **Poisson Reconstruction**. A ferramenta é útil nos casos em que o corte por boolean e o fechamento de buracos se mostrarem ineficientes.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Arch-John_Simpson.blend**.

3.2.6 Segmentation

O **Segmentation** concentra ferramentas de segmentações gerais e específicas.

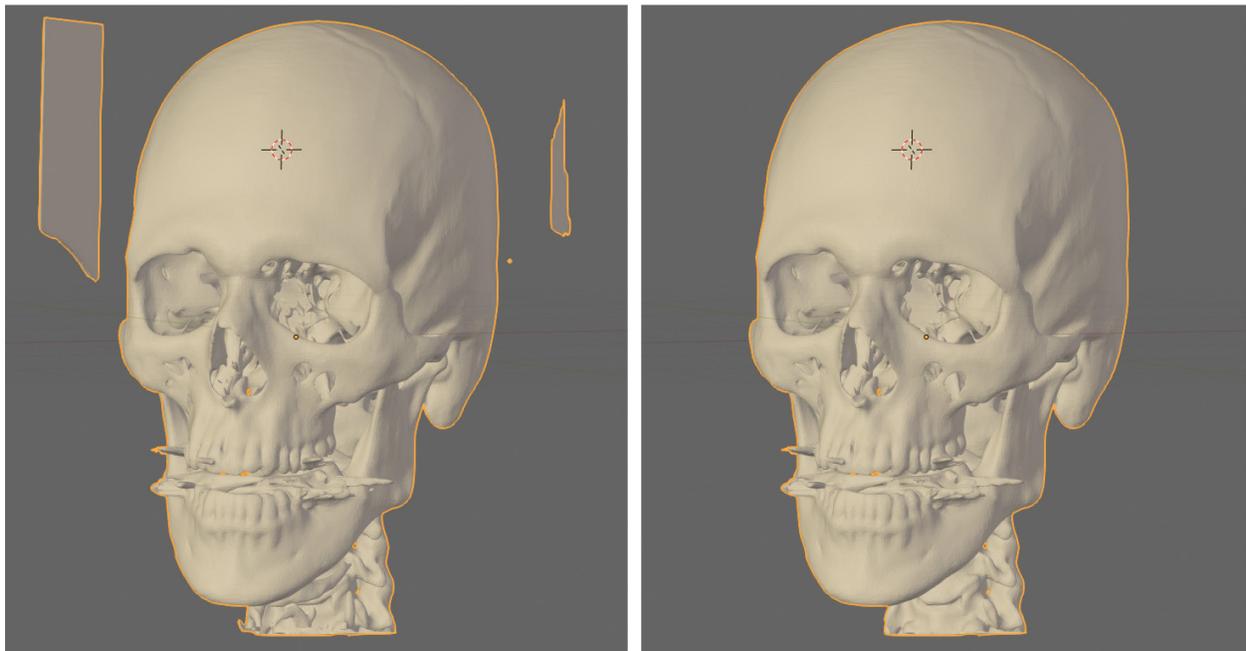


Fig. 7: Separated Linked: Objeto original com o cursor posicionado (esquerda) e objeto resultante (direita).

Se o usuário desejar separar uma região com vértices ligados, como por exemplo o crânio em relação a ruídos reconstruídos no processo, ele pode posicionar o cursor sobre a área de interesse clicando nela e em seguida em **Separated Linked**, ao final sobrará apenas a malha onde os vértices estejam ligados por edges e faces.

No caso de correção de buracos simples nas malhas (buracos de casca), basta selecionar o objeto desejado e clicar em **Close All Holes**.

Em **Boolean Segmentation** o usuário pode fazer um desenho de corte no botão **Draw Line** e escolher se deseja apagar a área dentro do desenho (**Subtract IN**) ou fora dele (**Subtract OUT**).

Boolean

Os cálculos booleanos são ferramentas imprescindíveis para o planejamento cirúrgico, tanto pela sua importância na geração de osteotomias quanto na criação de *splints* e guias.

As ferramentas oferecidas pelo OrtogOnBlender são umas das mais robustas disponíveis na computação gráfica 3D para as ciências da saúde.

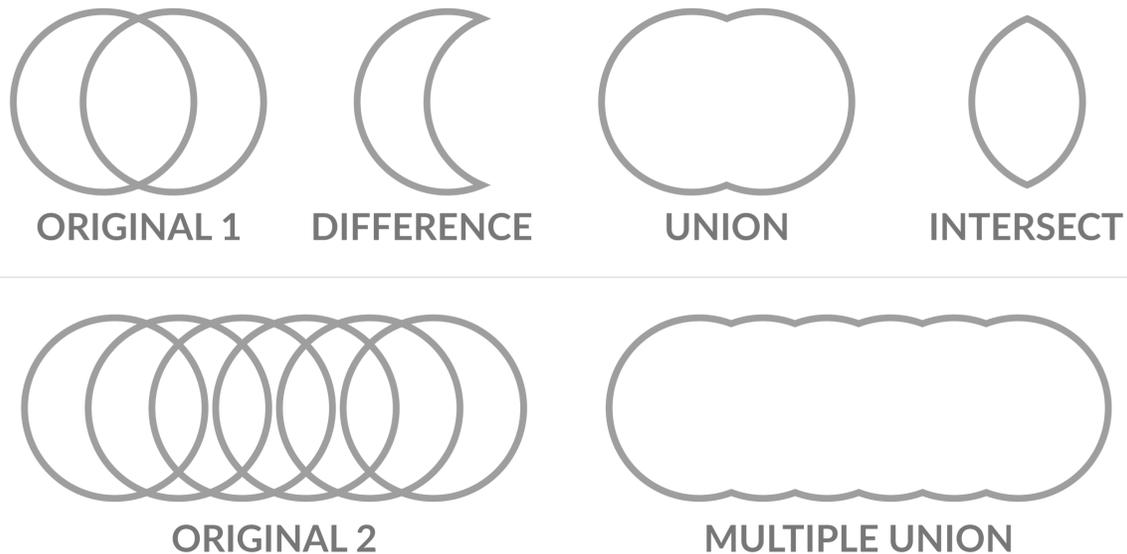


Fig. 8: Exemplos de cálculos booleanos.

- **Difference:** Calcula Objeto 1 - Objeto 2 (A-B) ou Objeto 2 - Objeto 1 (B-A).
- **Union:** Unifica A+B ou B+A.
- **Intersect:** Gera um malha da intersecção de A e B.
- **MULTIPLE UNION:** Unifica malhas sem limite de objetos: A+B+C+D+E...

Importante: As poderosas ferramentas de *boolean* foram viabilizadas graças à biblioteca [Cork¹¹](https://github.com/gilbo/cork) desenvolvida por **Gilbert Bernstein** (gilbo).

Surface Cut

Permite ao usuário fazer cortes sobre a casca da malha.

Para efetuar um corte:

1. Selecione o objeto a ser cortado.
2. Clique em **Create Points** e vá clicando sobre a região que pretende cortar. Assim que finalizar o desenho clique no botão direito do mouse ou no **ESC**.
3. Para ver a linha de corte clique em **Create Bezier Line** e edite a linha se necessário.
4. Se desejar fazer um corte simples, clique em **Cut Line!**

¹¹ <https://github.com/gilbo/cork>

5. Se desejar fazer um corte duplo e mais seguro, clique em **Cut Line Double**.

Teeth Segmentation Tube

Esta seção corta os dentes utilizando linhas que se convertem em finos tubos, cujo o diâmetro será a base de corte por intersecção.

Para tal o usuário deverá:

1. Selecionar o modelo, clicar em **Create Points** e criar os pontos correspondentes a linha.
2. Depois de criar os pontos, clicar em **ESC** e posteriormente em **Create Bezier Tube**.
3. Em seguida basta clicar em **Cut Line Teeth!**

Teeth Segmentation Line

Esta seção corta os dentes diretamente na malha em Edit Mode, utilizando a ferramenta **Knife**.

Para tal o usuário deverá:

1. Selecionar o modelo e clicar em **Prepare Mesh to Cut**.
2. Clicar em **Knife Cut** e fazer os cortes necessários de modo que o ponto inicial seja também o final (**loop**). Assim que finalizar, clicar em **Enter**.
3. Clicar em **Edge Split Separation**.

Separated Teeth

Para utilizar esta seção o usuário precisará setar um dos fatores da escala Hounsfield para o valor de separação da região do côndilo, que geralmente é **655**.

Assim que a tomografia for reconstruída:

1. Deixar visível apenas o objeto do fator 655 e pintar a parte externa com **Weight Paint 1** e se necessário, usar o **Weight Paint 0** que exclui o peso do local.
2. Apague o peso 0 no botão **Delete Blue**.
3. Clique em **Separate Skull-Mandible** para separar a mandíbula do crânio.

Dica: Estas ferramentas também servem para selecionar e desselecionar faces, além de permitir apagar também a parte com peso 1 (vermelha), muito útil no isolamento de objetos externos (faces) ou internos (seios nasais, vias respiratórias e afins).

Aviso: No Blender 2.80 a ferramenta de pintura de peso está selecionando objetos ocultos e isso causa um erro no **Separate Skull-Mandible**. No lugar de usar o Weight Paint, entre em Modo de Edição e pinte a área desejada com o **C** e com a visualização **Solid** ativa. Inverta a seleção com **CTRL+I** e apague as faces.

Teeth Touched

Em face da dificuldade da separação da mandíbula, principalmente em casos onde os dentes se tocam, o OrtogOnBlender passou a oferecer uma solução que facilita a segmentação desta peça anatômica de modo semi automático.

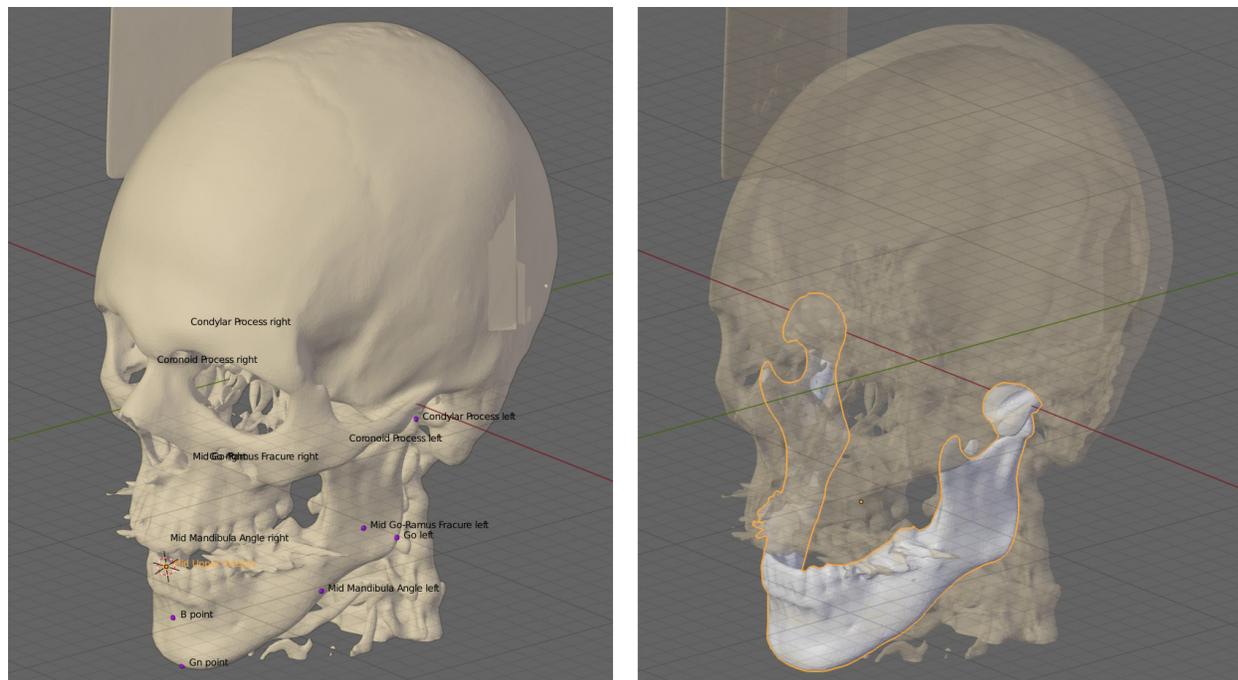


Fig. 9: Pontos anatômicos posicionados (à esquerda) e mandíbula separada com o **Mandible Segmentation** (à direita).

Como proceder com a segmentação:

1. Posicione todos os pontos anatômicos disponíveis na seção.
2. Clique em **Mandible Segmentation**.
3. Se necessário, apague as regiões que vieram a mais e então clique em **Separate Skull from Mandible**.

Other Tools

No caso de correção de buracos simples nas malhas (buracos de casca), basta selecionar o objeto desejado e clicar em **Close All Holes**.

O OrtogOnBlender oferece a possibilidade de reconstruir a malha pelo algoritmo Poisson através do botão **Poisson Reconstruction**. A ferramenta é útil nos casos em que o corte por boolean e o fechamento de buracos se mostrarem ineficientes.

Os seguintes botões oferecem a possibilidade de cortar um objeto de fora-a-fora sem fechá-lo, como no caso do **Boolean Segmentation**:

1. Selecione o objeto a ser cortado.
2. Clique em **Draw Line** para desenhar uma linha.
3. Clique em **Cut Draw** para cortar o objeto.
4. Apague a linha e a parte não desejada (se necessário).

Há ainda a possibilidade de segmentar um objeto por seleção de vértices. Para tal:

1. Selecione o objeto e clique em **Edit Mode Clean**.

2. Selecione o vértice inicial e clicar em **Sel. More**, automaticamente uma leva de vértices vizinhos serão selecionados e o comando pode ser ativado até que a área de seleção satisfaça a região pretendida, no caso a mandíbula. Caso o usuário selecione vértices demais e ultrapasse a região desejada, ele pode retroceder a seleção clicando em **Sel. Less**.
3. Assim que a parte desejada é selecionada, basta clicar em **Separate Selected!** e o sistema se encarrega de separar a região, sair do modo de edição e ainda deixar selecionado apenas o objeto correspondente a seleção efetuada pelo usuário.

Há ainda a possibilidade de trocar o pivô de rotação, em **Pivot Rotation**, caso o usuário deseje testar a rotação de uma mandíbula segmentada, por exemplo.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Seg-John_Simpson.blend**.

3.2.7 Photo Face Segmentation

Nesta seção o usuário pode isolar a porção frontal da face por segmentação automática.

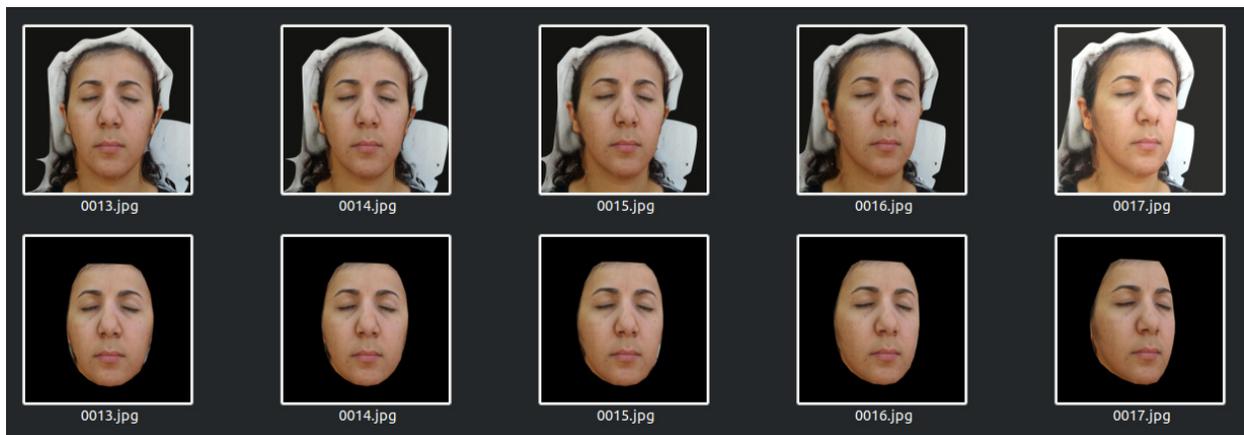


Fig. 10: Fotografias originais (acima) e após a segmentação facial (abaixo).

Para tal basta:

1. Indicar o diretório com as fotos.
2. Clicar em **Start Segmentation** e aguardar.
3. Assim que os cálculos forem finalizados será aberto o gerenciador de arquivos apresentando as imagens resultantes.

3.2.8 Photogrammetry Start

No OrtogOnBlender é possível digitalizar faces e objetos através de fotogrametria, grosso modo, escaneamento 3D por fotografia.

É imprescindível que o usuário clique em **Start Segmentation!** de modo a limpar a cena para receber o modelo digitalizado. Caso não faça isso, pode ter certa dificuldade em localizar o modelo para alinhá-lo e segmentá-lo.

O sistema oferece três opções para o usuário: **OpenMVG+OpenMVS** (Padrão), **SMVS+Meshlab** e **Meshroom (AliceVision)**.



Fig. 11: Digitalização com textura ativada (à esquerda) e digitalização com relevo em malha e alta resolução (à direita).

OpenMVG+OpenMVS

Trata-se do padrão do sistema, o OpenMVG+OpenMVS costuma ser mais rápido do que as outras opções e oferece uma textura de alta qualidade. O processo de digitalização é relativamente simples, basta fazer uma sequência de fotos, copiá-la para um diretório que será indicado pelo usuário e na sequência clicar no botão **Start Photogrammetry!**

Dica: Se o objetivo for digitalizar faces, não há a necessidade de mudar os valores de **D Factor** e de **Smooth Factor** que por padrão são **6** e **16**. No caso de digitalização de peças arqueológicas, por exemplo, os valores seriam **4** e **4**, já na digitalização de modelos de arcadas dentárias os valores serão **1** e **1**.

Dica: Na documentação do OrtogOnBlender são fornecidos dois protocolos para a tomada fotográfica: **Protocolo de fotogrametria da face** e **Protocolo simples de fotogrametria para crânios**. Procure-os no índice.

Importante: As ferramentas de fotogrametria só foram possíveis dentro do Blender graças as bibliotecas OpenMVG de Pierre Moulon¹², a biblioteca OpenMVS de cdcseacave¹³ e a biblioteca AliceVision (Meshroom¹⁴).

¹² <https://github.com/openMVG/openMVG>

¹³ <https://github.com/cdcseacave/openMVS>

¹⁴ <https://github.com/alicevision/meshroom>

SMVS+Meshlab

Mais lento, mas geralmente com melhores resultados em cenários maiores. A versão do Windows não conta com geração de textura.

O processo de digitalização é simples, basta fazer uma sequência de fotos, copiá-la para um diretório que será indicado pelo usuário e na sequência clicar no botão **Alternative Photogrammetry I**

Meshroom (AliceVision)

Fornecer resultados inferiores aos dois outros modos, mas oferece uma alternativa de geração de textura no Windows. Ainda indisponível para o Mac OS X.

O processo de digitalização é simples, basta fazer uma sequência de fotos, copiá-la para um diretório que será indicado pelo usuário e na sequência clicar no botão **Alternative Photogrammetry II**

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Photogram-John_Simpson.blend**.

3.2.9 Photogrammetry Align & Scale

A fotogrametria fornecida pelo OrtoGOnBlender costuma oferecer bons resultados em relação ao volume do modelo, no entanto, quando a malha é gerada ela não conta com a dimensão real, ficando a cargo do usuário redimensionar o objeto colocando-o na escala.

Para tal, é necessário seguir este passo-a-passo:

1. Selecione o objeto resultante da fotogrametria.
2. Clique no ponto cantal lateral direito (ou em um ponto de referência à direita do objeto) e em seguida pressione **Cantal Lateral Right**.
3. Clique no ponto cantal lateral esquerdo (ou em um ponto de referência à esquerda do objeto) e em seguida pressione **Cantal Lateral Left**.
4. Clique em um ponto inferior como o nariz, lábio, etc. Em seguida pressione **Down Point**.
5. Informe a distância entre os dois primeiros pontos em **Real Size** pressione o **ENTER**.
6. Clique em **Align and Resize**.

Logo abaixo o usuário contará com uma série de ferramentas para segmentar o modelo da maneira que melhor se encaixar às suas necessidades:

- **Segmentation Cut Through:** Corte lateral de fora a fora. Mais simples, mas pode apresentar problema em faces com alto grau de assimetria.
- **Surface Cut:** Corte por desenho tridimensional sobre a superfície da face, o usuário tem maior controle de segmentação da estrutura.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Align-John_Simpson.blend**.

3.2.10 Photogrammetry Modifiers

Um dos diferenciais da fotogrametria do OrtoGOnBlender é a possibilidade de enriquecer os detalhes de relevo com modificadores atribuídos automaticamente durante o processo de digitalização.

São três os modificadores:

- **Smooth:** Alisa a malha dando um aspecto mais suave.
- **Multires:** Subdivide a malha aumentando a sua resolução.
- **Displace:** Cria um relevo na malha usando como referência a sua textura.



Fig. 12: Digitalização original (à esquerda) e digitalização com modificadores ativados (à direita).

Dica: Se desejar alterar os parâmetros dos modificadores, vá até a aba **Modifiers**, localizada à direita da interface onde vemos um ícone de uma chave de boca.

3.2.11 Anatomical Poin

O OrtogOnBlender conta com um vasto conjunto de pontos anatômicos para a região da cabeça:

- Anatomical Points - Head.
- Anatomical Points - Maxilla.
- Anatomical Points - Mandible.
- Anatomical Points - Teeth.
- Anatomical Points - Soft Tissue.

Como proceder para inserir um ponto:

1. Troque o modo para **Cursor** (posicionamento de cursor).
2. Clique sobre a região desejada na malha 3D.
3. Pressione o botão do ponto anatômico desejado.

Para ocultar e visualizar os pontos basta usar os botões **Hide Anatomical Points** e **Show Anatomical Points**.

Importante: A composição das ferramentas de pontos anatômicos foi possível graças ao auxílio constante do **Dr. Richard Gravalos**, a ele são direcionados efusivos agradecimentos!

3.2.12 Cephalometry

Esta seção apresenta ângulos e medidas que são gerados a partir dos pontos anatômicos. O OrtogOnBlender oferece duas opções de cefalometria: **Arnett** e **USP** (+Unesp/Araraquara).

USP (+Unesp/Araraquara)

Em cada ângulo apresentado o usuário pode visualizar se os pontos estão presentes na cena. Se falta algum ponto para compor um ângulo, basta adicioná-lo clicando no botão correspondente.

Sempre que o usuário desejar ele pode atualizar os cálculos clicando em **Calculate!!!**

Importante: Para que o cálculo seja efetuado, é imprescindível que todos os pontos anatômicos estejam visíveis. Para tal, o usuário deve clicar em **Show Anatômical Points**.

Para mostrar ou atualizar os valores, basta clicar em **Calculate All!!!**

3.2.13 Osteotomy

Esta seção é responsável pela criação das osteotomias do crânio. Ao usuário são oferecidas as seguintes opções: **AUTO**, **MANUAL**, **BOOLEAN** e **DRAW**.

AUTO

Oferece a possibilidade de inserir os planos de corte baseados na posição dos pontos anatômicos.

Como funciona:

1. Posicione os pontos anatômicos informados nos botões da seção.
2. Clique em **Create Cut Planes** e todos os planos de corte serão posicionados automaticamente, além disso o usuário contará com manipuladores visuais para deslocar os planos pelo espaço 3D.
3. Junte os planos de corte em um objeto (com o **shift** pressionado), selecionando-os e clicando em **Join All (Union)**.
4. Para cortar selecione primeiro o osso, depois o plano (com o **shift** pressionado) e em seguida clique em **Cut Boolean**.

Importante: Para garantir um bom funcionamento dos manipuladores visuais, utilize o Pivot na opção **Median Point**.

Dica: Use o Clipping Border (**Alt + B**) quando for posicionar o plano de corte da maxila, de modo a visualizar apenas a área de interesse.

Aviso: Os planos de corte inseridos são posicionados de modo a facilitar o trabalho do usuário e não para fazê-lo de forma automática. Sendo assim, depois de inserir os planos automaticamente será necessário melhorar o seu posicionamento.

MANUAL

Permite ao usuário inserir manualmente os planos de corte.

Chin Plane: Cria um plano de corte horizontal na região do mento.

Left Ramus Plane e **Right Ramus Plane:** Cria planos de cortes verticais nas regiões do ramo da mandíbula.

Maxilla Plane: Cria um plano de corte horizontal dividido em duas partes ligeiramente inclinadas na região da maxila.

BOOLEAN

Permite ao usuário fazer osteotomias digitais por projeção de desenho. Para tal:

1. Selecione o osso desejado e observe-o em *Orthographic* pelo ponto de vista cujo o corte será projetado.
2. Desenhe o corte desejado com o botão **Draw Line**. É imprescindível que o desenho conte com uma pequena espessura, caso contrário o boolean não vai funcionar.
3. Para efetuar o corte utilize o botão **Subtract IN**.

DRAW

Oferece uma opção simples e direta de corte por desenho. Para tal:

1. Selecione o objeto a ser cortado.
2. Clique em **Draw Surface Line**, desenhe a linha de corte sobre o objeto e clique em **ENTER**.
3. Clique em **View Cut Line** para visualizar a linha de corte e alterá-la, se necessário.
4. Clique em **Cut Visible Line!** Para gerar o corte.

Importante: Os objetos originais, bem como o plano de corte resultante do desenho da linha serão enviados para a coleção **Copied_Objects**.

3.2.14 Dynamic

Nesta seção o usuário encontrará as ferramentas de configuração das osteotomias e deformação do tecido mole que estão divididas em: **DEFAULT**, **NOSE EXP.** e **EXPERIMENTAL SLICES**.

DEFAULT

Depois de cortar os ossos usando a osteotomia padrão (de quatro cortes), o usuário precisará:

1. Selecionar as peças e clicar em **Setup Osteotomy Auto** de modo a pigmentá-las e renomeá-las conforme as suas posições.
2. Selecionar a porção frontal da face e clicar em **Setup Soft Tissue Dynamics** para que os ossos irradiem as regiões de deformação que incidirão na malha da face. Após esse comando ao movimentar as osteotomias ele deformará a pele do paciente virtual.

Para visualizar os detalhes internos ou mesmo fazer cortes tridimensionais da estrutura, recorre-se ao botão **Clipping Border**.

Se o usuário adicionou pontos anatômicos e pretende parenteá-los às malhas próximas de modo a acompanhar a sua dinâmica, basta clicar em **Parent Points**.

NOSE EXP.

Nesta seção trabalha-se da mesma forma apresentada no **DEFAULT**, mas com a adição de alguns pontos anatômicos de modo a permitir a deformação do nariz:

1. Distribua os pontos de **Anatomical Points** ao longo do tecido mole.
2. Selecione as osteotomias e clique em **Setup Osteotomy Auto**.
3. Selecione a malha da face e clique em **Setup Soft Tissue Dynamics**.

Se o usuário adicionou pontos anatômicos e pretende parenteá-los às malhas próximas de modo a acompanhar a sua dinâmica, basta clicar em **Parent Points**.

EXPERIMENTAL SLICES

Diferente da configuração apresentada em Soft Tissue esta seção aceita um número ilimitado de osteotomias. Para fazer a sua projeção no tecido mole o usuário deverá:

1. Selecionar a malha relacionada a face e clicar em **Set Face and Hide**.
2. Selecionar as malhas relacionadas as osteotomias e clicar em **Setup Auto!**

Se o usuário adicionou pontos anatômicos e pretende parenteá-los às malhas próximas de modo a acompanhar a sua dinâmica, basta clicar em **Parent Points**.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Dynamic-John_Simpson.blend**.

3.2.15 Kinematic

É nesta seção que os trabalhos de planejamento cinemático acontecem, ou seja, o deslocamento e rotação das osteotomias gravadas no tempo.

Vertical Measurements

Uma vez que os pontos anatômicos foram inseridos, o usuário clicará em **Create Vertical Measurements**. Uma linha horizontal será criada na origem na cena (0,0,0) e uma série de cotas verticais brotarão dos dentes 11, 21, 23, 13, 16 e 26 até a linha criada.

Para ocultar/mostrar as cotas, basta clicar em **Show/Hide Measurements**.

Importante: Para que a visualização dos pontos e deslocamentos funcione corretamente é imprescindível parentear os pontos anatômicos em **Parent Points!**

Controllers

Responsável pela cinemática do pré e pós-operatório digital, esta seção permitirá ao usuário controlar todos os fatores relacionados ao tempo e espaço, podendo organizar as osteotomias nas posições iniciais clicando em **Start** e nas finais (pós) ao clicar em **End**.

Também pode-se ministrar a movimentação visual clicando no *play* ou retroceder ao início clicando no *play* reverso.

Para criar quadros-chaves de uma osteotomia, é necessário que o usuário:

1. Posicione o quadro desejado na Timeline.

2. Selecione a osteotomia.
3. Faça as modificações necessárias.
4. Clique no ícone da câmera para gravar as transformações.

Mandible Collision

Estas ferramentas simulam a colisão dos dentes utilizando como referência uma gravidade inversa. Para tal:

1. Configure a posição da maxilla na seção **Vertical Measurements**.
2. Clique em **Prepares Maxilla & Mandible**. O comando ocultará as osteotomias originais criando cópias estáticas.
3. Se necessário faça um pré-alinhamento do corpo da mandíbula, em seguida clique em **Solve Collision Inverted** e aguarde até a simulação começar. Se a simulação não for bem sucedida, reposicione a mandíbula e repita a operação.
4. Clique em **Contact Color** e aguarde até que seja apresentada a coloração de colisão.
5. Se tudo correr bem, pressione **ESC** para parar a animação e clique em **Apply!!!**

Piggyback

Esta seção oferece ao usuário a possibilidade de parentear (piggyback) e desparentear objetos, bastando selecionar os mesmos e clicar na opção desejada. Onde primeiro seleciona(m)-se o(s) filho(s) e por último o pai.

Capturing

Assim que a cinemática for definida, basta clicar em **Generate Data Action** para gerar a tabela de deslocamento dos pontos anatômicos que será apresentada na saída do Terminal.

Spreadsheet

Se o usuário deseja gerar uma planilha .CSV de toda a cinemática envolvida (osteotomias e cefalometria), basta clicar em **GENERATE REPORT**. O add-on chamará o explorador de arquivo e o LibreOffice para abrir a planilha. Se o usuário não dispuser do software, poderá então abrir o arquivo manualmente pelo explorador que já apresentará o diretório exportado.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Kinematic-John_Simpson.blend**.

3.2.16 Close Lips

Caso o usuário deseje fazer alguma intervenção manual, como o fechamento dos lábios ele pode recorrer a esta seção. Para tal:

1. Selecione a face e clique em **Create Shape Keys**.
2. Use as opções de escultura digital disponíveis e feche os lábios.
3. Assim que o trabalho estiver finalizado, clique em **OK! (Object Mode)**.

O usuário pode alternar entre a malha original e pós-escultura mudando o valor de **Value** entre 0 e 1. Onde 0 é o estado inicial e 1 o final pós-escultura.

3.2.17 Guide and Splint Creation

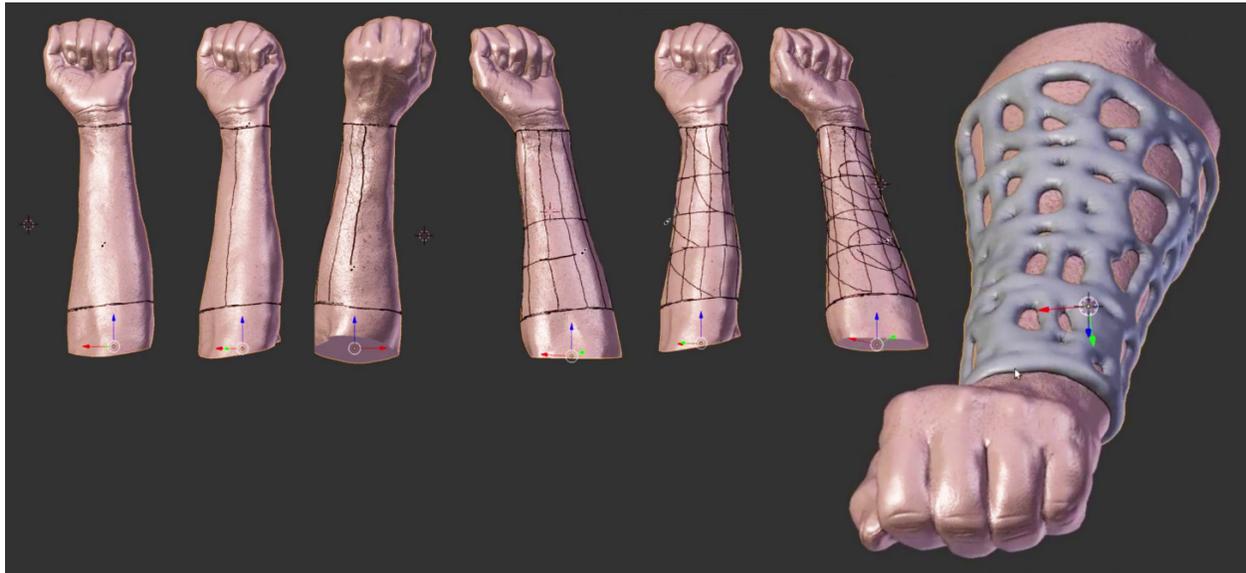


Fig. 13: Órtese de braço criada por desenho sobre a malha.

Free Draw Solid

Permite o desenho a mão livre de guias e objetos sobre a malha. Para tal:

1. Selecione a malha desejada.
2. Clique em **Draw Surface Line**, desenhe a linha correspondente ao objeto desejado e em seguida pressione **ENTER**.
3. Clique em **Create Solid by Line** e o objeto será criado sobre a malha.

Dica: Para engrossar ou afinar o objeto criado: 1) Entre em modo de edição, 2) Selecione todos os vértices com a tecla **A** e 3) Use o comando **ALT+S** aproximando ou distanciando o mouse.

Draw Line Tube

Permite a criação de guia ou objetos baseado em *spline* na forma de tubo.

1. Selecione o objeto onde os pontos serão posicionados.
2. Clique em **Create Points** e vá clicando sobre a região que pretende cortar.
3. Assim que finalizar o desenho clique no botão direito do mouse ou no **ESC**.
4. Clique em **Create Bezier Volume** e o objeto será criado sobre a malha.

Dica: O usuário pode engrossar ou afinar o nó do *bézier* selecionando um ou mais deles e clicando em **ALT+S**.

Aviso: Não se esqueça de clicar no **ESC** após criar os pontos desejados, caso contrário o programa continuará criando pontos em todos os lugares onde o usuário clicar no botão esquerdo do mouse!

Boolean

- **Difference:** Calcula Objeto 1 - Objeto 2 (A-B) ou Objeto 2 - Objeto 1 (B-A).
- **Union:** Unifica A+B ou B+A.
- **Intersect:** Gera um malha da intersecção de A e B.
- **MULTIPLE UNION:** Unifica malhas sem limite de objetos: A+B+C+D+E...

Boolean Segmentation

Em **Boolean Segmentation** o usuário pode fazer um desenho de corte no botão **Draw Line** e escolher se deseja apagar a área dentro do desenho (**Subtract IN**) ou fora dele (**Subtract OUT**).

Sculpture

Nesta seção o usuário pode lançar mão das ferramentas de escultura para corrigir os *splints* e guias de corte.

Splint

Uma vez que os pontos já estão posicionados nas arcadas superior e inferior e foram parenteados, o usuário pode criar as posições das osteotomias para a geração dos *splints* intermediário e final clicando em **Maxilla-Origin Mandible-Final**.

O usuário poderá corrigir manualmente a posição da mandíbula de modo que os dentes não se toquem e usar as ferramentas de cinemática para gravar os deslocamentos e rotações.

Assim que os quadros-chaves forem definidos, basta posicionar o marcador naquele desejado e clicar em **Create Splint** para que o *splint* seja gerado automaticamente tomando como referência os pontos anatômicos previamente colocados e parenteados.

O *splint* criado é apenas um elemento com espessura, mas não sulcado pelos dentes. Para proceder com a booleana clique em **Boolean Difference**.

Analise o *splint* e veja se tudo está correto, se sim, clique em **View Maxilla & Mandible** para visualizar as estruturas novamente.

Collision Test

Esta seção é útil para testar a retentividade de guias e *splints*, bem como a colisão de modelos de dentes.

Uma vez que o usuário definiu os dois objetos que serão usados na simulação, bem como se a gravidade for normal (**DEFAULT**) ou invertida (**INVERTED**), basta seguir os passos:

1. Selecione o dois objetos e clique em **Solve Collision**. Se o encaixe não ficar bom, basta mover as peças e repetir o processo até ficar do agrado do usuário.
2. Assim que o posicionamento for definido é possível ver o mapa de cor de aproximação clicando em **Contact Color**. O processo costuma demorar de alguns segundos a alguns minutos, dependendo das configurações do computador.
3. Se tudo deu certo, basta clicar em ESC e, em seguida, no botão **Apply!** para posicionar as peças na posição final de colisão.

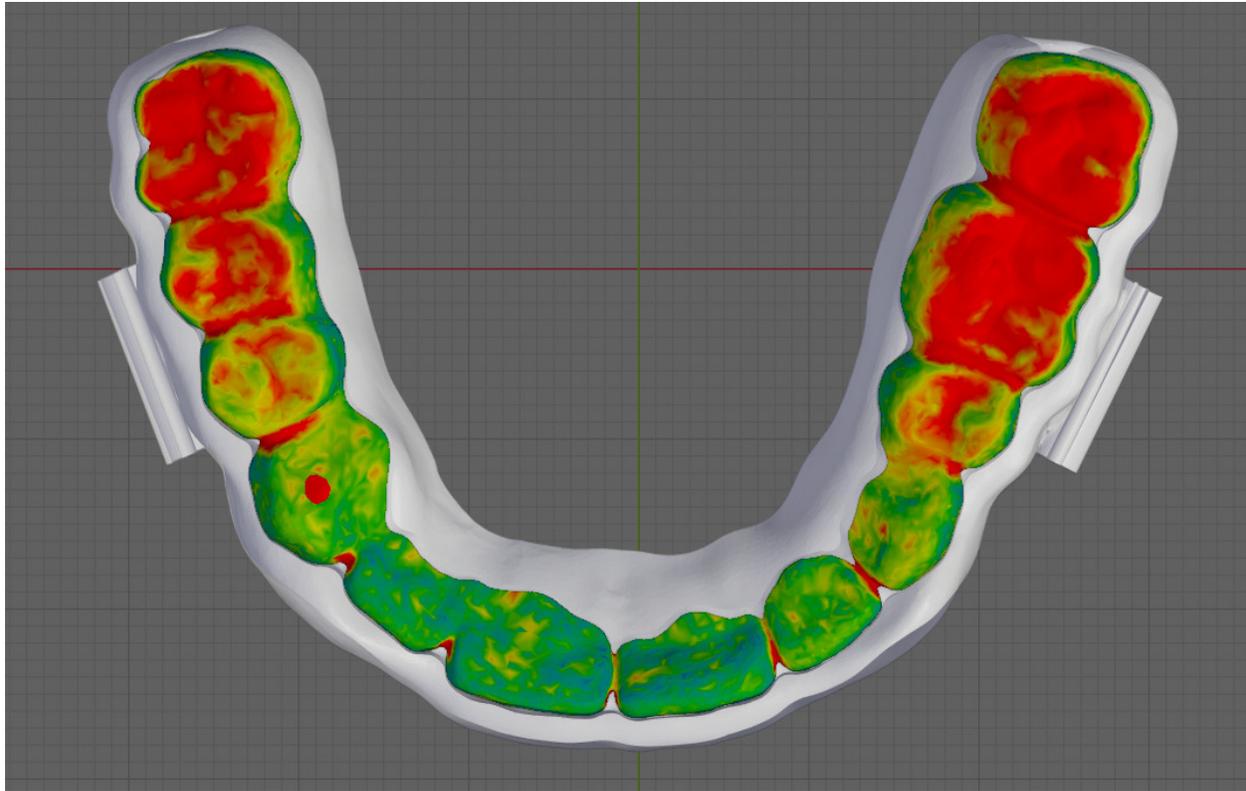


Fig. 14: Collision Test: Contact Color.

Finishing

Depois de finalizar o processo de planejamento o usuário encontrará nesta seção as ferramentas de preparação para a impressão 3D das peças resultantes.

Para prepara a peça para impressão 3D:

1. Selecione o objeto e clique em **Prepares 3D Printing**.
2. Assim que preparada a peça pode ser exportada em **Export STL**.

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **Guide-John_Simpson.blend**.

Instalação do OrtoGOnBlender no Windows

O Windows é o sistema operacional mais presente em computadores de mesa ao redor do mundo. Pensando em facilitar a vida dos seus usuários desenvolvemos um instalador que já provê todos os programas, bibliotecas e configurações necessárias para que o OrtoGOnBlender e demais addons possam funcionar plenamente.

Primeiramente baixe instalador no link:

<https://drive.google.com/file/d/1rMS9yuNxa7dVfmnjxdbb9qFnPOUEFRk/view?usp=sharing>

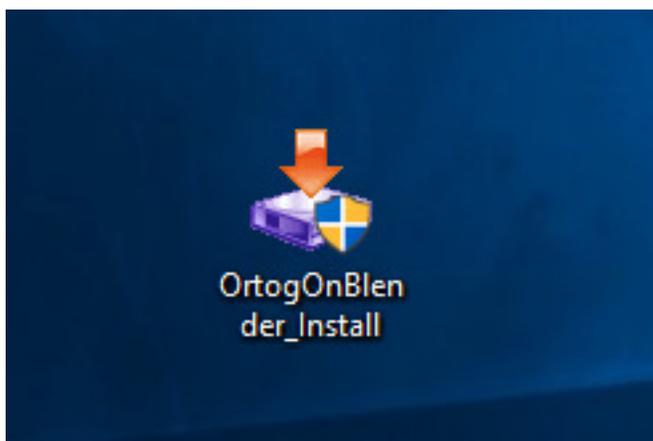


Fig. 1: Ícone de instalação do OrtoGOnBlender.

Assim que baixar, dê um duplo clique no arquivo **OrtoGOnBlender_install** (Fig. 1).

Na janela de confirmação que se abrirá clique em **Sim** (Fig. 2).

Assim que a janela de boas vindas for aberta, clique em **Próximo** (Fig. 3).

Clique em **Sim** para criar o diretório do OrtoGOnBlender (Fig. 4).

Aguarde até os arquivos serem copiados (Fig. 5).

Assim que a instalação for concluída, clique em **Próximo** (Fig. 6).

E em seguida em **Sair** (Fig. 7).

Para abrir o programa já configurado com o OrtoGOnBlender encontre o atalho na área de trabalho com o título **OrtoGOnBlender** (Fig. 8).

Ao executar o atalho o Blender será aberto juntamente com um terminal (Prompt do MS-DOS).

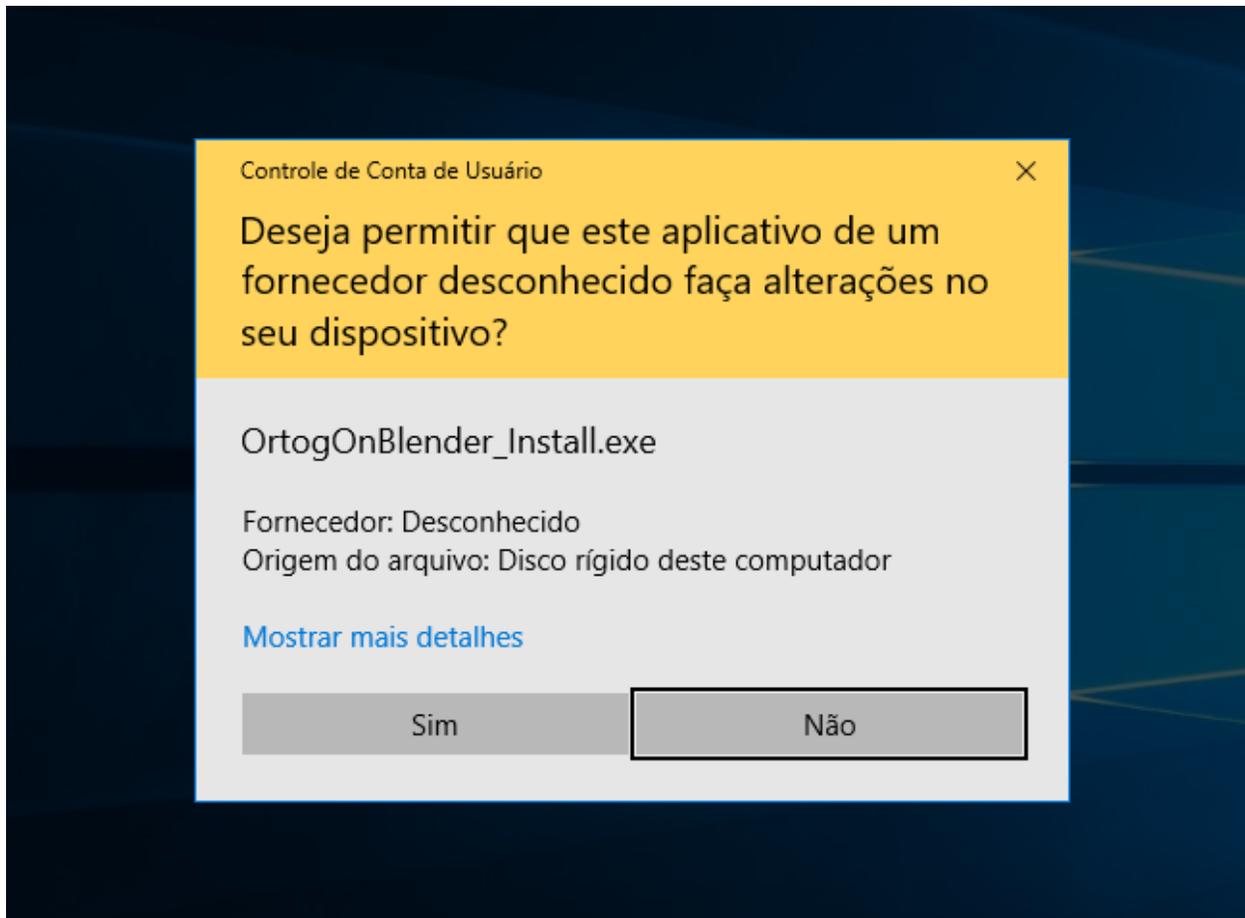


Fig. 2: Controle de Conta do Usuário apresentado antes da instalação.

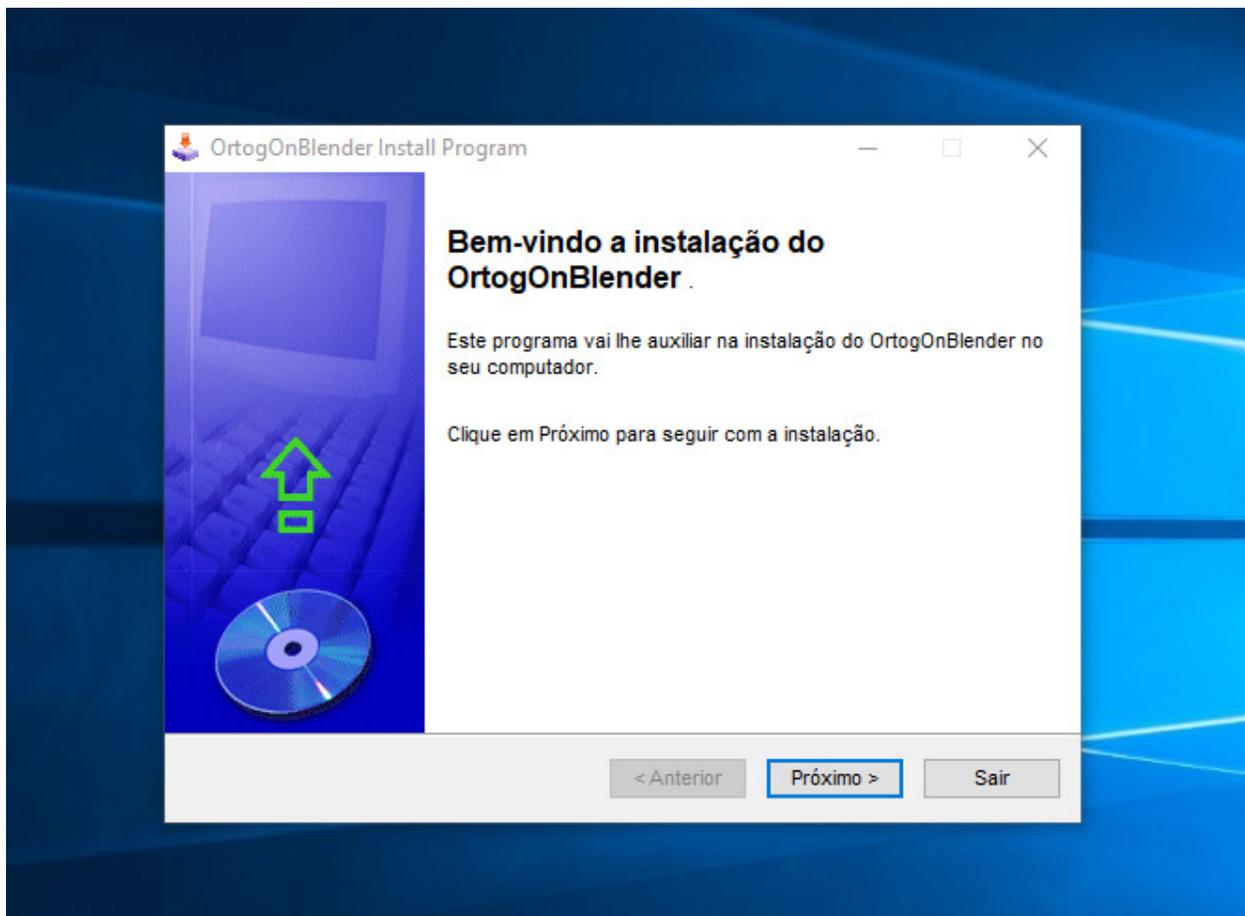


Fig. 3: Tela de boas vindas do OrtogOnBlender.

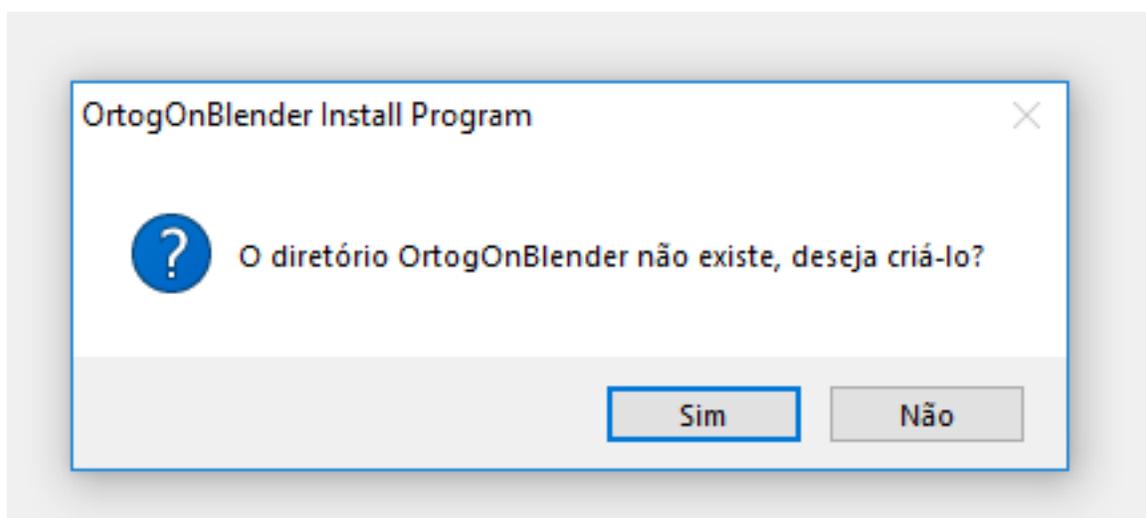


Fig. 4: Mensagem de criação de diretório (C:/OrtogOnBlender/).

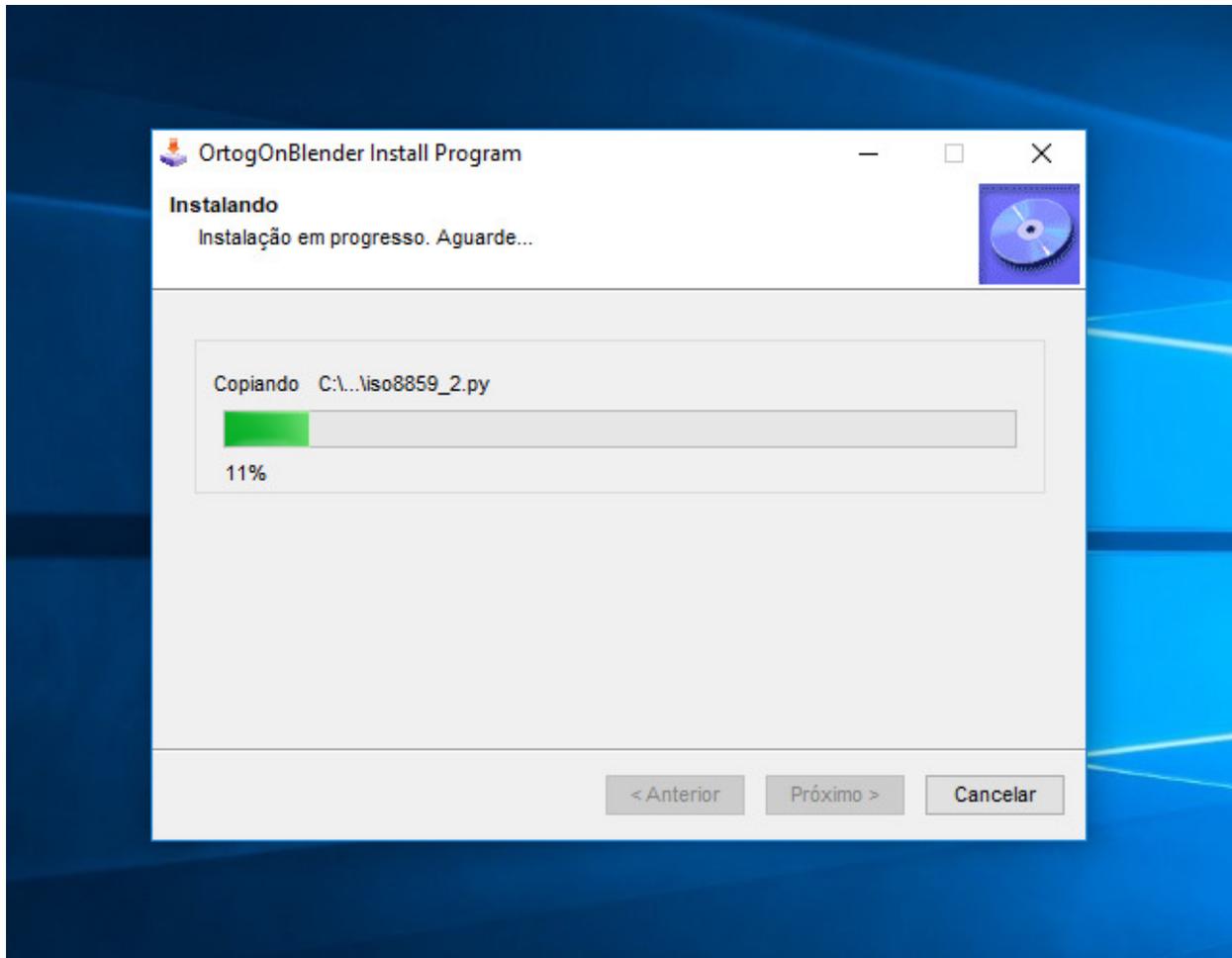


Fig. 5: Processo de cópia de arquivos para o diretório C:/OrtogOnBlender/.

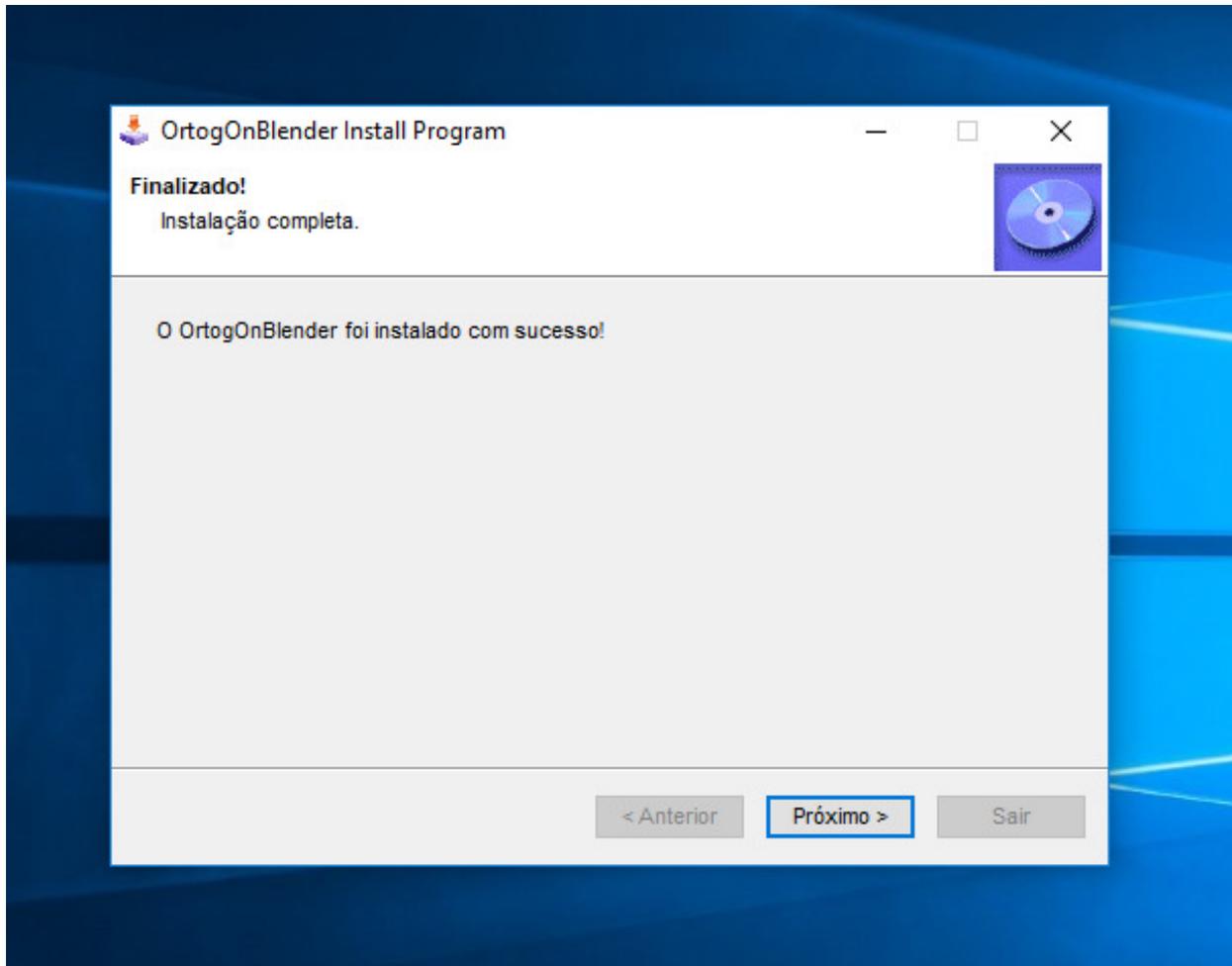


Fig. 6: Mensagem de sucesso na instalação.

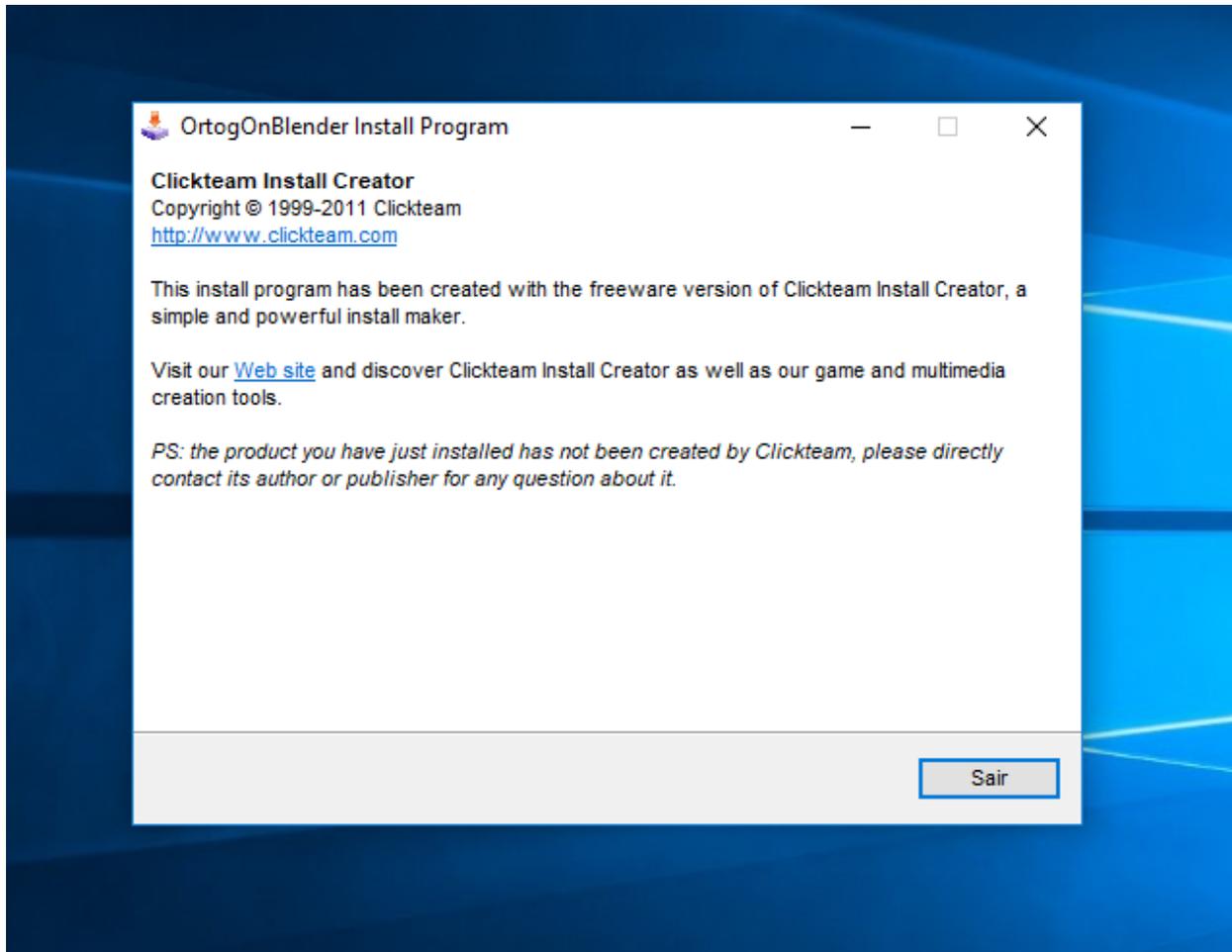


Fig. 7: Tela final da instalação.

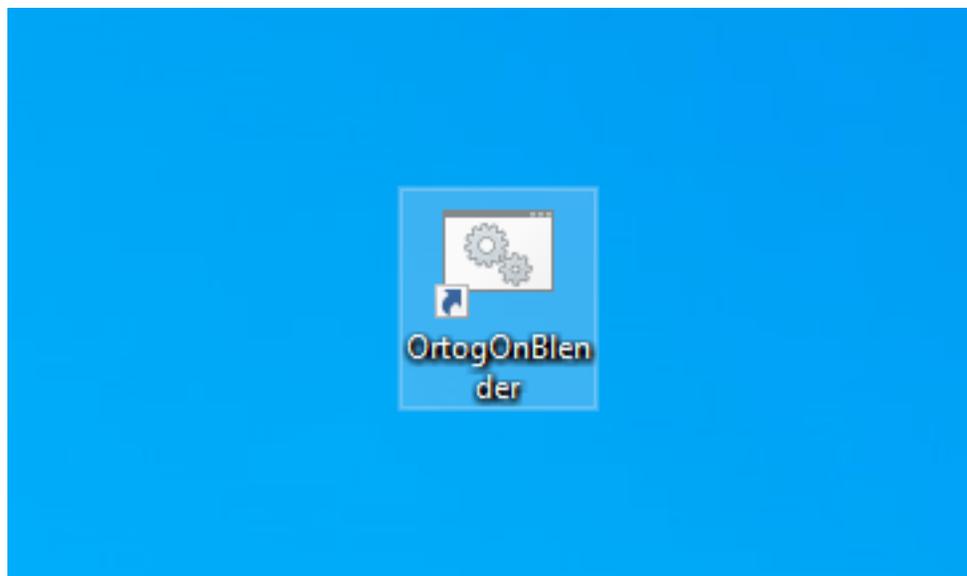


Fig. 8: Atalho do OrtogOnBlender no Desktop do Windows.

Aviso: Não feche o terminal, ao fechá-lo o Blender também será finalizado!

Se não aparecer o OrtogOnBlender no menu iniciar, o executável estará no seguinte local:

C:/OrtogOnBlender/Blender280/blender.exe

4.1 Instalar Bibliotecas do Sistema

Para evitar que apareçam algumas mensagens de erro (MSCVP140.dll, MSCVP100.dll, MSVCPT10.dll e outros) relacionadas a bibliotecas inexistentes, será necessário instalar alguns componentes do Windows, disponíveis no site da Microsoft.

Importante: Não se preocupe se ao instalar algumas (ou todas as) bibliotecas, aparecerem mensagens de erro. Isso indicará que as mesmas já estão presentes no seu sistema!

A primeira biblioteca pode ser baixada aqui:

<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=53840>

Clique em **Download**, para baixar o Microsoft Visual C++ 2015 Redistributable Update 3.

Escolha a opção **vc_redist.x64.exe** e clique em **Next**.

Instale o executável.

A segunda pode ser baixada aqui:

<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=26999>

Clique em **Download**, escolha a opção **vc_redist.x86.exe** e clique em **Next**.

Instale o executável.

A terceira pode ser baixada aqui:

<https://www.microsoft.com/en-us/download/confirmation.aspx?id=30679>

Instale o executável (**vc_redist.x64.exe**).

Aviso: Preste muita atenção nos dois primeiros links e nos dois executáveis a serem selecionados, um é de **64-bit** e outro é de **32-bit**. Siga estritamente as recomendações propostas no tutorial sob pena dos programas não funcionarem corretamente.

4.2 Como Atualizar Manualmente em Caso de Erro

O atualizador do OrtogOnBlender costuma funcionar muito bem na maioria das vezes, mas eventualmente pode apresentar problemas, principalmente por conta de uma conexão defeituosa na internet. Em face disso, uma solução fácil é instalar o *add-on* pelo terminal de comando (Prompt do MS-Dos).

Vá até o menu inicial do Windows e clique na região de busca (Fig.9).

Digite **cmd** (Fig 10).

Assim que digitado o Prompt de Comando será apresentado (Fig 11).

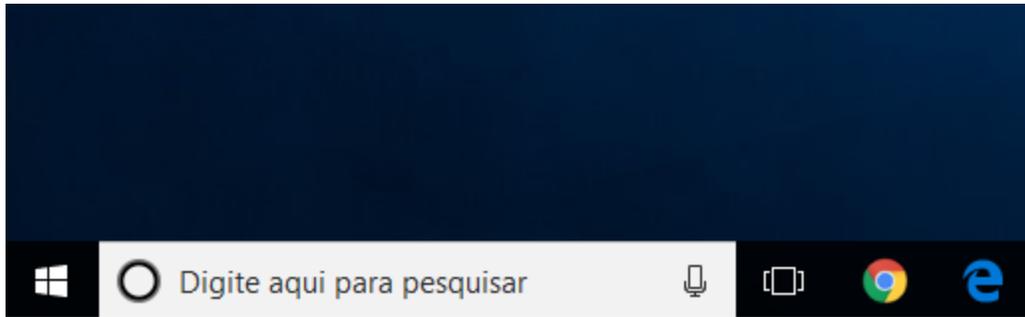


Fig. 9: Menu iniciar do Windows.



Fig. 10: Digitação do conteúdo da busca.

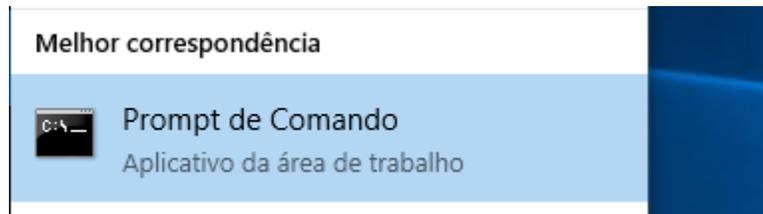


Fig. 11: Apresentação do Prompt de Comando.

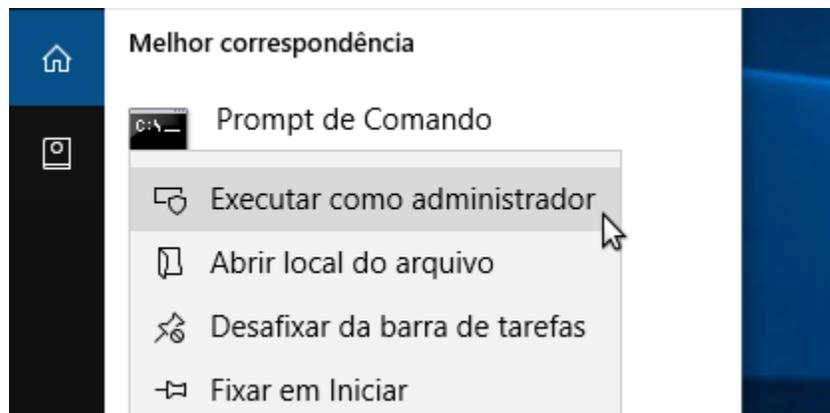


Fig. 12: Executando comando como Administrador.

Mova a seta sobre o Prompt de Comando e clique no botão direito do mouse, em seguida selecione a opção "Executar Como Administrador" (Fig 12).

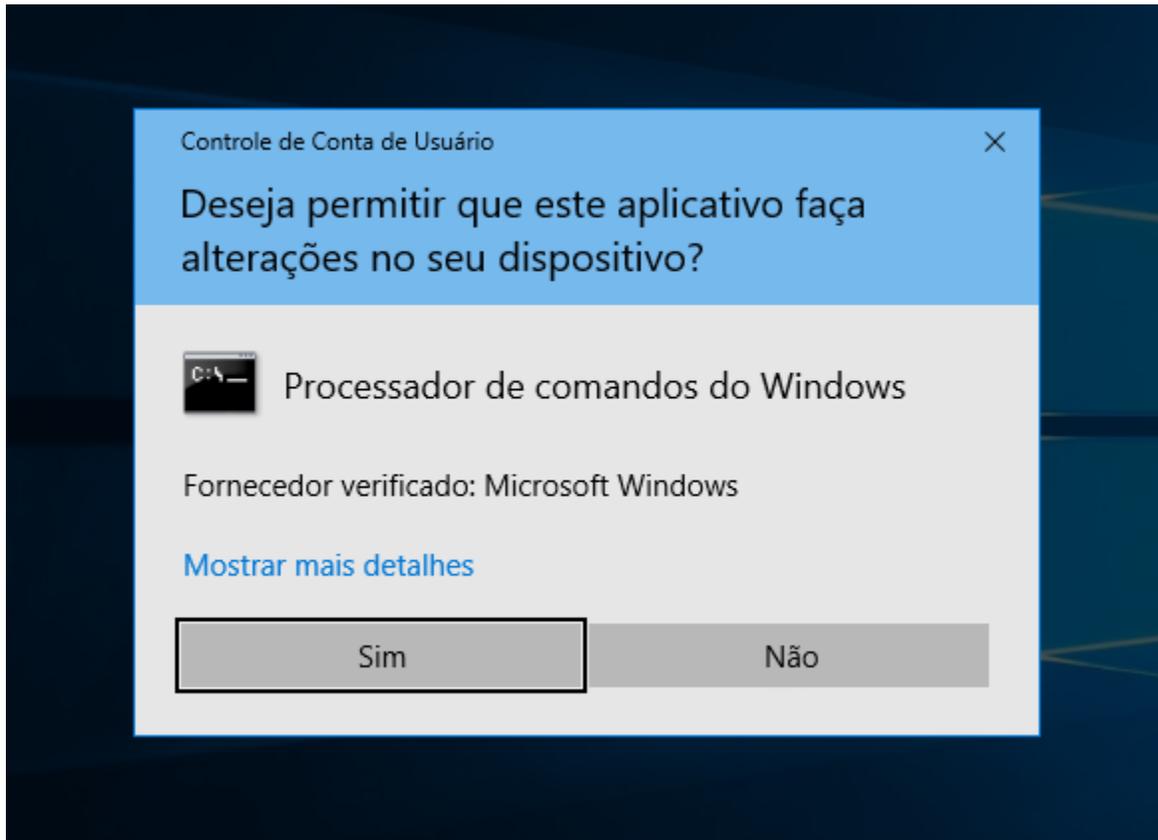


Fig. 13: Janela de permissão de execução como Administrador.

Assim que a janela de permissão for apresentada clique em **Sim** (Fig 13).

O Prompt de Comando será aberto em modo Administrador (Fig 14). Assim que aberto, copie e cole o seguinte comando:

```
cd C:/OrtogOnBlender/Blender280/2.80/scripts/addons && ^
rd /s /q OrtogOnBlender-master && ^
C:/OrtogOnBlender/Python27/python.exe -c "import urllib; urllib.urlretrieve ^
('http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/addon/280/OrtogOnBlender-
master.zip', ^
'OrtogOnBlender-master.zip')" && ^
C:/OrtogOnBlender/7-Zip/7z x OrtogOnBlender-master.zip && ^
del OrtogOnBlender-master.zip
```

Assim que copiar clique em **Enter** e aguarde até o cursor retornar ao modo de edição e a instalação estará finalizada. O Blender pode ser aberto, já com o OrtogOnBlender em funcionamento.

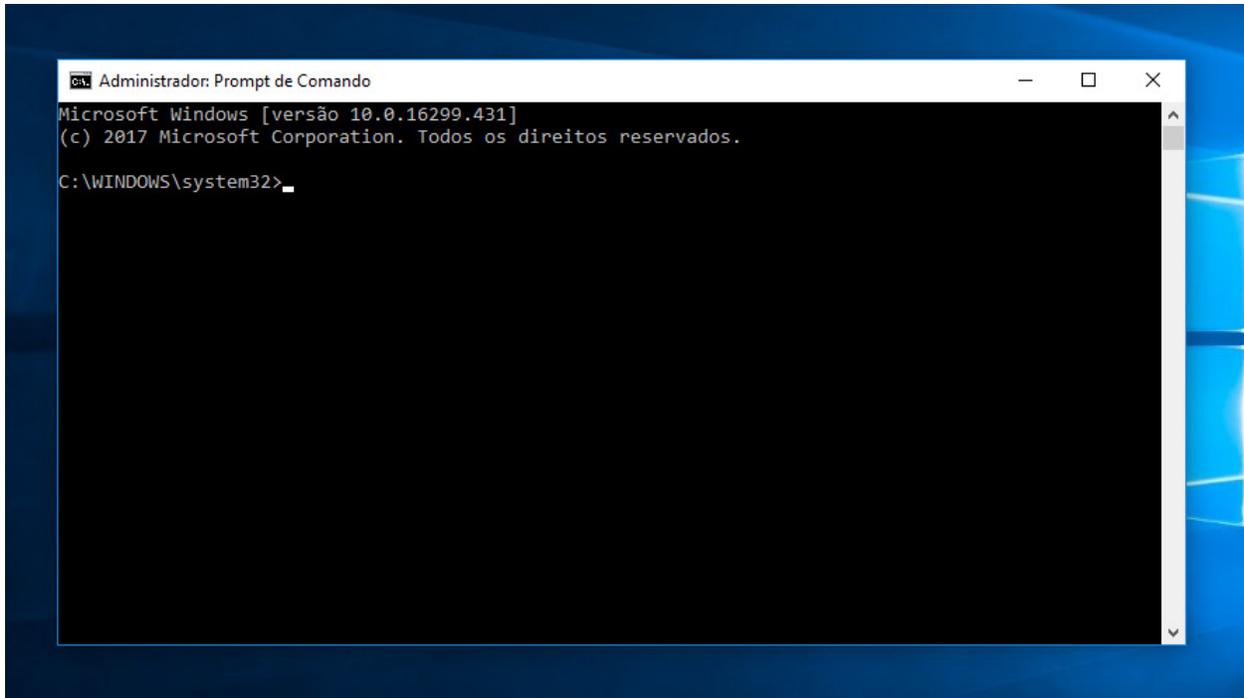


Fig. 14: Prompt de Comando em modo Administrador.

4.3 Instalando o Linux no Windows para Rodar o SMVS e o IMG2DCM

A fotogrametria efetuada por padrão pelo **OpenMVS** apresenta bons e rápidos resultados na maioria das vezes, no entanto em alguns casos o algoritmo falha e deixa o usuário na mão. Pensando em resolver esse problema foi disponibilizada mais uma robusta opção de fotogrametria, o **SMVS**.

O problema do SMVS até pouco tempo atrás era a diferença de performance do Mac OS X e do Linux em relação ao Windows, este último bem mais lento que os demais. Felizmente o Windows conta com a possibilidade de rodar aplicativos do Linux dentro do seu sistema, permitindo assim portarmos soluções de um sistema operacional para outro. Além do SMVS essa instalação também permitira o uso do **IMG2DCM**, que como o próprio nomes indica, converte uma sequência delas em arquivos DICOM.

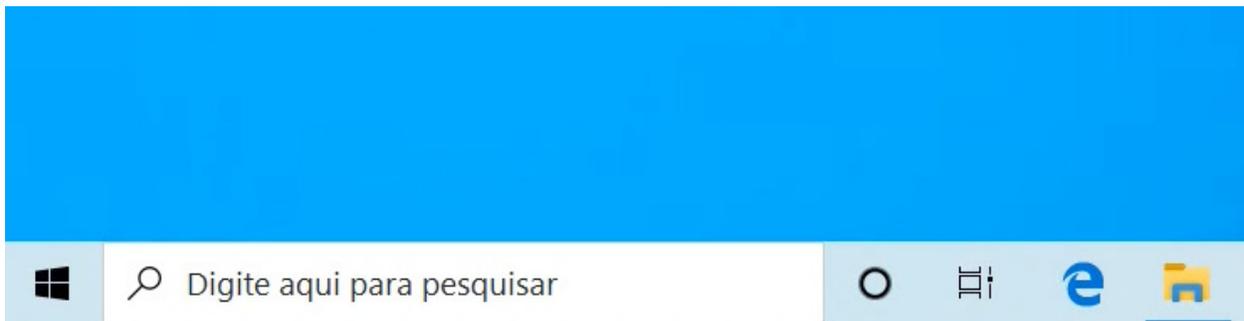


Fig. 15: Campo de pesquisa do Windows.

Inicialmente é necessário abrir o **PowerShell** na busca disponível em **"Digite aqui para pesquisar"** (Fig. 15), próximo ao menu iniciar do Windows.

Escreva **powershell** até aparecer um menu e em seguida na parte direita superior do mesmo, logo abaixo do nome do aplicativo, clique na opção **"Executar como Administrador"** (Fig. 16).

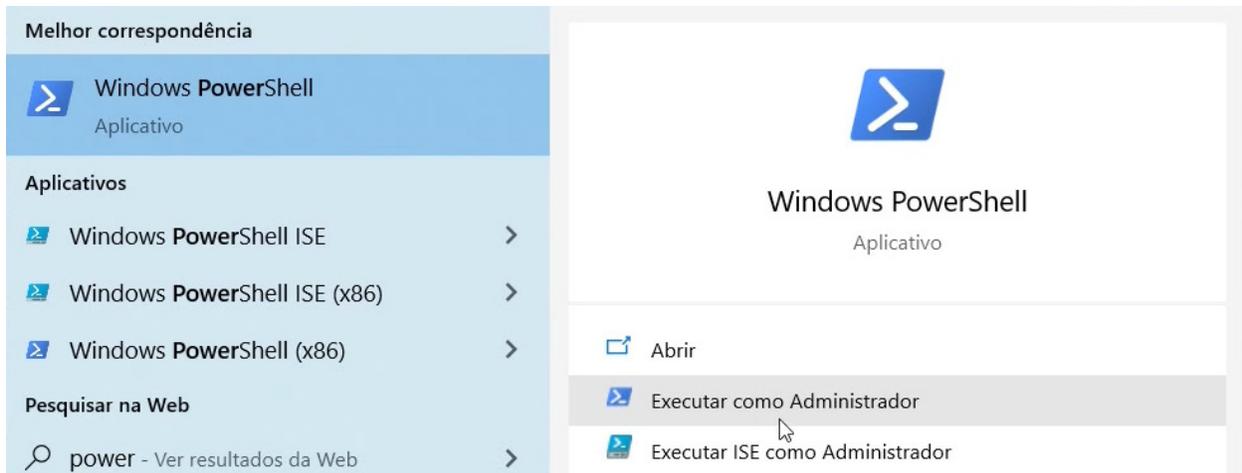


Fig. 16: Executando o PowerShell como Administrador.

Assim que o terminal abrir, copie o comando abaixo:

```
Enable-WindowsOptionalFeature -Online -FeatureName Microsoft-Windows-Subsystem-Linux
```

Em seguida mova o mouse sobre o terminal aberto e clique no botão direito do mouse para colar o comando.

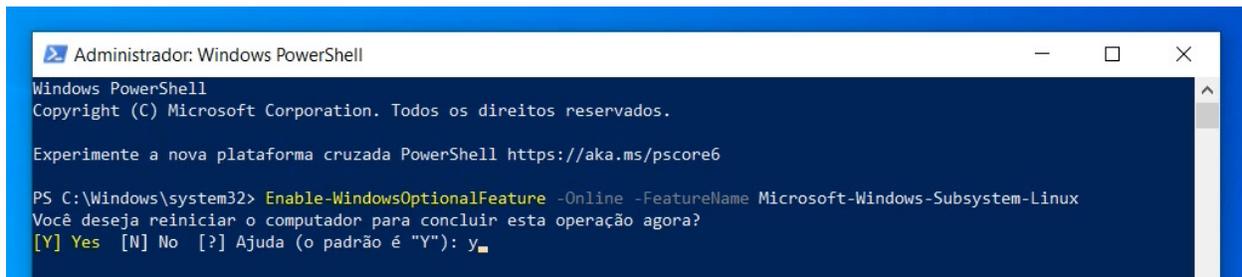


Fig. 17: PowerShell com o comando de ativação do WSL.

O sistema vai solicitar a reinicialização, para proceder com a mesma, clique em **y** e em seguida em Enter. O computador será reiniciado.

Agora é chegado o momento de fazer a instalação do Ubuntu, para isso é necessário abrir o Microsoft Store e buscar pelo programa em **Pesquisar**. Escolha a opção **Ubuntu 18.04 LTS**.

Em seguida clique em **Instalar** e aguarde até finalizar.

Assim que finalizar, clique em **Iniciar**.

O terminal será aberto, aguarde até aparece a mensagem para entrar com um usuário.

- Ao aparecer a mensagem: **"Enter new UNIX username:"**, informe o nome de um usuário, como por exemplo **linux3dcs** e em seguida clique no **Enter**;
- Ao aparecer a mensagem: **"Enter new UNIX password:"**, informe uma senha nova, como por exemplo **3dcscomp** e em seguida clique no **Enter**;
- Repita a informação para a confirmação da senha.

Pronto, uma mensagem de sucesso será apresentada bem como o nome do usuário logo abaixo em caracteres verdes.

Assim que os caracteres aparecerem copie e cole o seguinte comando abaixo:

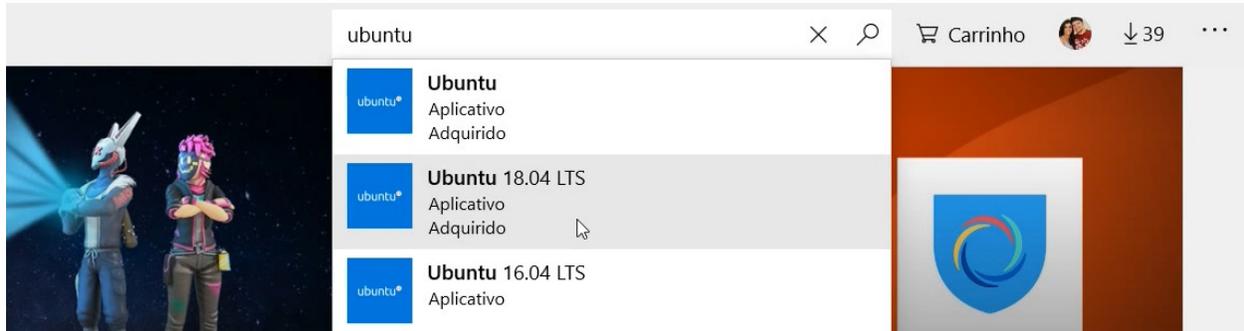


Fig. 18: Selecionando a opção **Ubuntu 18.04 LTS** no Microsoft Store.

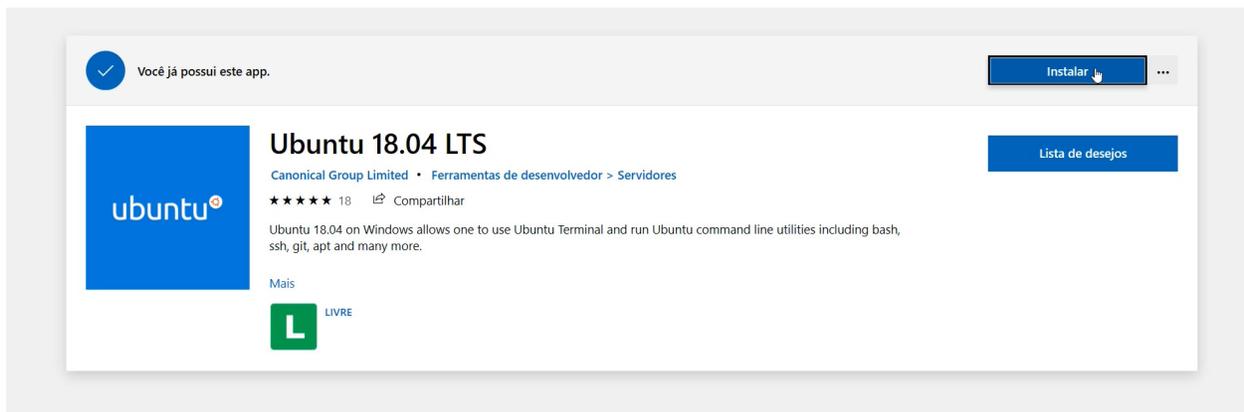


Fig. 19: Instalando o **Ubuntu 18.04 LTS**.



Fig. 20: Iniciando o **Ubuntu 18.04 LTS**.

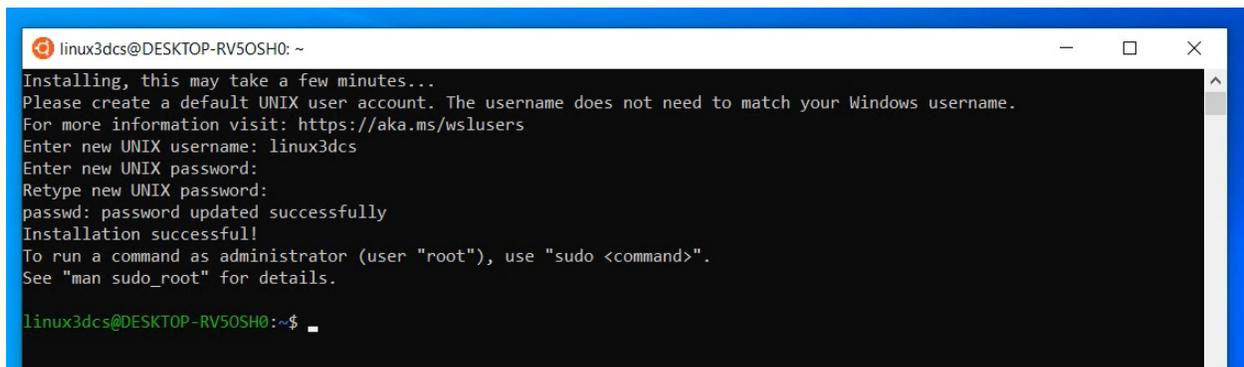


Fig. 21: WSL já em funcionamento.

```
sudo apt-get update
```

Dê **Enter**, informe a senha, **Enter** novamente e aguarde até aparecerem os caracteres verdes outra vez. Assim que isso acontecer, copie e cole o seguinte comando:

```
sudo apt-get upgrade
```

Será necessário afirmar a atualização dos pacotes, para isso, clique em **y** e em seguida **Enter**. Aguarde até que a operação seja finalizada, isso pode levar alguns minutos.

Quando terminar a atualização, copie e cole esse comando:

```
sudo apt-get install libgmpxx4ldbl libvtk6.3 libboost-program-options1.65.1 \  
libboost-serialization1.65.1 libopencv-calib3d3.2 libboost-iostreams1.65.1 \  
exiftool dcmtool vtk-dicom-tools imagemagick libheif-examples python3-pip \  
python-gdcm python-vtkgdcm python-vtk-dicom python-vtk6 python-numpy \  
python3-pil python3-numpy
```

Em seguida clique em **Enter**.

Esse processo costuma demorar de meia a uma hora. Quando os caracteres verdes aparecerem a instalação estará finalizada e o **SMVS** bem como o **IMG2DCM** disponíveis para uso.

Instalação do OrtoGOnBlender no Mac OS X

Aviso: Se você está lendo este documento em uma versão traduzida pelo Google, por exemplo, não copie e cole os quadros de comando (texto nos retângulos) porque o tradutor altera o conteúdo deles e isso pode comprometer o sistema operacional. **Use os comandos do texto original!**

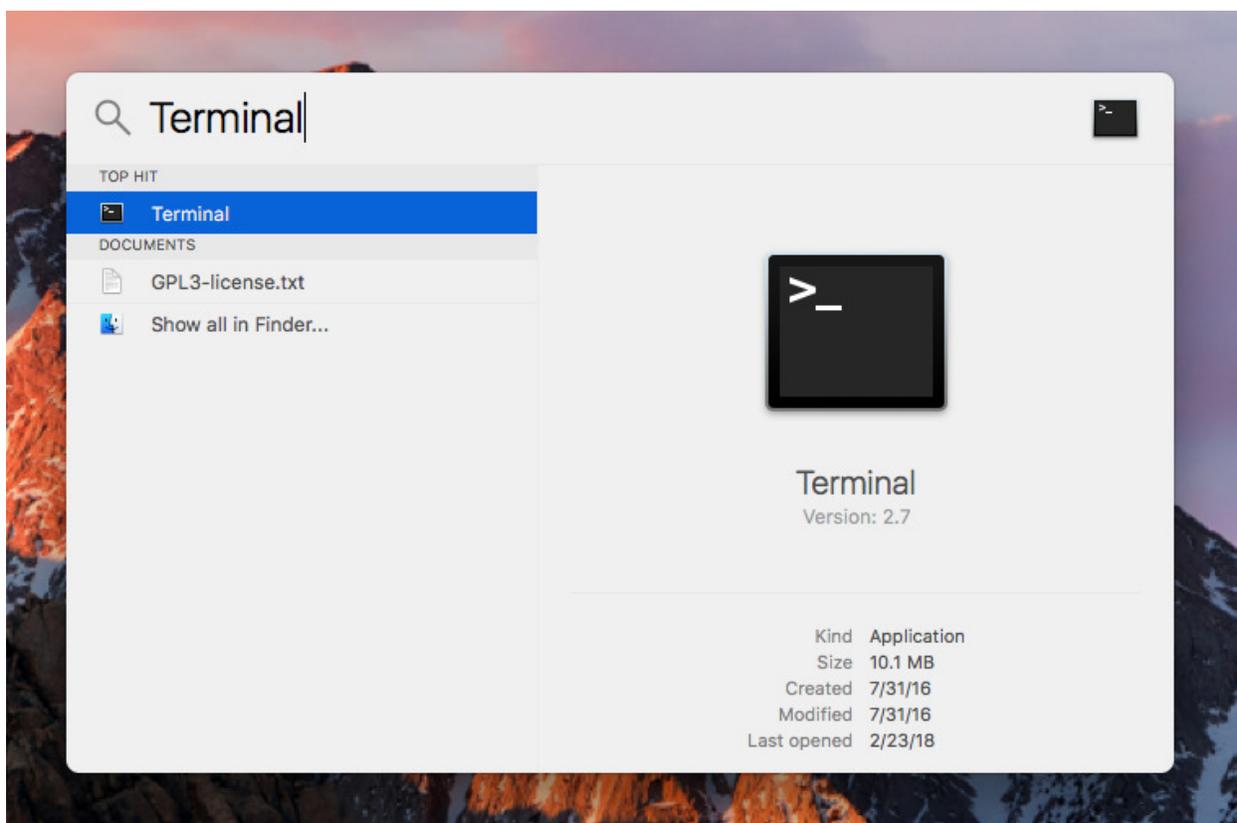


Fig. 1: Spotlight com a busca do Terminal.

Você necessitará de algumas bibliotecas para os programas funcionarem e para isso precisará abrir o terminal. Use o **CMD + Espaço** e digite **Terminal**, antes de completar a palavra já aparecerá o ícone correspondente (Fig.1).

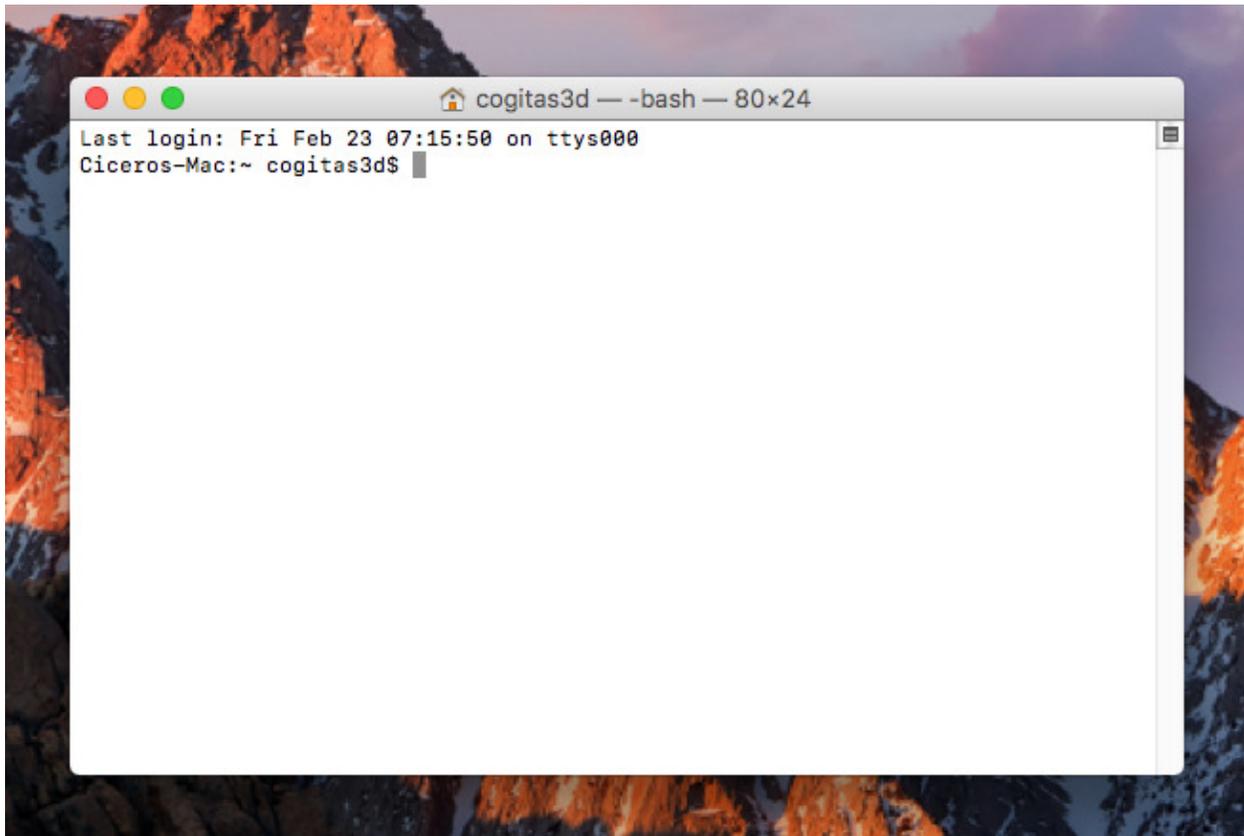


Fig. 2: Terminal aberto no Mac OS X.

Uma vez que o Terminal esteja aberto podemos partir para os demais comandos (Fig. 2). Separamos ele para que fique mais fácil identificar algum eventual problema no decorrer do processo.

Aviso: Você precisará informar a senha de usuário em algum momento!

Prepara a instalação apagando arquivos indesejados:

```
rm -Rfv $HOME/Programs/OrtogOnBlender && \
rm -Rfv $HOME/Programs/.DS_Store && \
rm -Rfv $HOME/Downloads/OrtogOnBlender* && \
rm -Rfv $HOME/Downloads/Blender* && \
rm -Rfv $HOME/Library/Application\ Support/Blender && \
rm -Rfv $HOME/Library/Application\ Support/.DS_Store && \
mkdir $HOME/Programs
```

Baixar todas as bibliotecas necessárias:

```
/usr/bin/ruby -e \
"$(curl -fsSL https://raw.githubusercontent.com/Homebrew/install/master/install)" && \
brew install vtk gmp opencv ceres-solver cgal wget exiftool gdcmm imagemagick dcm2c
```

Instala as bibliotecas de segmentação da face:

```
python3 -m ensurepip && \
python3 -m pip install opencv-python && \
python3 -m pip install dlib && \
python3 -m pip install imutils
```

Aviso: Se a instalação demorar mais do que 15 minutos, feche o terminal, abra-o novamente e continue a partir do próximo bloco de comandos.

Baixar os programas e arquivos de configuração:

```
cd $HOME/Downloads && \
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/MacOSX/Blender.zip && \
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/MacOSX/OrtogOnBlender.zip
```

Instalação do OrtogOnBlender e dos arquivos de configuração:

```
cd $HOME/Downloads && rm -Rfv .DS_Store && \
rm -Rfv __MACOSX && rm -Rfv OrtogOnBlender && \
unzip $HOME/Downloads/OrtogOnBlender.zip && \
mv $HOME/Downloads/OrtogOnBlender $HOME/Programs/ && \
cd $HOME/Downloads && rm -Rfv .DS_Store && \
rm -Rfv __MACOSX && rm -Rfv Blender && \
unzip $HOME/Downloads/Blender.zip && \
mv Blender $HOME/Library/Application\ Support/
```

Se tudo correr bem basta abrir o Blender:

```
$HOME/Programs/OrtogOnBlender/Blender280/blender.app/Contents/MacOS/blender
```

Se você desejar criar um atalho que já abra o Blender acompanhado do Terminal, siga este tutorial: <https://www.youtube.com/embed/BrVF7tmJlII>

5.1 Como Atualizar Todo o Sistema

Caso seja necessário atualizar um sistema já instalado, siga com os seguintes comandos.

Aviso: Essa seção serve apenas para quem já havia instalado o OrtogOnBlender no Mac OS X e deseja atualizá-lo!

Apague todos os arquivos instalados anteriormente:

```
rm -Rfv $HOME/Programs/OrtogOnBlender && \  
rm -Rfv $HOME/Programs/.DS_Store && \  
rm -Rfv $HOME/Downloads/OrtogOnBlender* && \  
rm -Rfv $HOME/Downloads/Blender* && \  
rm -Rfv $HOME/Library/Application\ Support/Blender && \  
rm -Rfv $HOME/Library/Application\ Support/.DS_Store
```

Atualize o Homebrew:

```
brew upgrade
```

Importante: Aguarde até o Homebrew finalizar a atualização, o que pode demorar um pouco!

Baixar os programas e arquivos de configuração:

```
cd $HOME/Downloads && \  
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/MacOSX/Blender.zip && \  
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/MacOSX/OrtogOnBlender.zip
```

Instalação do OrtogOnBlender e dos arquivos de configuração:

```
cd $HOME/Downloads && rm -Rfv .DS_Store && \  
rm -Rfv __MACOSX && rm -Rfv OrtogOnBlender && \  
unzip $HOME/Downloads/OrtogOnBlender.zip && \  
mv $HOME/Downloads/OrtogOnBlender $HOME/Programs/ && \  
cd $HOME/Downloads && rm -Rfv .DS_Store && \  
rm -Rfv __MACOSX && rm -Rfv Blender && \  
unzip $HOME/Downloads/Blender.zip && \  
mv Blender $HOME/Library/Application\ Support/
```

Se tudo correr bem basta abrir o Blender:

```
$HOME/Programs/OrtogOnBlender/Blender280/blender.app/Contents/MacOS/blender
```

5.2 Como Atualizar o Add-on Manualmente em Caso de Erro

O atualizador do OrtogOnBlender costuma funcionar muito bem na maioria das vezes, mas eventualmente pode apresentar problemas, principalmente por conta de uma conexão defeituosa na internet ou mesmo por erro de escrita no Mac OS X. Em face disso, uma solução fácil é instalar o *add-on* por terminal de comando.

Abra o terminal, copie e cole os seguintes comandos:

```
cd $HOME/Downloads && rm -Rfv OrtogOnBlender-master* && \  
if [ -f "OrtogOnBlender-master.zip" ]; then echo "tem arquivo" && rm OrtogOnBlender-  
↪master.zi*; fi && \  
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/addon/280/OrtogOnBlender-  
↪master.zip && \  
rm -Rfv $HOME/Library/Application\ Support/Blender/2.80/scripts/addons/OrtogOnBlender-  
↪master && \  
unzip OrtogOnBlender-master.zip && \  
mv OrtogOnBlender-master $HOME/Library/Application\ Support/Blender/2.80/scripts/  
↪addons/
```

Agora basta abrir o OrtogOnBlender.

```
$HOME/Programs/OrtogOnBlender/Blender280/blender.app/Contents/MacOS/blender
```

Se tudo der certo o *add-on* estará atualizado.

Instalação do OrtoGOnBlender no Linux

O OrtoGOnBlender foi inicialmente desenvolvido no Linux. Durante muito tempo rodava plenamente apenas neste sistema operacional e até hoje há uma tendência dos programas serem mais rápidos nesta plataforma, quando o desempenho é comparado com o Mac OS X e o Windows, sendo o último o mais lento de todos.

O sistema foi testado no **Ubuntu 18.04** e é fortemente recomendado que o usuário utilize esta versão.

6.1 Instalando as Bibliotecas Necessárias

Instala as bibliotecas gerais:

```
sudo apt-get install libgmpxx4ldbl libvtk6.3 libboost-program-options1.65.1 \  
libboost-serialization1.65.1 libopencv-calib3d3.2 libboost-iostreams1.65.1 \  
exiftool dcmtk vtk-dicom-tools imagemagick libheif-examples python-gdcm \  
python-vtk6 python-vtkgdc cmake python3-pip
```

Instala as bibliotecas de segmentação da face:

```
pip3 install opencv-python && \  
pip3 install dlib && \  
pip3 install imutils
```

6.2 Baixando e Instalando os Executáveis

Primeiramente entre no seu diretório de usuário:

```
cd $HOME
```

Crie um diretório chamado **Programs**:

```
mkdir Programs && cd Programs
```

Baixe os executáveis do OrtoGOnBlender:

```
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/Linux/OrtogOnBlender.zip
```

Descompactando o arquivo:

```
unzip OrtogOnBlender.zip
```

Se desejar apagar o arquivo baixado para economizar espaço:

```
rm OrtogOnBlender.zip
```

Agora entre no diretório do Blender do usuário:

```
cd ~/.config/blender/ && rm -Rfv 2.80*
```

Baixe o arquivo:

```
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/Linux/2.80.zip
```

Descompacte o arquivo:

```
unzip 2.80.zip
```

Copie a biblioteca do DicomToMesh para o /usr/lib:

```
cd ~/Programs/OrtogOnBlender/Dicom2Mesh/ && sudo cp libdicom2meshlib.so /usr/lib/
```

Se preferir faça um link simbólico.

Se desejar apagar o arquivo baixado para economizar espaço:

```
rm 2.80.zip
```

Agora basta abrir o Blender com o seguinte comando:

```
~/Programs/OrtogOnBlender/Blender280/blender
```

6.3 Atualização do OrtogOnBlender

Caso você deseje atualizar o programa, **siga com a instalação das bibliotecas necessárias** descrita nos passos acima. Em seguida mova o diretório do OrtogOnBlender para uma versão de backup:

Instala as bibliotecas gerais, caso alguma tenha ficado de fora em relação a versão atual:

```
sudo apt-get install libgmpxx4ldbl libvtk6.3 libboost-program-options1.65.1 \
libboost-serialization1.65.1 libopencv-calib3d3.2 libboost-iostreams1.65.1 \
exiftool dcmtool vtk-dicom-tools imagemagick libheif-examples python-gdcm \
python-vtk6 python-vtkgdc cmake python3-pip
```

Instala as bibliotecas de segmentação da face, caso não tenha instalado:

```
pip3 install opencv-python && \
pip3 install dlib && \
pip3 install imutils
```

```
cd ~/Programs/ && rm -Rfv OrtogOnBlender*
```

Baixe os executáveis do OrtogOnBlender:

```
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/Linux/OrtogOnBlender.zip
```

Descompactando o arquivo:

```
unzip OrtogOnBlender.zip
```

Configurando o diretório de usuário:

```
cd ~/.config/blender/ && rm -Rfv 2.80*
```

Baixe e descompacte os arquivos do usuário:

```
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/Linux/2.80.zip && unzip ↵  
↵2.80.zip
```

Agora basta abrir o Blender com o seguinte comando:

```
~/Programs/OrtogOnBlender/Blender280/blender
```


RhinOnBlender - Planejamento de Rinoplastia Digital

7.1 O que é o RhinOnBlender

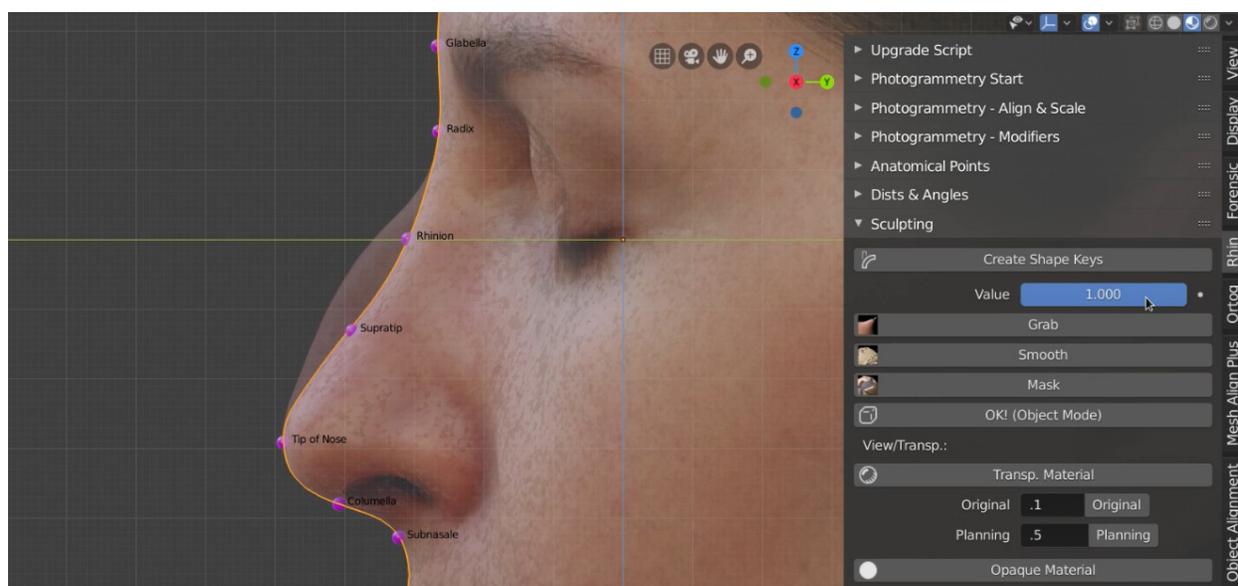


Fig. 1: Interface do RhinOnBlender.

O RhinOnBlender é um *add-on* de planejamento de rinoplastia criado por Cicero Moraes¹⁵, Dr. Pablo Maricevich¹⁶, Dr. Everton da Rosa¹⁷ e Dr. Rodrigo Dornelles¹⁸.

Inicialmente distribuído como um addon *standalone*, a partir da versão 2.80 do Blender foi absorvido pelo OrtoGOnBlender e hoje funciona como um módulo do mesmo.

¹⁵ <http://fb.me/ciceromoraes3d>

¹⁶ <http://avivacirurgioplastica.com.br/quem-somos/>

¹⁷ <http://fb.me/drevertondarosa>

¹⁸ <https://www.rodrigodornelles.com/>

Aviso: O RhinOnBlender não é um software de diagnóstico e uso clínico, mas uma ferramenta didática de ensino de planejamento de rinoplastia. **A utilização do mesmo para qualquer fim é de inteira responsabilidade do usuário.**

7.2 Aspectos Técnicos Pormenorizados

Nesta seção o usuário encontrará o passo-a-passo para proceder com o planejamento de rinoplastia digital utilizando o RhinOnBlender.

Importante: A sequência de comandos foi originalmente proposta pelo cirurgião plástico Dr. Pablo Maricevich, baseado em sua experiência analógica e posteriormente digital, sob o auxílio técnico do autor (Cicero Moraes).

7.2.1 Upgrade Script

É importante que o usuário sempre esteja com a versão mais atualizada do script, para isso, ao abrir o addon basta clicar em "UPGRADE RHIN!". O funcionamento do sistema, bem como demais explicações acerca da numeração está disponível em: [Upgrade Script](#) (OrtogOnBlender).

7.2.2 Patient's name

Antes de iniciar o projeto é importante colocar o nome do paciente, bem como o sobrenome, respeitando as normas descritas em: [Patient's Name](#) (OrtogOnBlender).

7.2.3 Photogrammetry Start!

A forma mais utilizada de digitalização de faces pelos usuários do sistema é a digitalização por fotografias, ou fotogrametria.

Para mais detalhes sobre as ferramentas de fotogrametria ver: [Photogrammetry Start](#) (OrtogOnBlender).

Para mais detalhes sobre as ferramentas de fotogrametria ver: [Protocolo de Fotogrametria da Face](#).

Para mais detalhes sobre como proceder com as fotografias ver: [Protocolo de Fotogrametria da Face](#).

7.2.4 Photogrammetry Align & Scale

Para detalhes acerca de como alinhar e redimensionar a fotogrametria vá em: [Photogrammetry Align & Scale](#) (OrtogOnBlender).

7.2.5 Anatomical Points

Nesta seção o usuário posiciona os pontos anatômicos de modo a extrair ângulos e medidas necessárias para o diagnóstico que resultará na harmonização facial.

Antes de prosseguir com os trabalhos é obrigatória a criação de uma cópia da face, de modo que os comandos posteriores funcionem corretamente. Para isso basta selecionar a face digitalizada e clicar em **COPY FACE!**

São disponibilizados dois grupos de pontos anatômicos. O grupo **Calculation Points** fornece os pontos necessários para os ângulos e distâncias essenciais para um diagnóstico básico de harmonia facial.

O grupo **Control Points** conta com os pontos anatômicos relacionados a medidas secundárias, mas necessárias para, dentre outras coisas, identificar assimetria na região nasal.

Depois que os pontos são posicionados é necessário parenteá-los ao tecido mole com o botão **Parent Points**.

7.2.6 Dists & Angles

Depois de posicionar os pontos é chegado o momento de analisar os valores, assimetrias e afins.

Para facilitar a visualização as assimetrias e estruturas o usuário pode ativar uma série de linhas de auxílio em **View Lines!** e ocultá-las em **Hide Lines!**.

Os pontos anatômicos em algum momento podem atrapalhar a experiência do usuário ao poluir a área de trabalho, quando isso acontecer basta recorrer ao botão **Hide Anatomical Points** e caso seja necessário visualizá-los novamente basta clicar em **Show Anatomical Points**. Há ainda a opção de ocultar apenas o nome do pontos anatômicos, neste caso basta clicar em **Hide Names**. Se desejar visualizar novamente os nomes o usuário precisará clicar em **Show Names**.

Para ver todos os valores disponíveis (segundos os pontos colocados), clique em **CALC ALL!**, os ângulos e medidas serão apresentados nos campos descritos abaixo do botão.

Se porventura o usuário esquecer de adicionar algum ponto anatômico e isso não permitir gerar os resultados pretendidos depois de calcular os ângulos e medidas, a seção apresenta botões com os pontos necessários para cada um dos resultados. Caso o usuário tenha se esquecido de algum ponto, ele se apresentará como botão clicável.

7.2.7 Sculpting

Assim que o diagnóstico for feito pelo especialista e uma vez que a face esteja selecionada o usuário precisará clicar em **Create Shape Keys**. Assim que o botão é clicado outras opções se colocam à disposição para que o trabalho de planejamento de rinoplastia seja efetuado.

Em **Value** o usuário poderá acompanhar a interpolação do antes e do depois da rinoplastia digital.

Importante: O campo **Value** só funcionará se o usuário alterar a forma da face com a escultura digital, caso contrário não haverá a interpolação antes-depois posto que se trata de uma mesma estrutura!

São oferecidas três ferramentas de escultura digital:

- **Grab:** Estica e retrai a parte esculpida.
- **Smooth:** Alisa a parte esculpida.
- **Mask:** Isola a parte que não se deseja modificar.

Assim que o processo de escultura digital for completado o usuário clicará em **OK! (Object Mode)** para retornar ao Modo de Objeto.

Há a possibilidade de deixar o modelo transparente para que as comparações e medições sejam efetuadas. Ative a transparência no botão **Transp. Material**. Por padrão os valores das transparências da face original (**Original**) e da com rinoplastia digital (**Planning**) serão setadas em 0.30 (valor que vai de 0 a 1). Para alterar a transparência, mude o valor que se encontra na caixa desejada e em seguida o botão correspondente ao modelo desejado.

Para retornar a opacidade original do material clique em **Opaque Material**.

Em **Clipping Border** o usuário poderá fazer um filete mantendo apenas a área de interesse para que visualize as linhas correspondentes ao pré original e o pós digital.

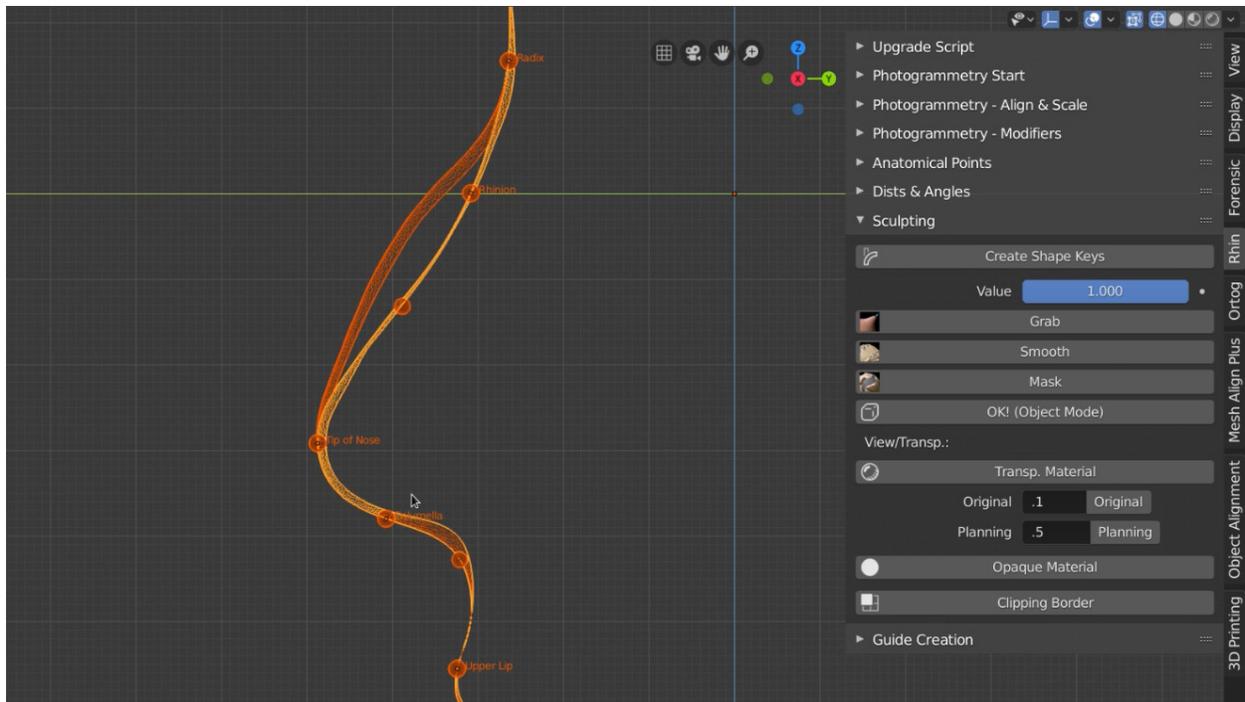


Fig. 2: Pré original x pós digital com o Clipping Border.

7.2.8 Guide Creation

O RhinOnBlender permite a criação semiautomática de guia cirúrgico externo, para isso o usuário precisa colocar os pontos anatômicos disponíveis em **Anatomical Points** e em seguida clicar em **Create Nose Guide!**

Aviso: Para que o sistema de criação de guia funcione é imprescindível que o usuário siga o passo-a-passo desde o começo, sob a pena do comando não rodar corretamente!

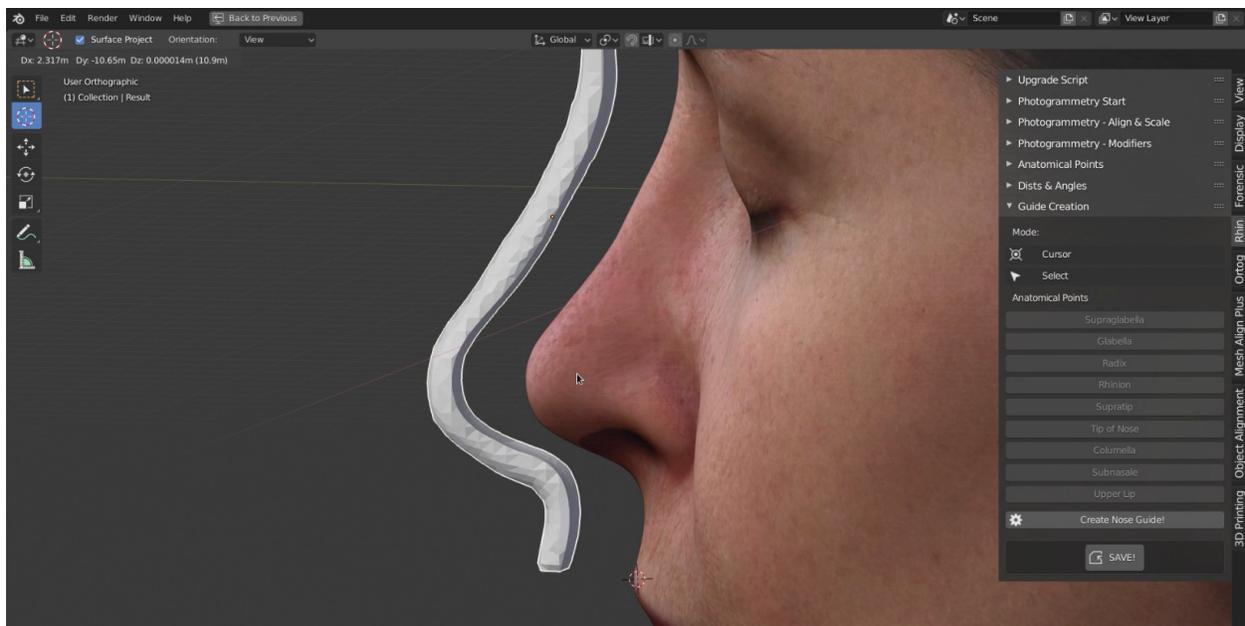


Fig. 3: Guia criado a partir dos pontos anatômicos.

Comparando 7 Sistemas de Fotogrametria 3D. Qual se Saiu Melhor?

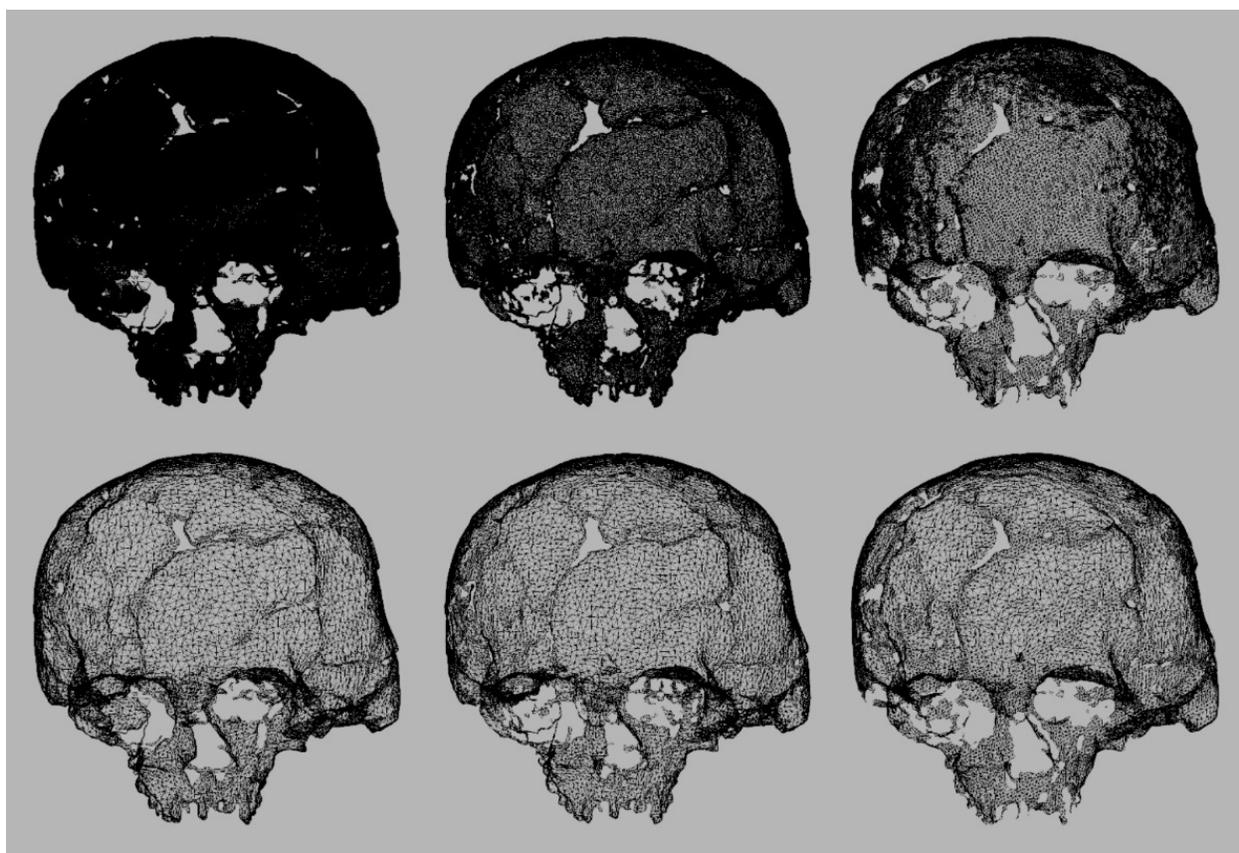


Fig. 1: O mesmo crânio digitalizado com sistemas distintos de fotogrametria.

8.1 Introdução

Quando explicamos às pessoas que a fotogrametria é um processo de digitalização 3D a partir de fotografias, sempre recebemos um olhar de desconfiança, pois a priori parece algo fantástico demais para ser verdade. Imagine só, fazer várias fotos de um objeto, enviá-las a um algoritmo e ele devolver um modelo 3D já texturizado. Uau!

Depois de apresentarmos o modelo, a segunda pergunta dos interessados sempre orbita em torno da precisão. Qual a acurácia de uma digitalização 3D por fotografia? A resposta é: submilimétrica. E outra vez somos surpreendidos por um olhar de desconfiança. Felizmente, a nossa equipe [apresentou um pôster¹⁹](#) sobre um experimento que demonstrou um desvio médio de 0.78 mm, isso mesmo, menos de um milímetro em relação a digitalizações efetuadas com um scanner 3D de ponta [DMS+13].

Assim como o mercado de scanners 3D, na fotogrametria temos inúmeras opções de softwares para proceder com as digitalizações. Existem desde soluções proprietárias e fechadas até abertas e livres. E justamente, frente a essa sorte de programas e soluções é que vem a terceira pergunta até então não respondida, ao menos oficialmente:

Qual programa de fotogrametria é o melhor?

Essa pergunta é mais difícil de responder, até porque depende muito da situação. Mas, pensando nisso e em face de uma série de abordagens que tomamos ao longo do tempo, decidimos responder da forma que julgamos mais ampla e justa possível, foi assim que surgiu esse material.

Importante: Esse texto fora escrito antes da implementação do *add-on* OrtogOnBlender e serviu como base para a escolha dos sistemas de fotogrametria fornecidos por ele. Julgamos importante a colocação do mesmo na obra, para que o leitor compreenda os caminhos percorridos para o desenvolvimento da ferramenta, ao passo que se inteirasse do processo de fotogrametria como um todo.

8.2 O Crânio do Senhor de Sipán

Em julho de 2016 um dos autores viajou até Lambayeque, no Peru, onde ficou frente a frente com o crânio do Senhor de Sipán, um importante rei de uma antiga civilização peruana. Ao analisá-lo percebeu que seria possível [reconstruir a sua face²⁰](#) utilizando a técnica de reconstrução facial forense [Arc17]. O crânio, no entanto, estava quebrado e deformado (Fig. 2) por conta dos anos de pressão ao qual sofrera em sua tumba encontrada completa em 1987, um dos maiores feitos da arqueologia do séc. XX, protagonizado pelo Dr. Walter Alva [CA09].

O fotógrafo profissional Raúl Martín, do Departamento de Marketing da Universidade Inca Garcilaso de la Vega tomou 96 fotos com uma câmera Canon EOS 60D. Dessas todas, selecionamos 46 imagens para proceder com o experimento.

Um dia depois do levantamento fotográfico, o Ministério da Cultura do Peru enviou especialistas em digitalização a laser para escanear o crânio do Senhor de Sipán portando um equipamento Leica ScanStation C10. A nuvem de pontos final foi enviada 15 dias depois, ou seja, quando recebemos os dados do scanner a laser todos os modelos levantados por fotogrametria estavam prontos.

As nuvens de pontos resultantes do escaneamento eram arquivos .LAS e .E57. O software CloudCompare oferece a possibilidade de importar arquivos .E57. Uma vez aberto foi exportado como .PLY, importado no MeshLah (Fig. 4) e então reconstruída a malha 3D através do algoritmo Poisson (Fig. 5).

Como apresentado na imagem (Fig. 4) também foram digitalizadas a mandíbula e a superfície da mesa onde as peças se encontravam. A parte relacionada ao crânio foi isolada e limpa, para que o experimento fosse efetuado. Não trataremos desses detalhes aqui, posto que o escopo é outro.

¹⁹ https://www.researchgate.net/publication/301700753_Escaneamento_3D_por_fotogrametria_e_software_livre_aplicado_a_Reconstrucao_Facial_Forense

²⁰ http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/salalmprensa/noticias/arquivos/migracao/2016/09/CTI_Renato_Archer_participa_da_restituicao_facial_de_lider_mochica_morto_ha_2_mil_anos.html

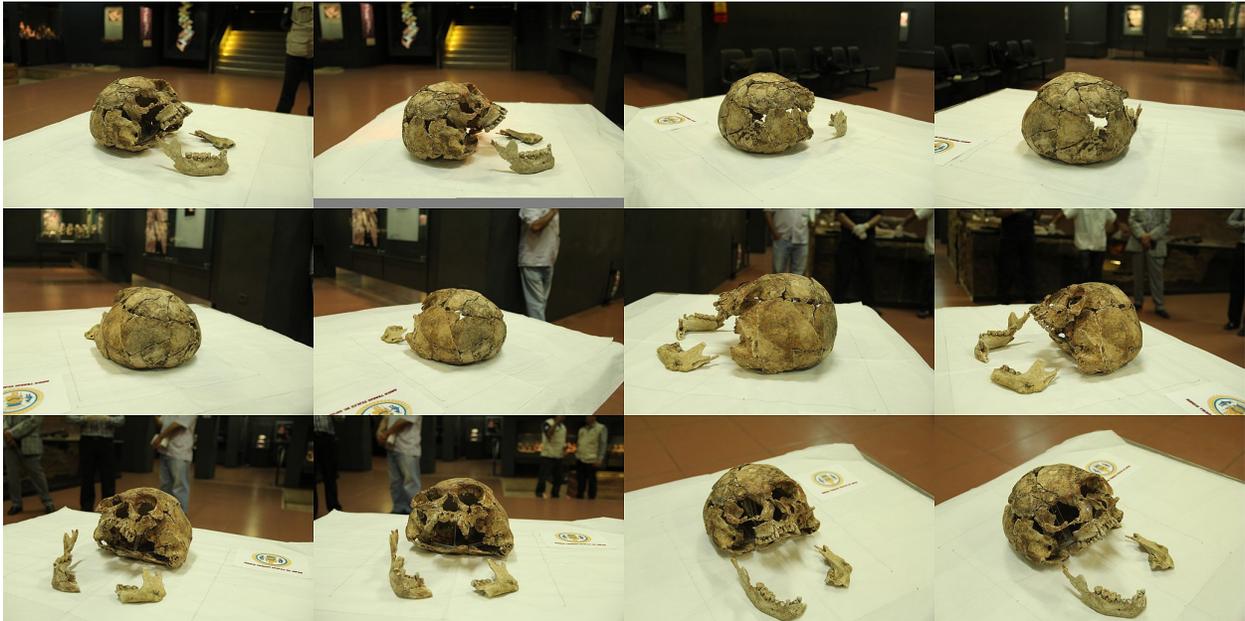


Fig. 2: Algumas das 46 fotos tiradas com uma Canon EOS 60D.



Fig. 3: Especialista do Ministério da Cultura do Peru iniciando o processo de digitalização do crânio (ao centro), sob a observação do autor Cicero Moraes.

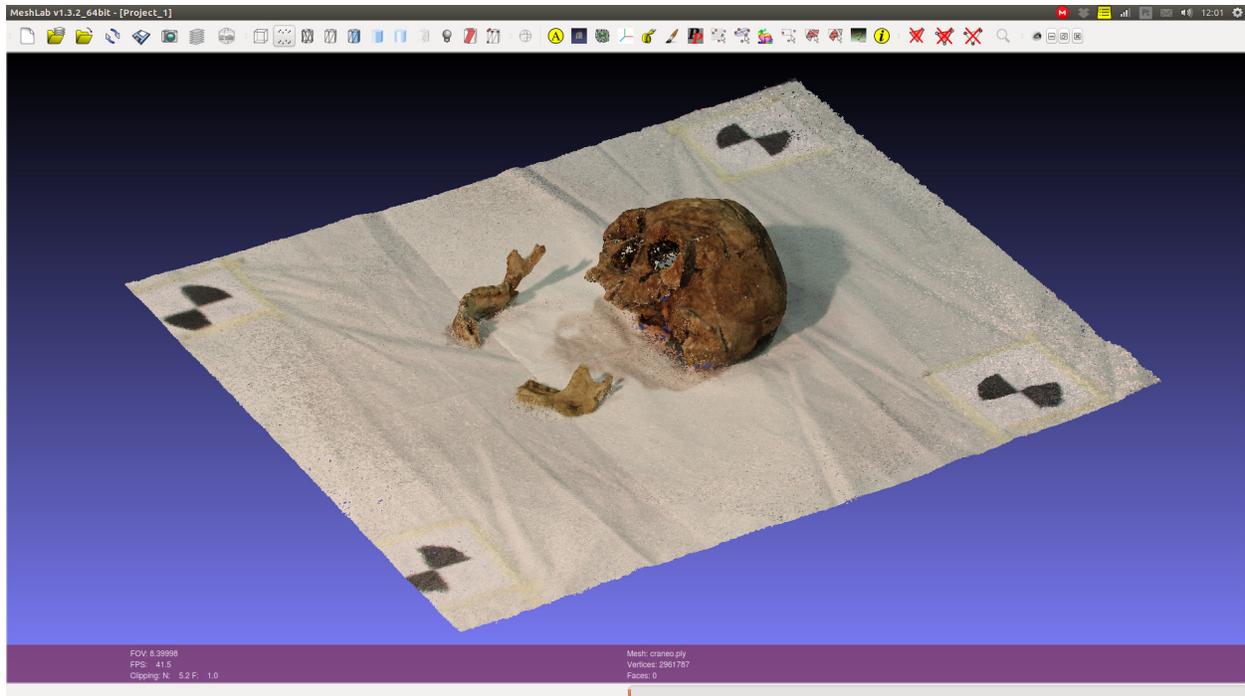


Fig. 4: Nuvem de pontos completa importada no MeshLab depois da conversão efetuada no CloudCompare

8.3 Sistemas de Digitalização 3D Escolhidos

8.3.1 OpenMVG + OpenMVS

OpenMVG²¹ (Open Multiple View Geometry library) + OpenMVS²² (Open Multi-View Stereo reconstruction library): A nuvem esparsa de pontos é calculada no OpenMVG e a nuvem densa de pontos no OpenMVS.

- **Prós:** Software livre, por ser acessado via linha de comando permite a criação de script, converte a nuvem densa de pontos em uma malha 3D e gera textura a partir das fotos. Roda em Windows, Linux e Mac.
- **Contras:** Precisa ser compilado para gerar um executável ao sistema operacional escolhido. O CCD da câmera precisa estar setado no sistema. O arquivo Bundler (posição das câmeras no espaço) apresenta problemas de alinhamento.

Importante: Quando este documento foi escrito, em 2016 o OrtogOnBlender não existia e, logo, não oferecia as versões compiladas para cada sistema operacional. Na verdade, o fato de se tratar de um programa disponível em código fonte se mostrou um alento a favor, posto que permite criar executáveis para o Linux, Windows e Mac OS X.

²¹ <https://github.com/openMVG/openMVG>

²² <https://github.com/cdcseacave/openMVS>

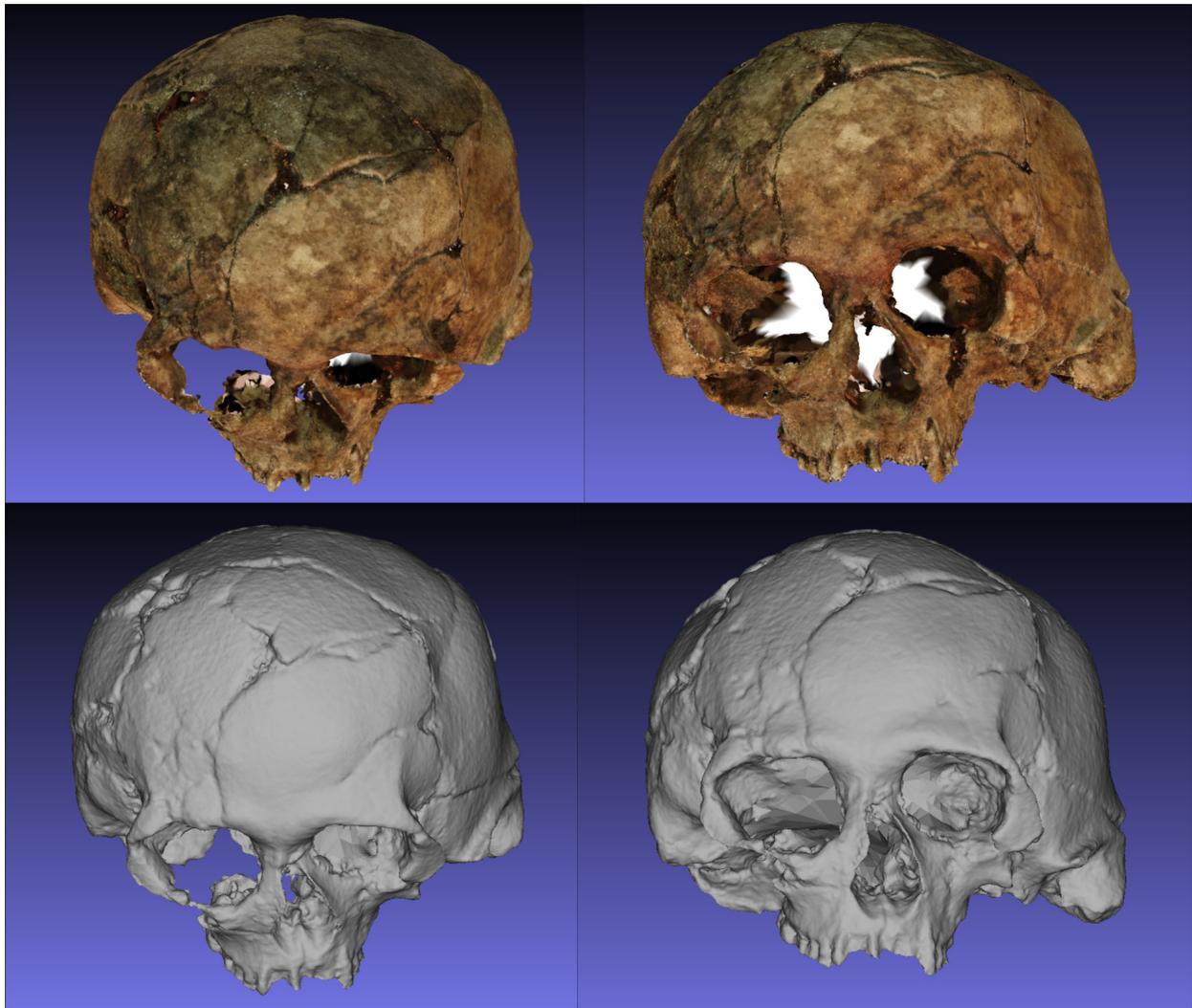


Fig. 5: Malha 3D reconstruída a partir de uma nuvem de pontos. Vertex Color (acima) e superfície com apenas uma cor (abaixo).

8.3.2 OpenMVG + PMVS

OpenMVG + PMVS (Patch-based Multi-view Stereo Software): A nuvem esparsa de pontos é calculada no OpenMVG e posteriormente o PMVS calcula a nuvem densa de pontos.

- **Prós:** Software de código aberto, por ser acessado via linha de comando permite a criação de script. Roda em Windows, Linux e Mac.
- **Contras:** Não gera textura, apenas vertex color, depende do MeshLab para converter a nuvem de pontos em uma malha. Precisa ser compilado para gerar um executável ao sistema operacional escolhido. O CCD da câmera precisa estar setado no sistema. O arquivo Bundler (posição das câmeras no espaço) apresenta problemas de alinhamento.

8.3.3 MVE

MVE²³ (Multi-View Environment): Um sistema completo de fotogrametria.

- **Prós:** Software de código aberto, por ser acessado via linha de comando permite a criação de script, converte a nuvem densa de pontos em uma malha 3D e gera textura a partir das fotos. Não é necessário configurar os parâmetros da câmera. Roda em Windows, Linux e Mac.
- **Contra:** Precisa ser compilado para gerar um executável ao sistema operacional escolhido.

8.3.4 Photoscan

Photoscan²⁴ da Agisoft ®: Um sistema completo e offline de fotogrametria.

- **Prós:** Interface gráfica. Possibilidade de selecionar a área onde calcular a nuvem densa de pontos. Exporta em vários formatos. Roda em Windows, Linux e Mac.
- **Contra:** A versão completa (com redimensionamento semiautomático) do software custa US\$ 3499!

Importante: O software Photoscan passou a ser chamado de Metashape.

8.3.5 Recap 360

Recap 360²⁵ da Autodesk ®: Um sistema completo e online de fotogrametria.

- **Prós:** Por ser online roda em qualquer sistema operacional que ofereça um navegador com suporte a WebGL. Como os cálculos da digitalização são feitos na nuvem, o sistema fica livre desse processamento.
- **Contra:** Não oferece acesso às etapas de criação do modelo (nuvem esparsa e nuvem densa de pontos).

Importante: O Recap 360 online foi descontinuado, a versão atual chamada de Recap passou a ser paga (com versão *trial* disponível) e offline.

²³ <https://github.com/simonfuhrmann/mve>

²⁴ <https://www.agisoft.com/>

²⁵ <https://www.autodesk.com/products/recap/overview>

8.3.6 123D Catch

123D Catch²⁶ da Autodesk[®]: Um sistema completo e online de fotogrametria.

- **Prós:** Por ser online roda em qualquer sistema operacional que ofereça um navegador com suporte a WebGL. Como os cálculos da digitalização são feitos na nuvem, o sistema fica livre desse processamento.
- **Contra:** Não oferece acesso às etapas de criação do modelo (nuvem esparsa e nuvem densa de pontos).

Importante: O 123D Catch foi descontinuado, no site da Autodesk[®] são oferecidas soluções alternativas para o software.

8.3.7 PPT-GUI

PPT-GUI (Python Photogrammetry Toolbox with graphical user interface): A nuvem esparsa de pontos é gerada pelo Bundler e posteriormente o PMVS gera a nuvem densa.

- **Prós:** É software de código aberto. Conta com interface gráfica. O arquivo Bundler oferece a possibilidade de ver onde as câmeras se encontram no espaço, já com as imagens posicionadas em cada uma delas (Blender 3D importer).
- **Contras:** Tempo elevado de processamento da nuvem esparsa, forçando ao usuário diminuir o tamanho das imagens a serem calculadas. Não tem versão para Mac. Não gera textura, apenas vertex color, depende do MeshLab para converter a nuvem de pontos em uma malha. O CCD da câmera precisa estar setado no sistema.

8.3.8 Descritivo do Computador

- CPU: Intel(R) Core(TM) i7-3770 CPU @ 3.40GHz;
- RAM: 11.70 GB Physical Memory 0B Virtual Memory;
- OS: Xubuntu 16.04 (x86_64);
- GPU: NVIDIA Corporation GF116 [GeForce GTS 450 Rev. 2];

²⁶ <https://www.autodesk.com.br/solutions/123d-apps>

Tabela 1: Tabela de Resultados

	OpenMVS + OpenMVG	OpenMVG + PMVS	Photoscan	MVE	Recap 360	123D Catch	PPT-GUI Photogrammetry
Abre nuvem esparsa, câmeras no Blender	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Abre no MeshLab e Blender	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Gerador de nuvem densa	SIM	SIM	SIM	SIM	–	–	NÃO
Qualidade da nuvem densa	ÓTIMA	BOA	ÓTIMA	ÓTIMA	–	–	BOA
Vertex Color	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM
Textura imagem	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM*
Textura automática	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
Qualidade da imagem da textura	ÓTIMA	–	ÓTIMA	BOA	ÓTIMA	ÓTIMA	ÓTIMA*
CCD automático	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
Tempo de cálculo total	MÉDIO	MÉDIO	LENTO	RÁPIDO	RÁPIDO	RÁPIDO	LENTO
Sistemas operacionais	Lin - Win - Mac	Lin - Win - Mac	Lin - Win - Mac	Lin - Win - Mac	Navegador online	Lin** - Win - Mac - Adroid - IOS	Lin - Win
Malha 3D	ÓTIMA	ÓTIMA	ÓTIMA	REGULAR	ÓTIMA	ÓTIMA	ÓTIMA*

* Indiretamente, com o MeshLab. ** Rodando com o Wine.

Na **Tabela de Resultados** vemos concentrando aspectos importantes de cada um dos sistemas. De modo geral, ao menos aparentemente não há um sistema que se destaque muito mais do que os outros.

Tabela 2: Tabela de Tempo de Processamento

	OpenMVS + OpenMVG	OpenMVG + PMVS	Photoscan	MVE	Recap 360	123D Catch	PPT-GUI
Tempo de processamento	1h02m	28m	1h44m	1h11m	30m*	15m*	40m

* Processamento remoto. Geração de nuvem esparsa + geração de nuvem densa + malha 3D + textura, desconsiderado tempo para upload de fotos e download da malha 3D (nos casos do Recap 360 e do 123D Catch).

Todas as malhas foram importadas ao Blender e alinhadas a digitalização a laser (Fig. 6 e 7).

Na imagem da tabela visual de reconstruções (Fig. 8) temos uma panorâmica de todas as malhas lado a lado. Perceba que algumas superfícies são tão densas que notamos apenas as arestas, como no caso do escaneamento 3D e do OpenMVG+PMVS. Inicialmente uma informação muito importante, a textura nas malhas digitalizadas tende a nos enganar em relação a qualidade do escaneamento, em face disso, nesse experimento decidimos ignorar os resultados com textura e focar na superfície 3D. Assim sendo, exportamos todos os modelos originais no formato .STL, que é sabido, não tem informações de textura.

Olhando bem de perto veremos que em se falando de superfície, um resultado mais denso no final fica consideravelmente compatível com um resultado menos denso de subdivisões na malha (Fig. 9). O objetivo final da digitalização, ao menos nos nossos trabalhos, é obter uma malha que seja coerente com o objeto original. Se essa malha for mais simplificada, desde que esteja em harmonia com o aspecto volumétrico real, é melhor ainda pois, quanto menos faces tem uma malha 3D, mais rápido será o processamento na edição.

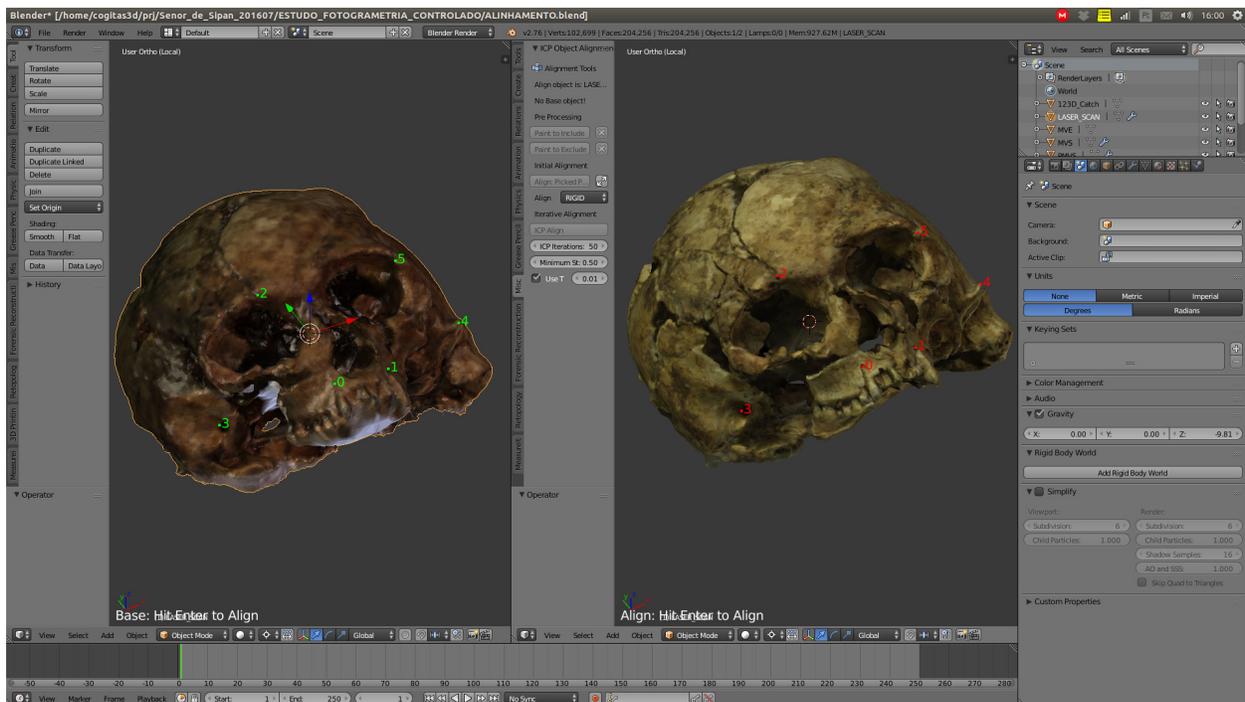


Fig. 6: Alinhamento baseado em pontos compatíveis

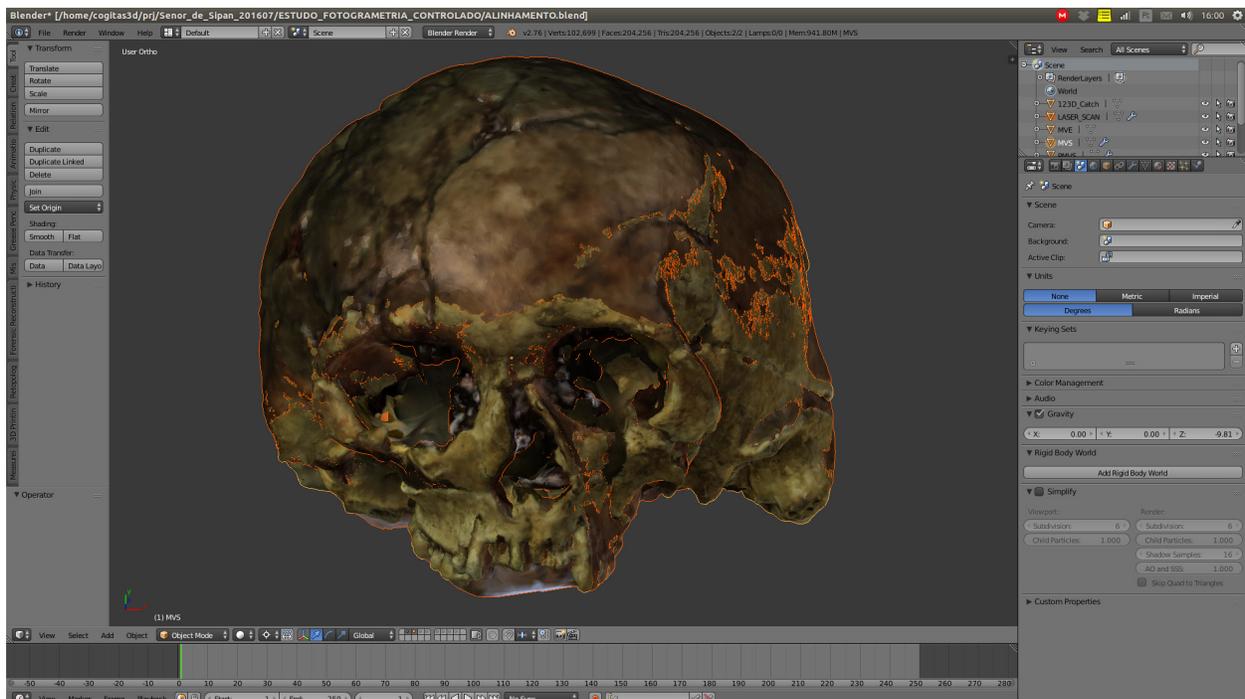


Fig. 7: Crânios alinhados

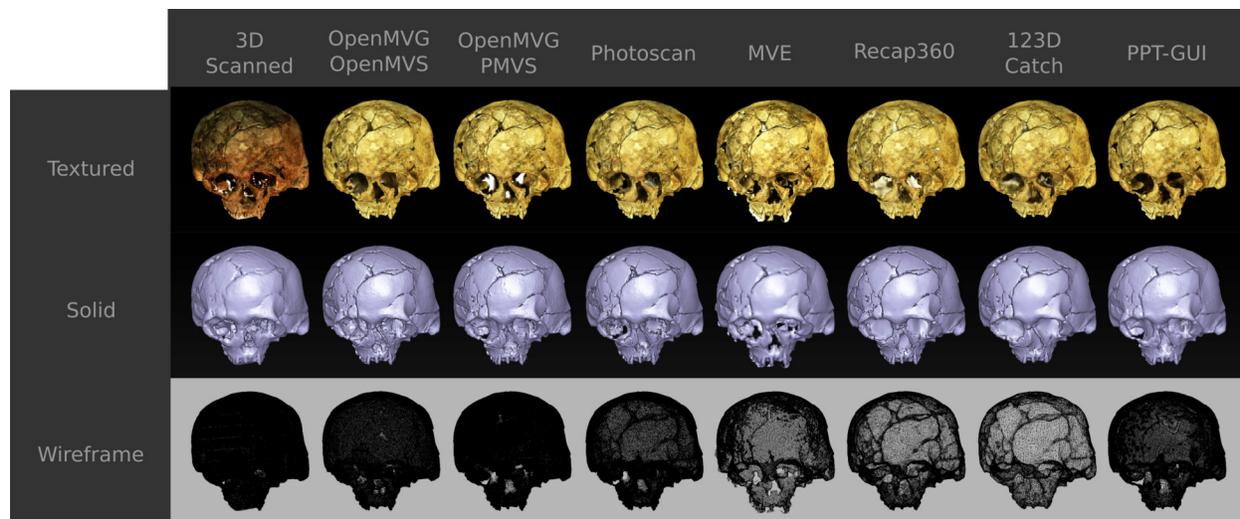


Fig. 8: Tabela visual de fotogrametrias.

Tabela 3: Tabela de Tamanho dos Arquivos Gerados

	OpenMVS OpenMVG	+	OpenMVG PMVS	+	Photos- can	MVE	Recap 360	123D Catch	PPT- GUI
Tamanho do arquivo bruto (MB)	82.2		97.9		84.5	13.1	8.2	4.2	39.5
Tamanho do crânio limpo e ali- nhado (MB)	38.4		57.3		15.1	4.1	5.1	2.2	13.6

Se nos atentarmos para os dados na **Tabela de Tamanho dos Arquivos Gerados** (.STL exportados sem textura), que é um bom parâmetro de comparação, veremos que a malha criada no OpenMVG+OpenMVS, já limpa, tem 38.4 MB e a do Recap 360 apenas 5.1 MB!

Depois de anos trabalhando com fotogrametria, percebemos que o melhor a fazer quando nos deparamos com uma malha muito densa é simplificá-la para podermos manipulá-la tranquilamente em tempo real. É difícil saber se isso acontece de fato, pois trata-se de uma solução proprietária e fechada. Supomos que tanto o Recap 360 quanto o 123D Catch geram malhas complexas e ao final do processo a simplificam consideravelmente para que rodem em qualquer hardware moderno (PC e smartphones) preferivelmente com suporte a WebGL (3D interativo no browser de internet).

Em breve voltaremos a discutir essa situação envolvendo a simplificação de malhas, vamos agora às comparações.

8.4 Como Funciona a Comparação de Malhas 3D

Uma vez que todos os crânios foram limpos e alinhados ao arquivo gerado no scanner a laser é chegado o momento de comparar as malhas no CloudCompare²⁷. Mas como funciona essa tecnologia de comparação de malhas 3D? Para ilustrar, criamos alguns elementos didáticos.

Esse elemento didático (Fig. 10) trata-se de dois *planes* com superfícies de espessura 0 (isso é possível em modelagem digital 3D) formando um X.

Temos então o objeto A e o objeto B (Fig. 11). Nas porções finais dos dois lados os extremos dos planes estão distanciados em milímetros. Onde há uma intersecção o distanciamento é, evidentemente, zero mm.

Ao compararmos as duas malhas no CloudCompare elas são pigmentadas com um espectro de cor que vai do azul até o vermelho (Fig. 12).

São dois elementos distintos e a comparação é feita em dois momentos, um em relação ao outro (Fig. 13).

²⁷ <http://www.danielgm.net/cc/>

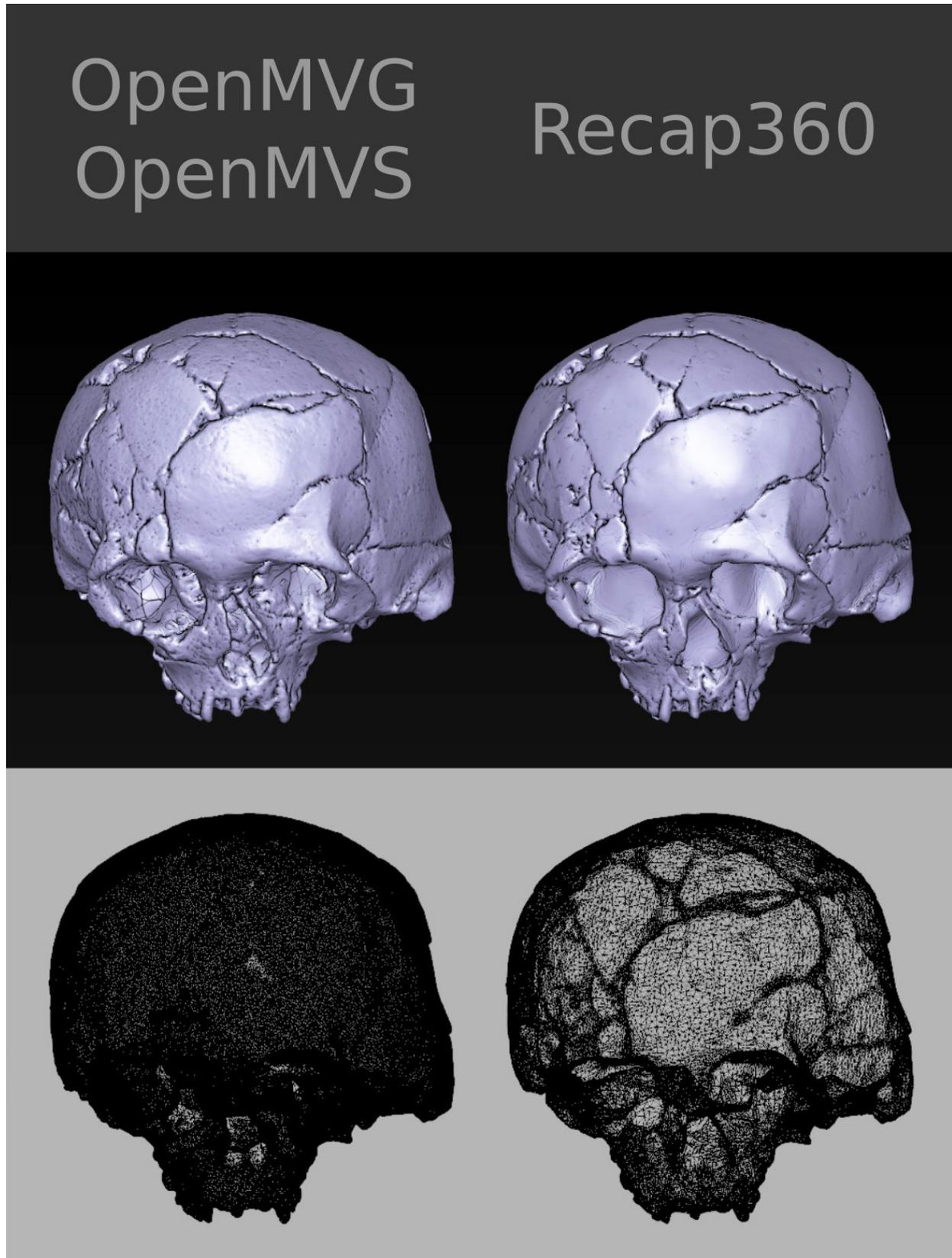


Fig. 9: Comparação entre dois sistemas de fotogrametria.

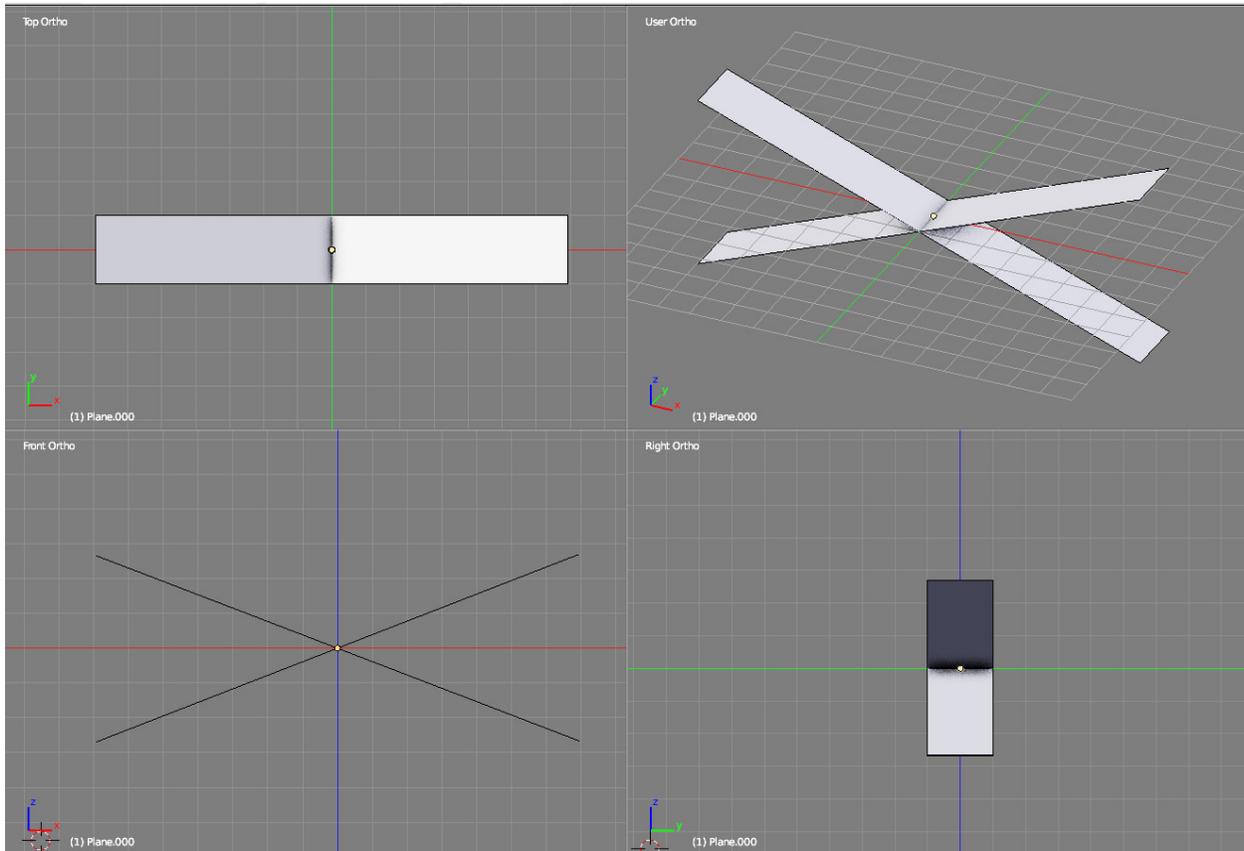


Fig. 10: Modelo didático de comparação de malhas.

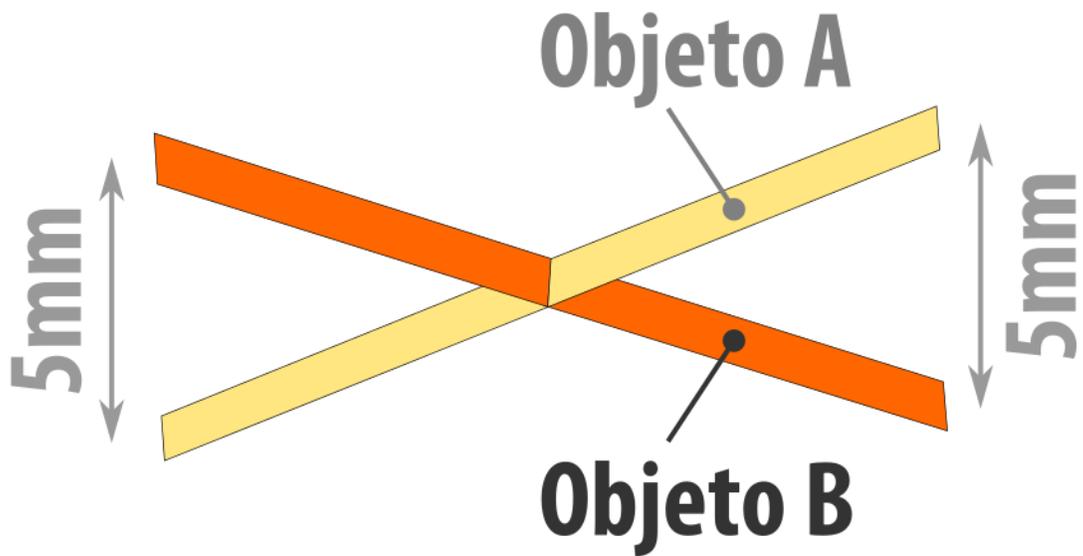


Fig. 11: Modelo didático de comparação de malhas - informação esquemática.

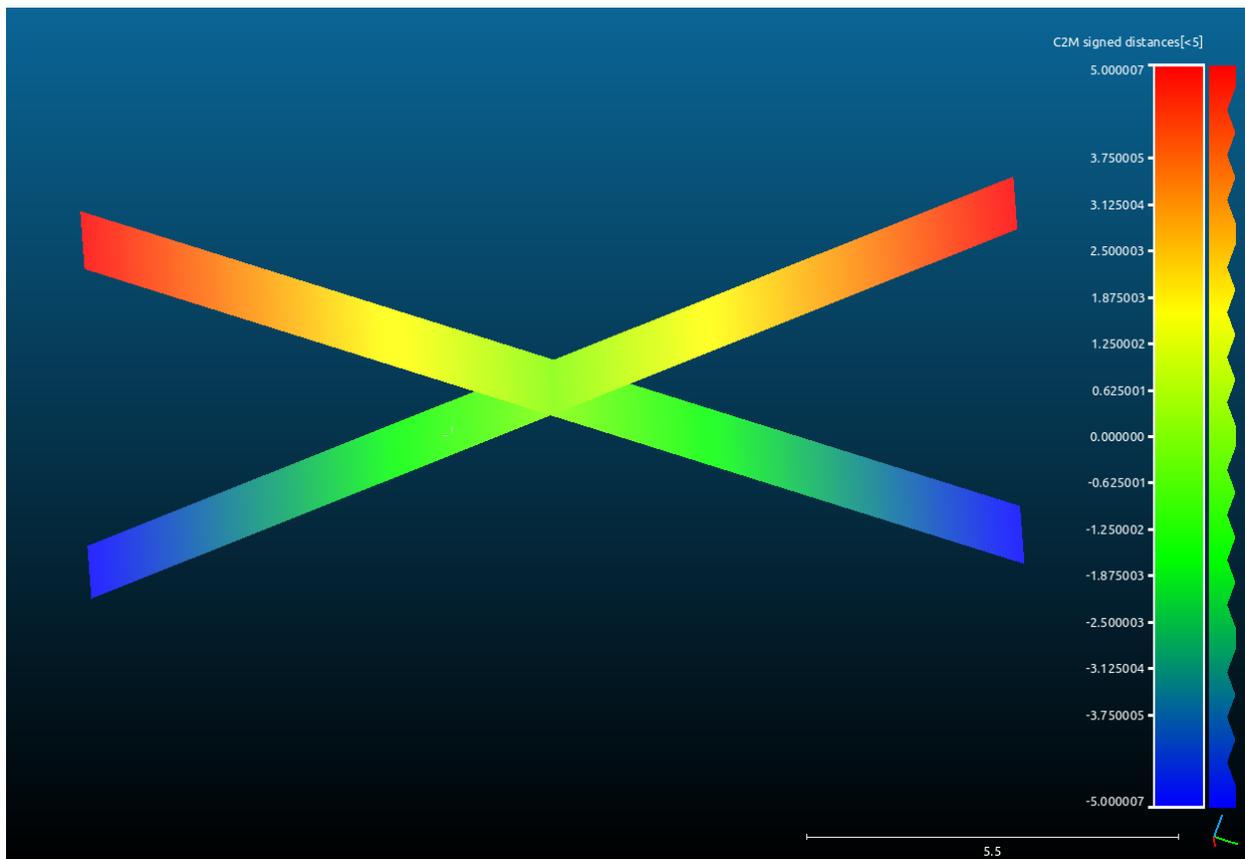


Fig. 12: Modelo didático de comparação de malhas - mapa de cor.

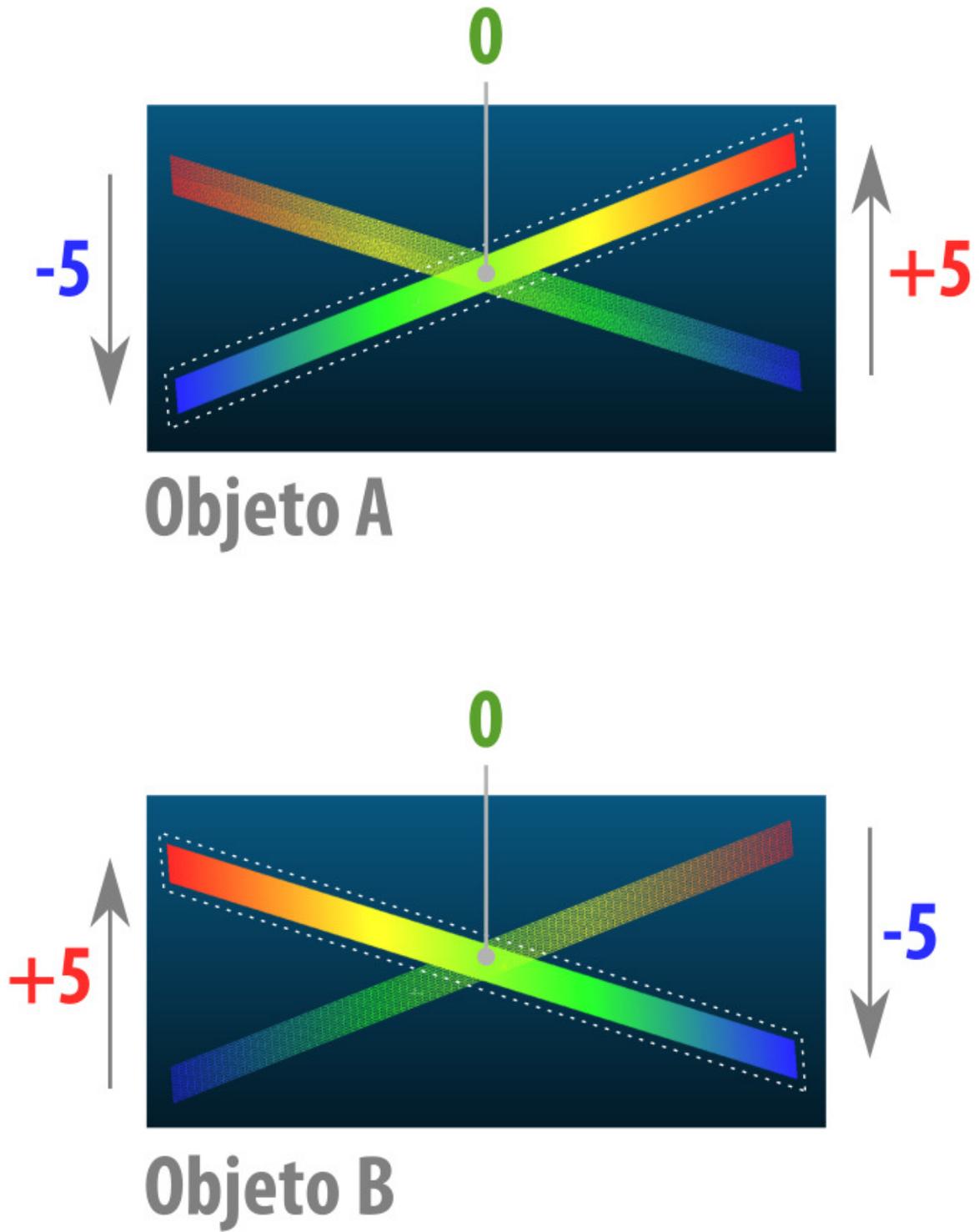


Fig. 13: Modelo didático de comparação de malhas - elementos individuais.

Agora temos uma ideia mais clara de como funciona. Basicamente o que acontece é o seguinte, nós definimos um limite de distância, nesse caso 5mm. O que está “para fora” tende a ser pigmentado de vermelho, o que está “para dentro” tende a ser pigmentado de azul e o que está na intersecção, ou seja, na mesma linha, tende a ser pigmentado de verde.

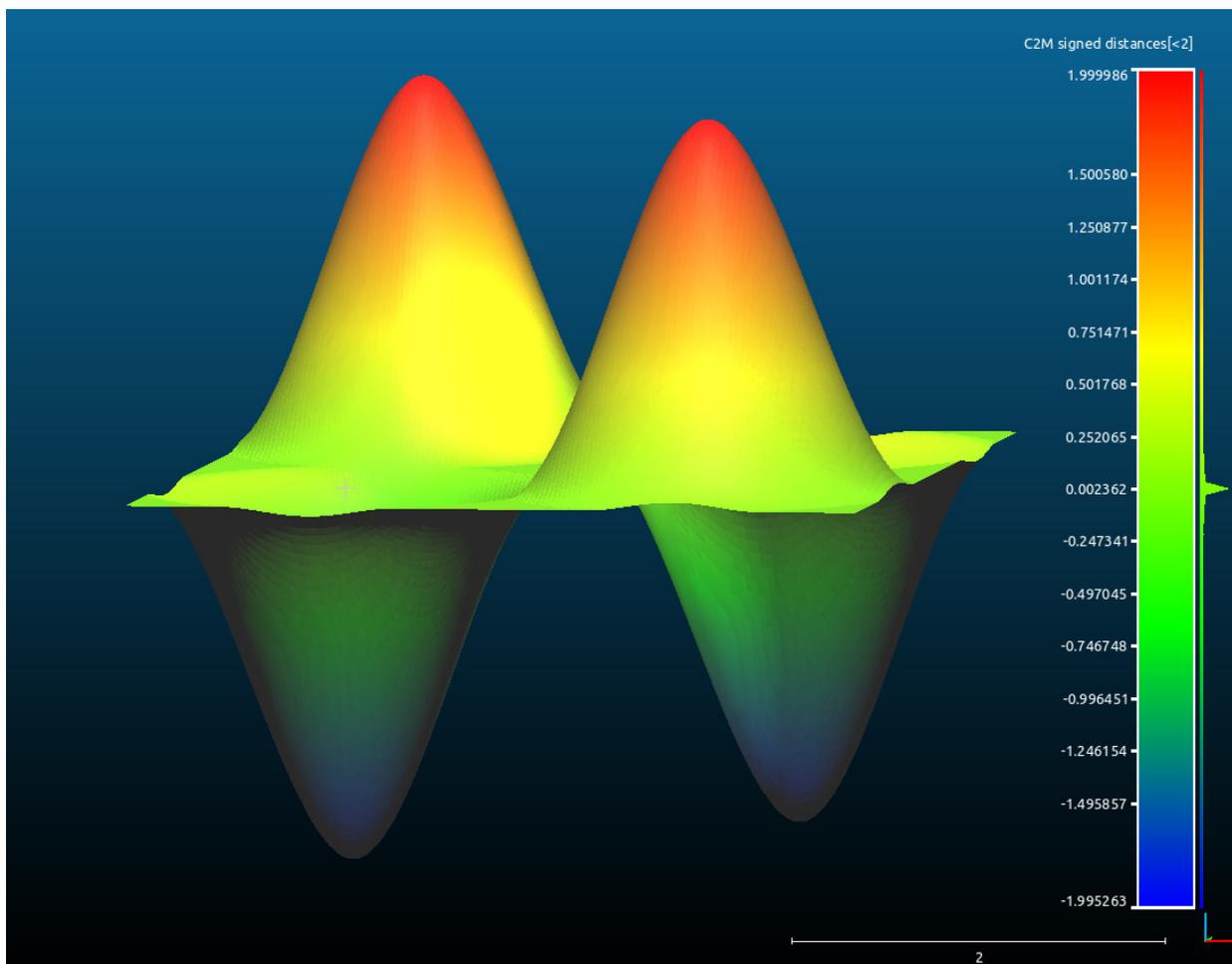


Fig. 14: Exemplo de comparação - completo.

Agora vamos explicar a abordagem tomada neste experimento. Temos um elemento com a região central que tende a zero e as extremidades que estão setadas em +2 e -2mm (Fig. 14). Na imagem não é visível, mas o elemento que utilizamos para comparar é um simples plano posicionado ao centro da cena, bem na região da base dos sinus em 3D, tanto os que “estão virados para cima” quanto os que “estão virados para baixo”.

Como havíamos citado anteriormente nós é que definimos o limite de comparação. Inicialmente estava setado em +2 e -2mm. E se porventura, alterarmos esse limite para +1 e -1mm? Veja que isso foi feito (Fig. 15) e a parte que está fora dos limites está pigmentada de cinza.

Para que essas partes fora do limite não atrapalhem na visualização, podemos apagá-las (Fig. 16).

Resultando assim em uma malha que compreende apenas a parte de interesse da estrutura (Fig. 17).

Para quem entende um pouco mais de modelagem 3D digital, é evidente que a comparação é feita a nível dos vértices e não das faces. Por conta disso é que temos um serrilhado nas extremidades apagadas.

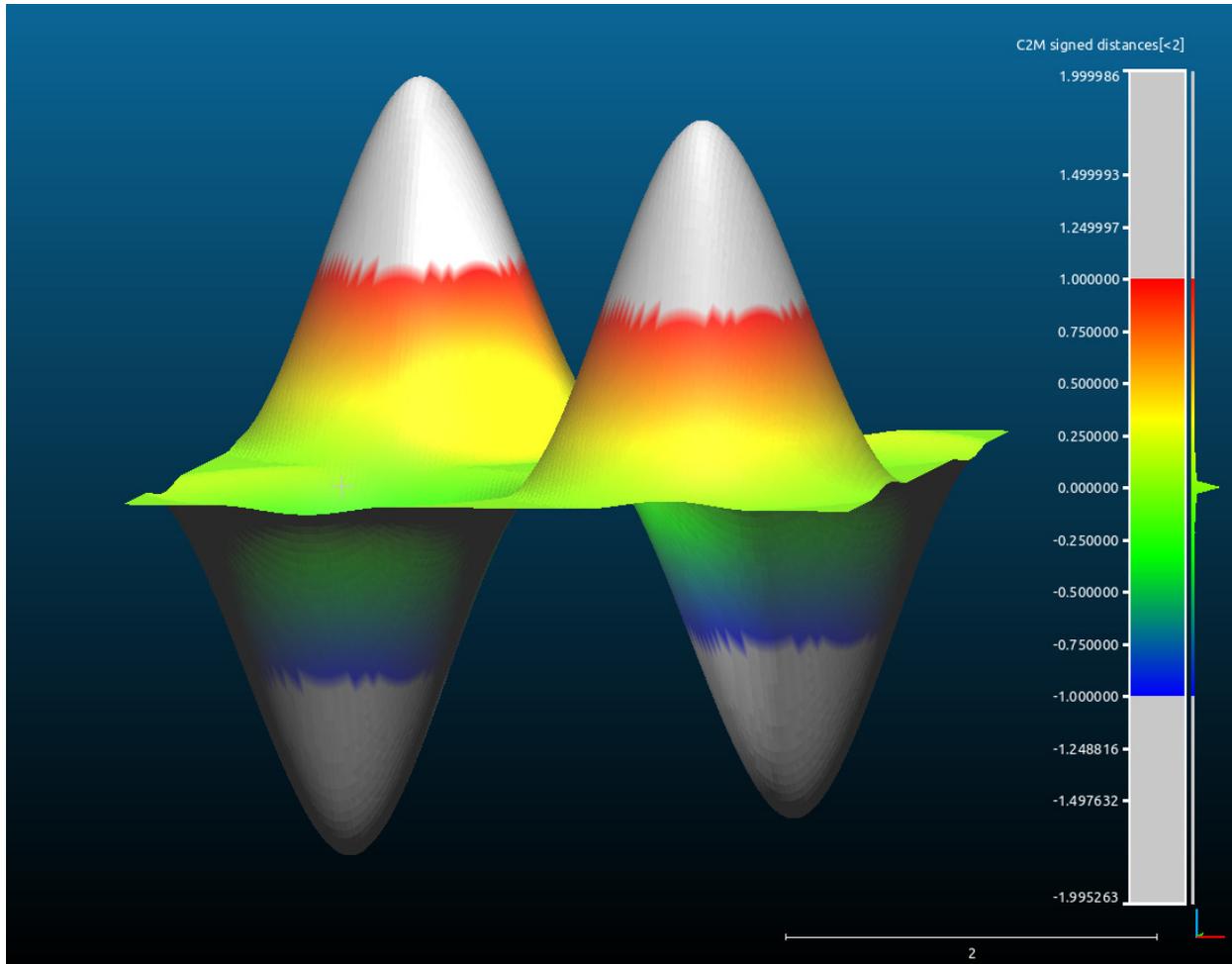


Fig. 15: Exemplo de comparação - distância reduzida.

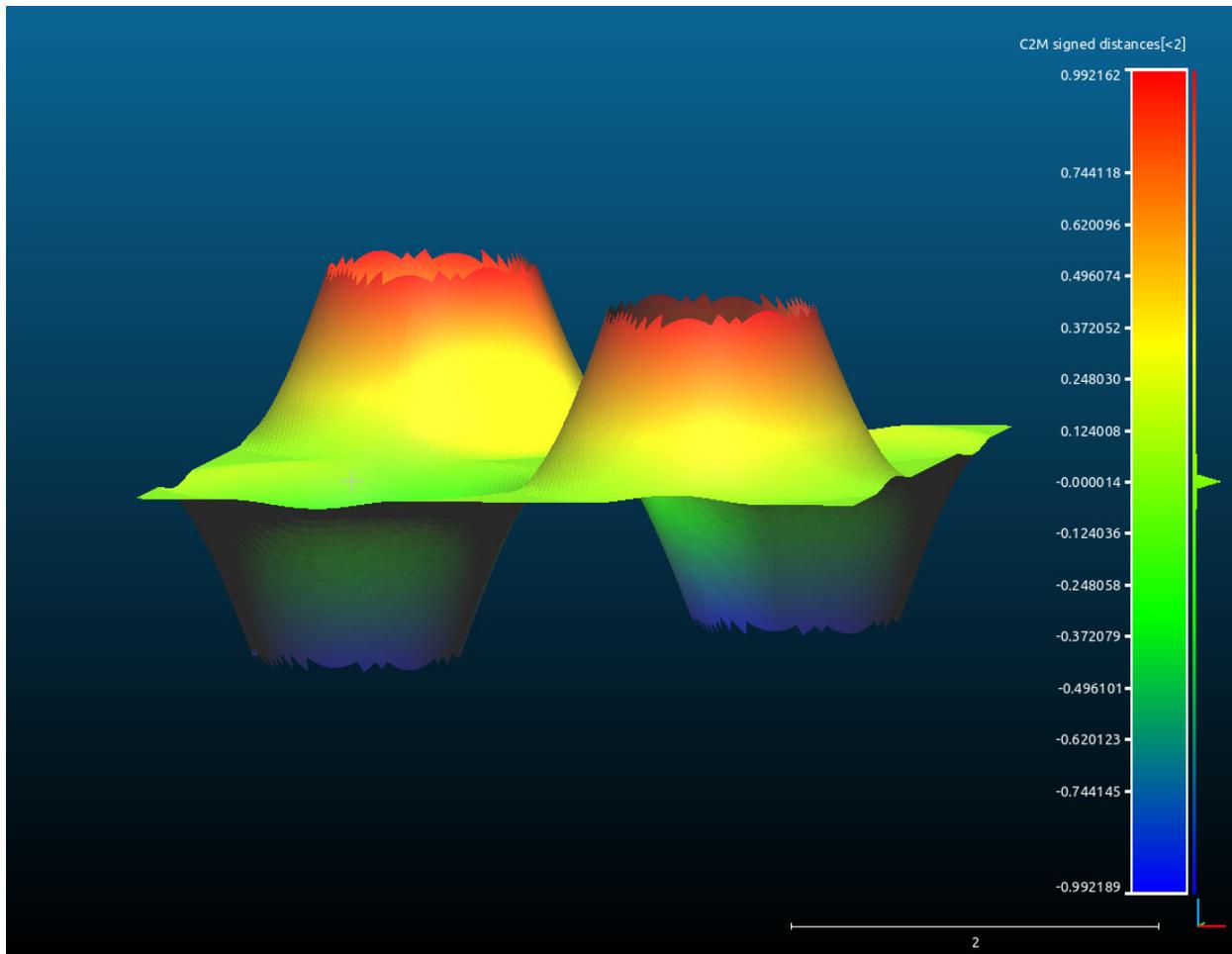


Fig. 16: Exemplo de comparação - limite apagado.

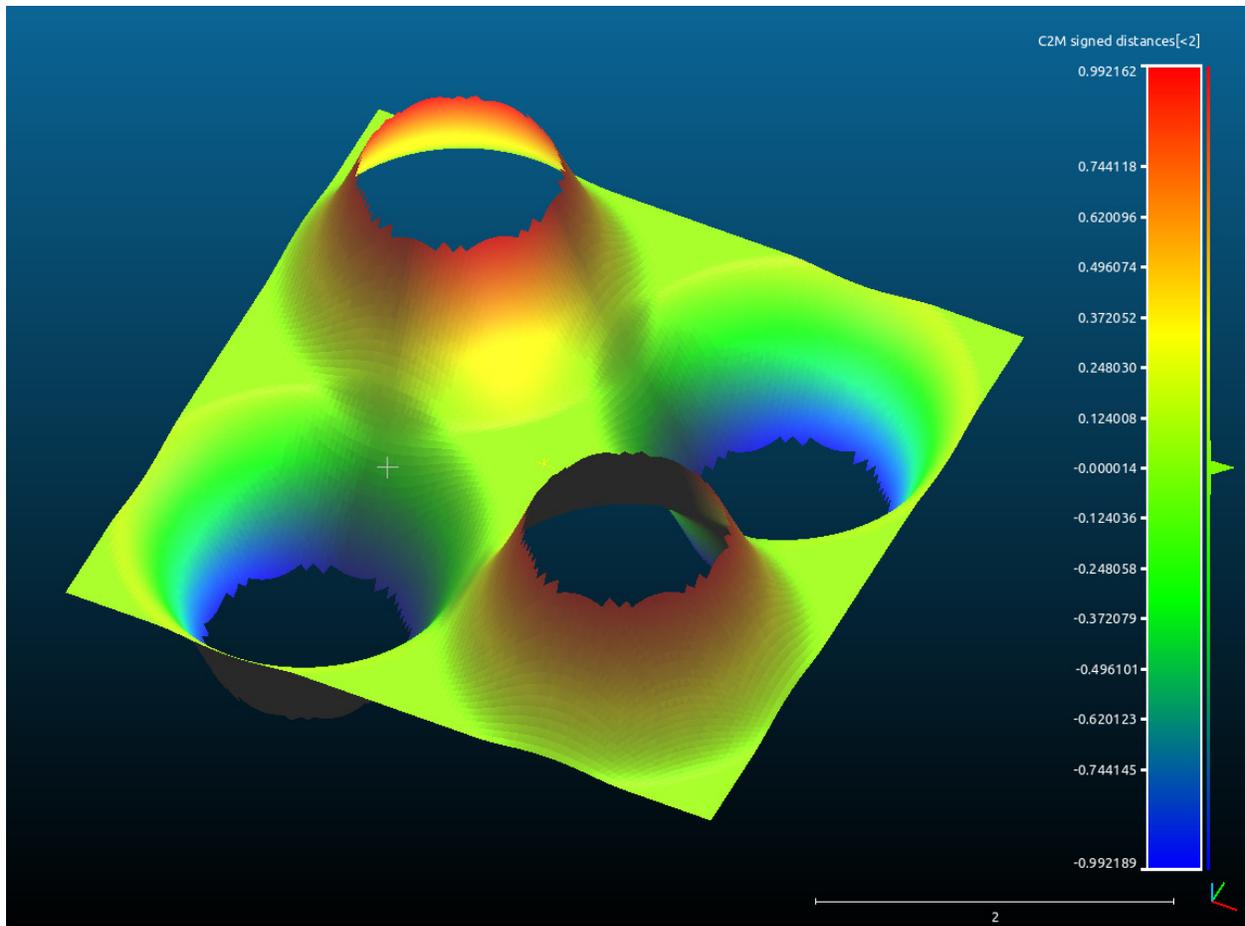


Fig. 17: Exemplo de comparação - limite apagado.

8.5 Comparandos os Crânios

A comparação feita foi a da FOTOGRAMETRIA vs. DIGITALIZAÇÃO A LASER, com limites de +1 e -1 mm. Tudo o que se encontrava fora desse espectro foi apagado.

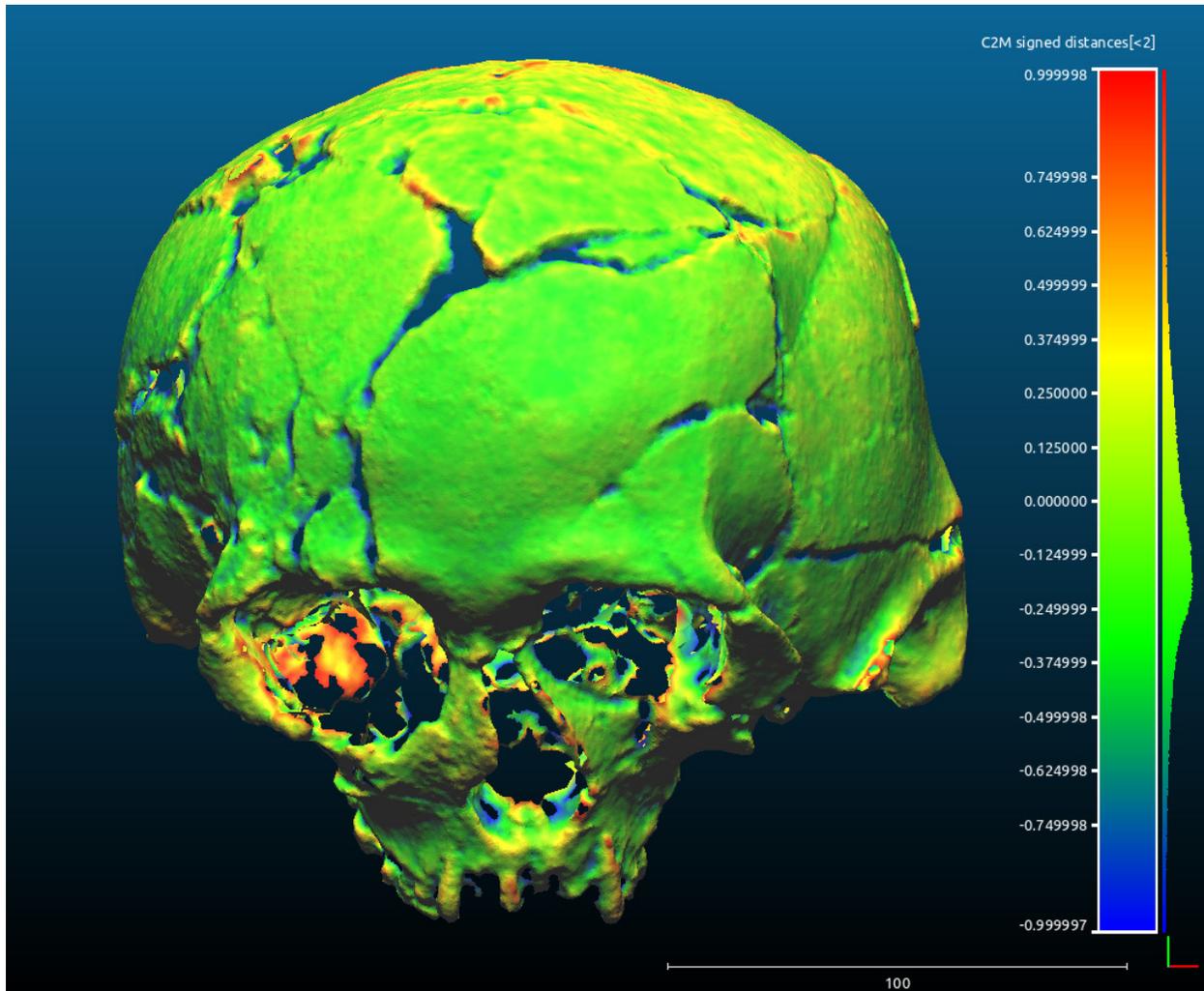


Fig. 18: OpenMVG+OpenMVS vs. Escaneamento a Laser.

OpenMVG+OpenMVS (Fig. 18).

OpenMVG+PMVS (Fig. 19).

Photoscan (Fig. 20).

MVE (Fig. 21).

Recap 360 (Fig. 22).

123D Catch (Fig. 23).

PPT-GUI (Fig. 24).

Ao colocarmos lado a lado todas as comparações (Fig. 25), vemos que há uma forte tendência a zero, ou seja, os sete sistemas de fotogrametria são efetivamente compatíveis com a digitalização a laser!

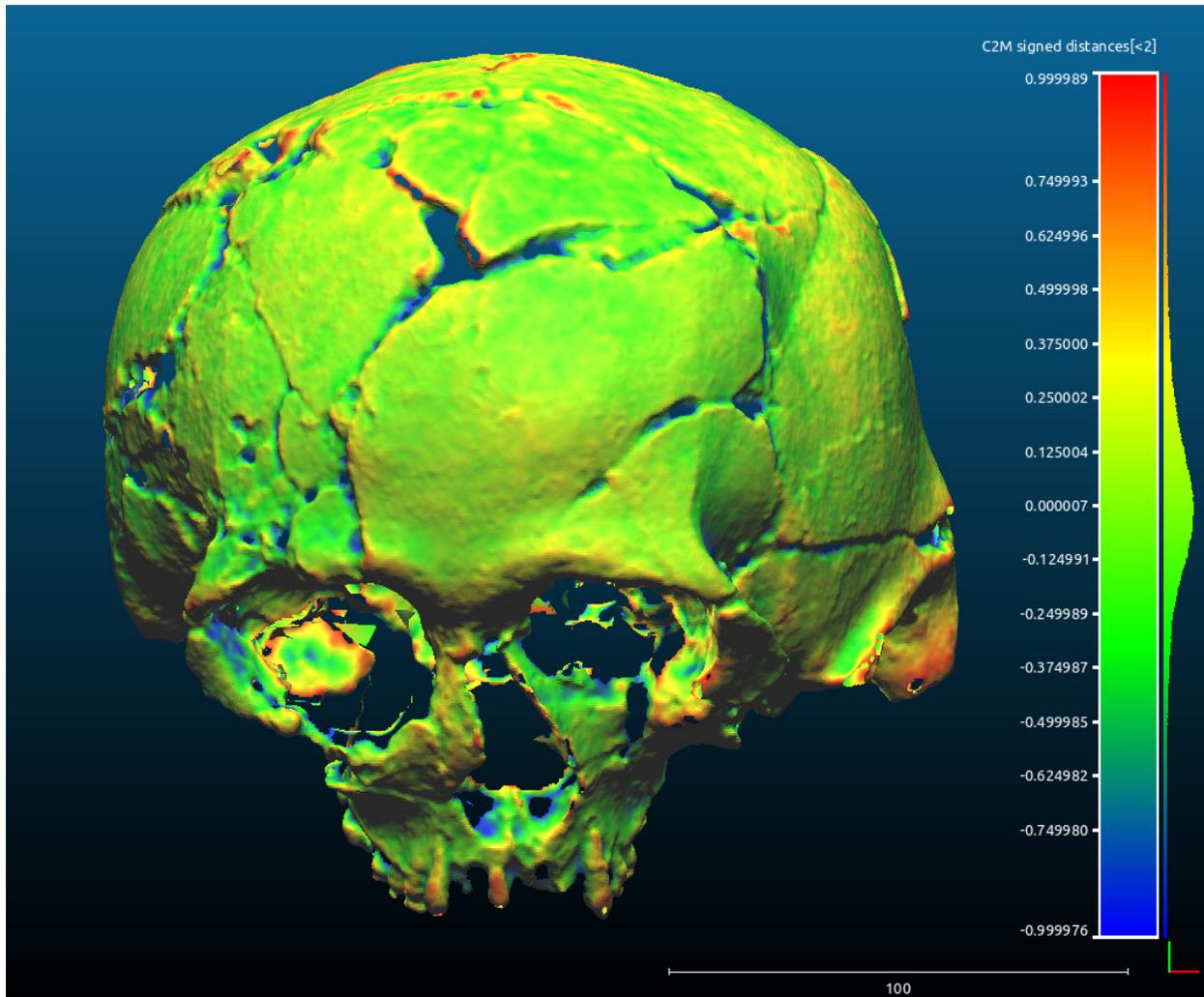


Fig. 19: OpenMVG+PMVS vs. Escaneamento a Laser.

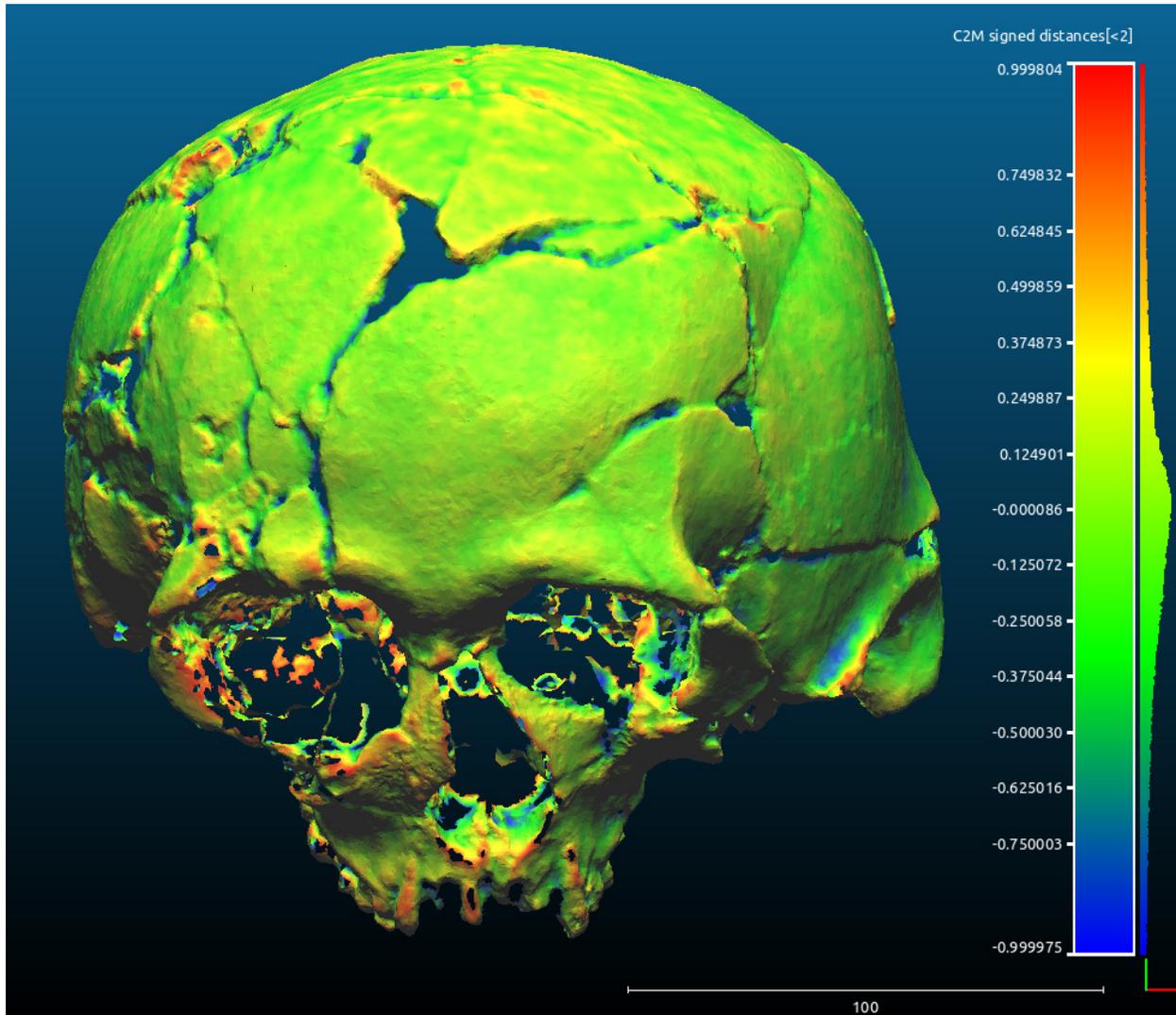


Fig. 20: Photoscan vs. Escaneamento a Laser.

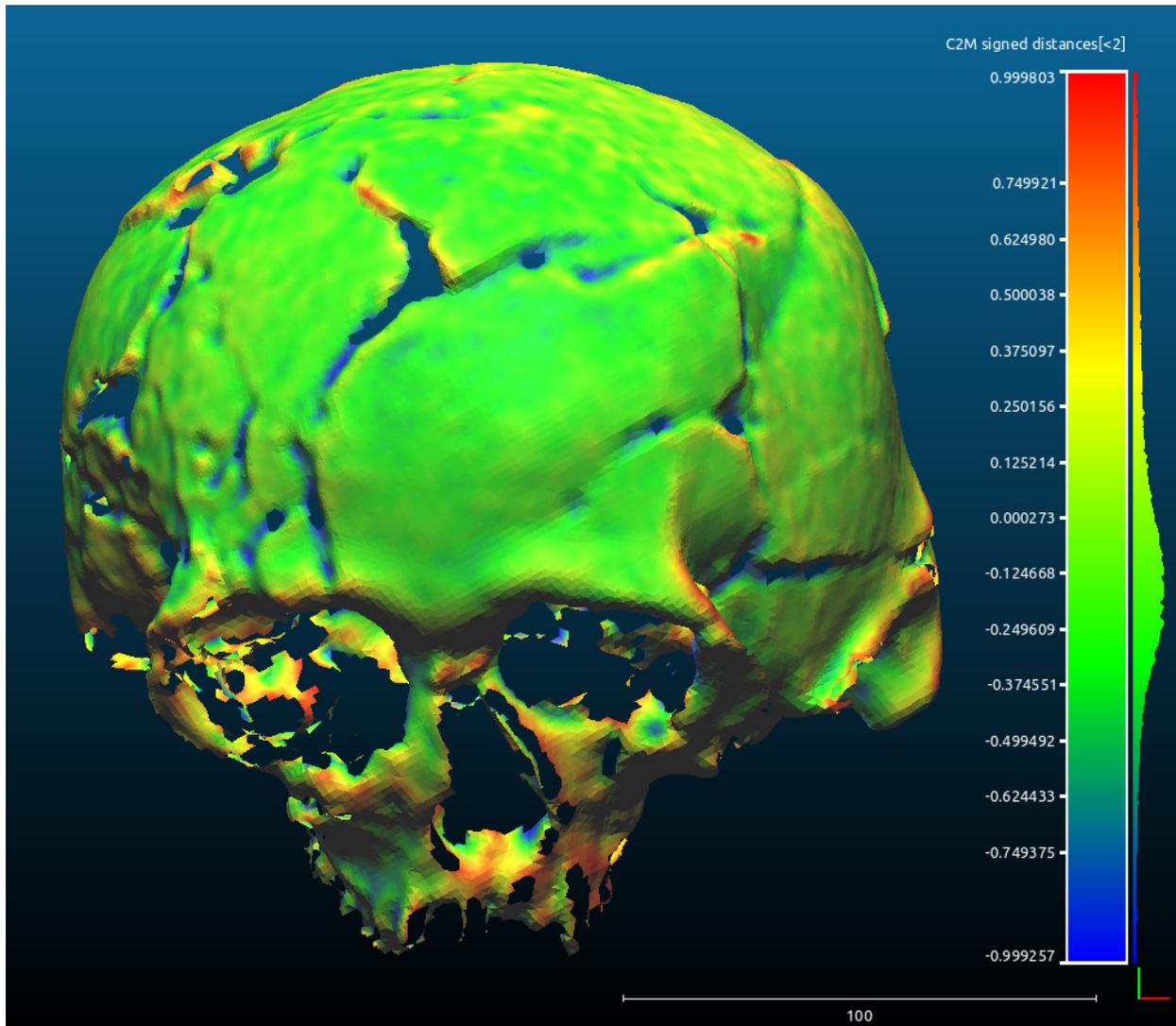


Fig. 21: MVE vs. Escaneamento a Laser.

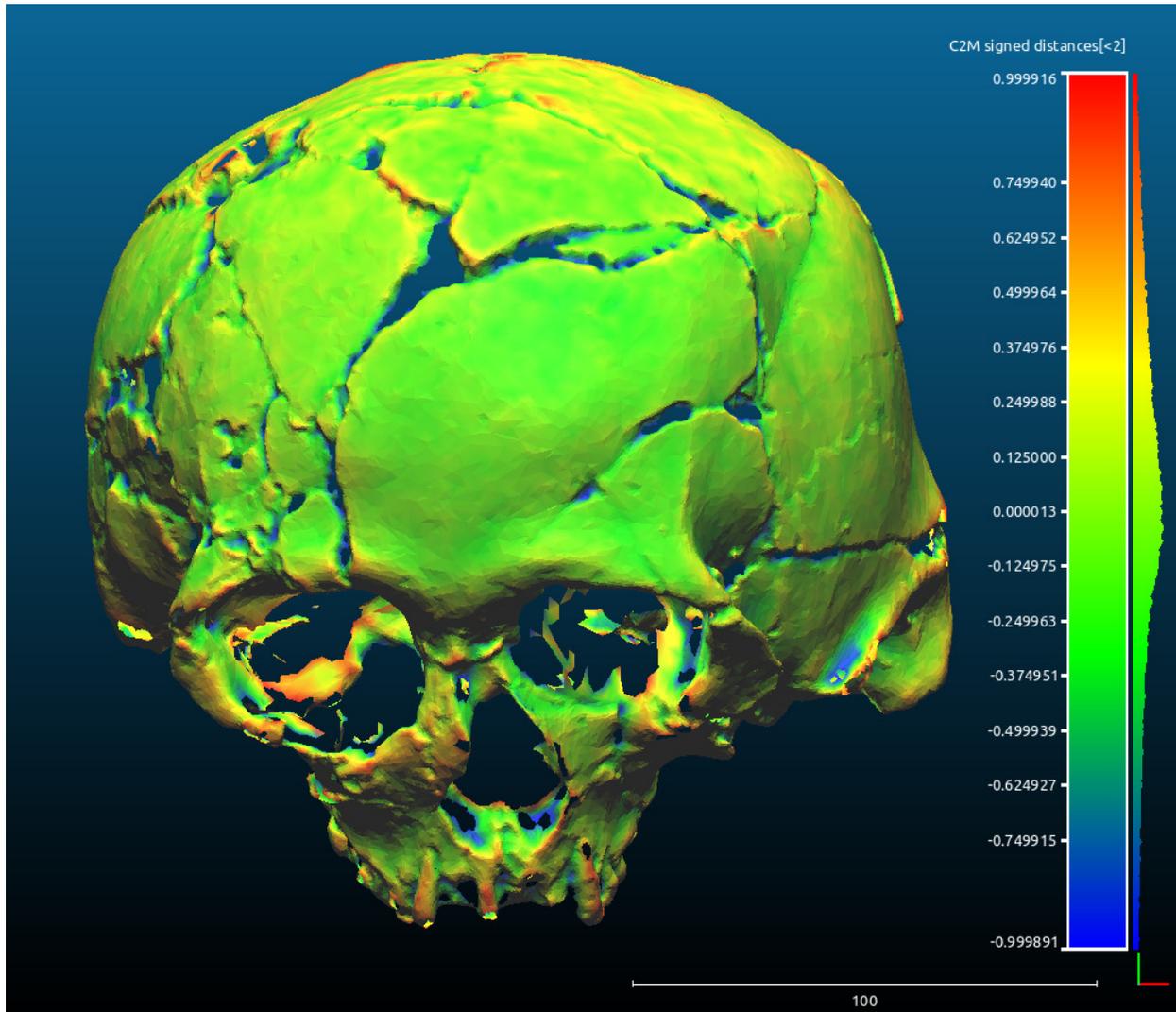


Fig. 22: Recap 360 vs. Escaneamento a Laser.

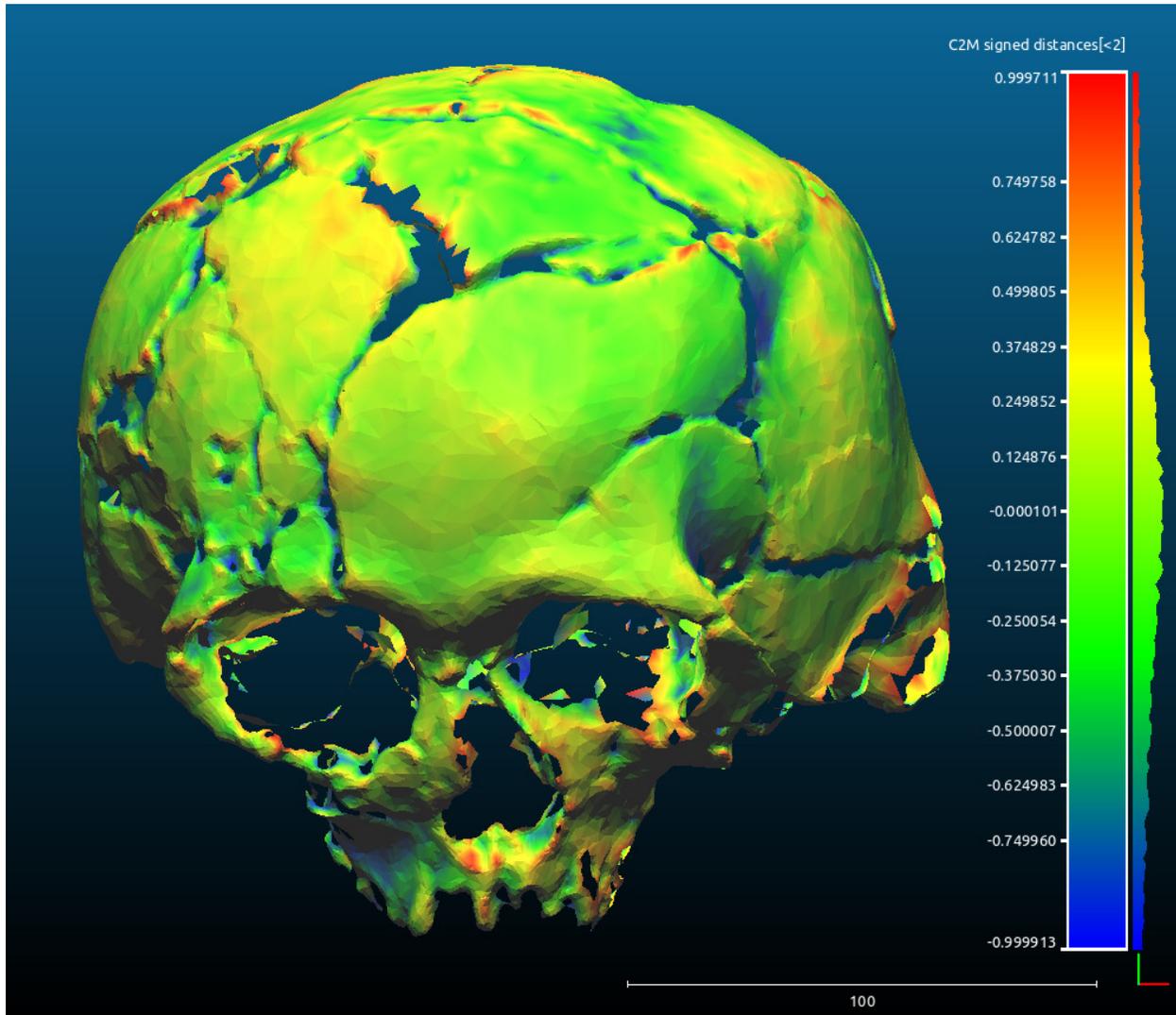


Fig. 23: 123D Catch vs. Escaneamento a Laser.

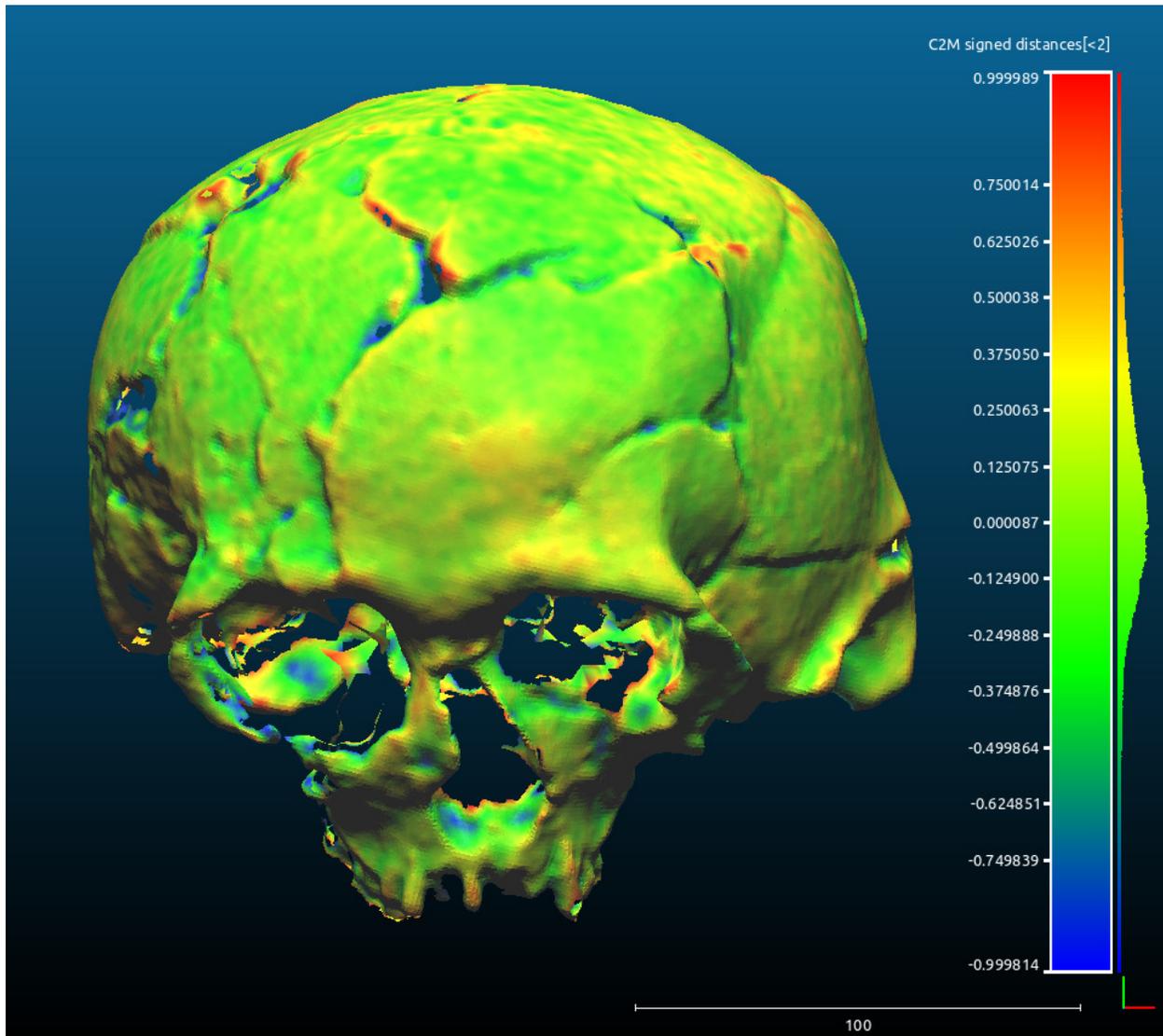


Fig. 24: PPT-GUI vs. Escaneamento a Laser.

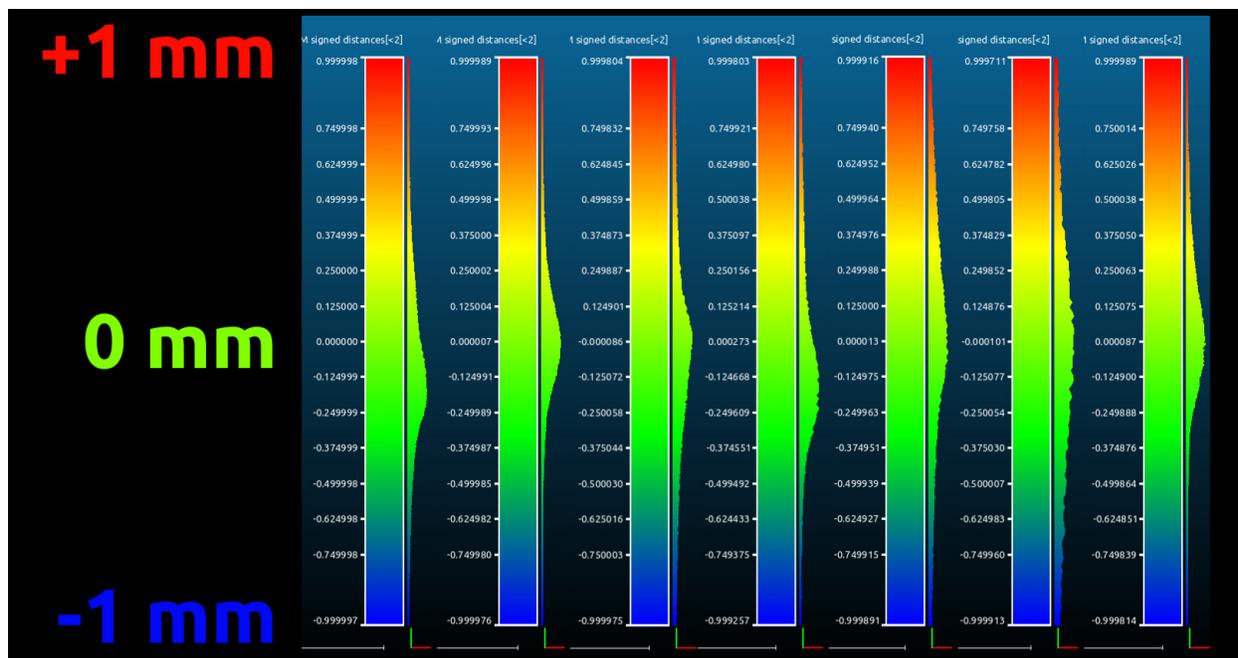


Fig. 25: Comparação dos levantamentos.

Tabela 4: Tabela Completa de Tamanho dos Arquivos

	OpenMVS OpenMVG	+ OpenMVG PMVS	+ Photos- can	MVE	Recap 360	123D Catch	PPT- GUI
Tamanho do arquivo bruto (MB)	82.2	97.9	84.5	13.1	8.2	4.2	39.5
Tamanho do crânio limpo e alinhado (MB)	38.4	57.3	15.1	4.1	5.1	2.2	13.6
Tamanho do crânio com exclusão +1 - 1mm (MB)	33.4	51.8	9.4	3.2	4.0	1.4	11.9
Tamanho do crânio simplificado (MB)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3

Voltemos agora a discutir a questão dos tamanhos dos arquivos. Uma coisa que sempre nos incomodou nas comparações envolvendo resultados de fotogrametria foi a contabilização das subdivisões geradas pelos algoritmos que reconstróem as malhas. Como abordado acima, isso não faz muito sentido, posto que, no caso do crânio podemos simplificar a superfície e mesmo assim ela mantém as informações necessárias aos trabalho de levantamento antropológico ou reconstrução facial forense.

Em face disso, decidimos nivelar todos os arquivos, deixando-os compatíveis em tamanho e subdivisões. Tomamos como base o menor arquivo que foi o gerado pelo 123D Catch e utilizamos o filtro **Quadratic Edge Collapse Detection** do MeshLab setado no valor de 25000. Isso resultou em 7 STLs com 1.3 MB cada (Tabela Completa de Tamanho dos Arquivos).

Com esse nivelamento temos agora uma comparação visual justa entre os sistemas de fotogrametria.

Na tabela visual comparativa (Fig. 26) podemos visualizar as etapas de trabalho. No campo **Original** estão perfilados os crânios inicialmente alinhados, em **Compared** observamos os crânios apenas com as áreas de interesse mantidas e por fim, em **Decimated** temos os crânios nivelados em tamanho. Para um leitor desavisado até parece se tratar de uma mesma imagem colocada lado a lado.

Quando visualizamos as comparações em *solid* percebemos melhor o quão compatíveis todas elas são (Fig. 27).

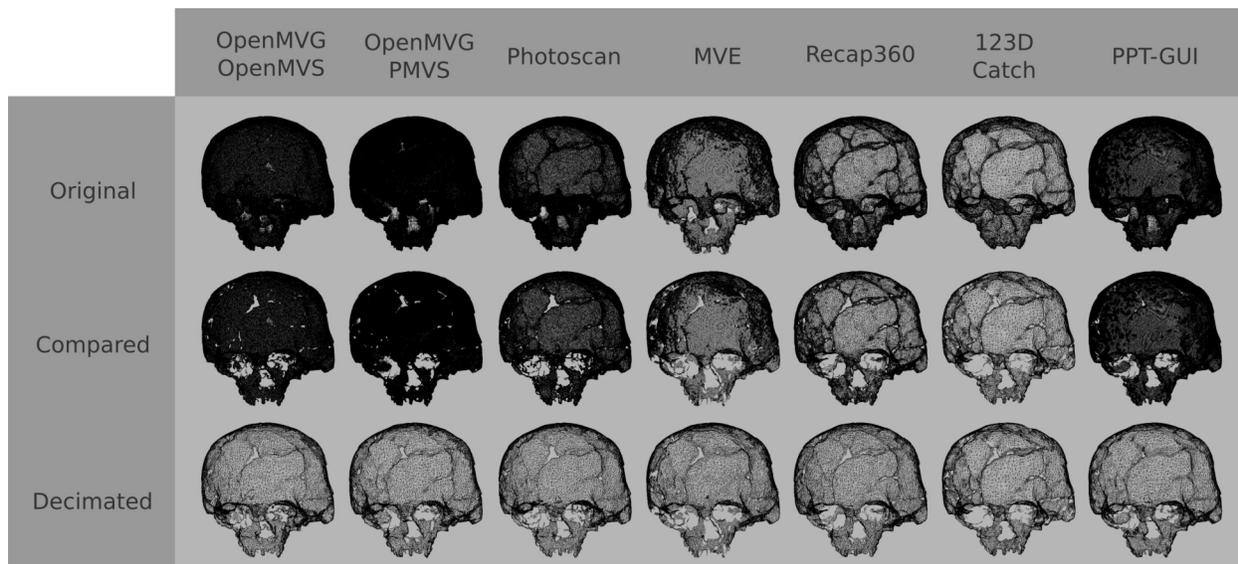


Fig. 26: Tabela visual comparativa entre todos os modelos - *wireframe*.

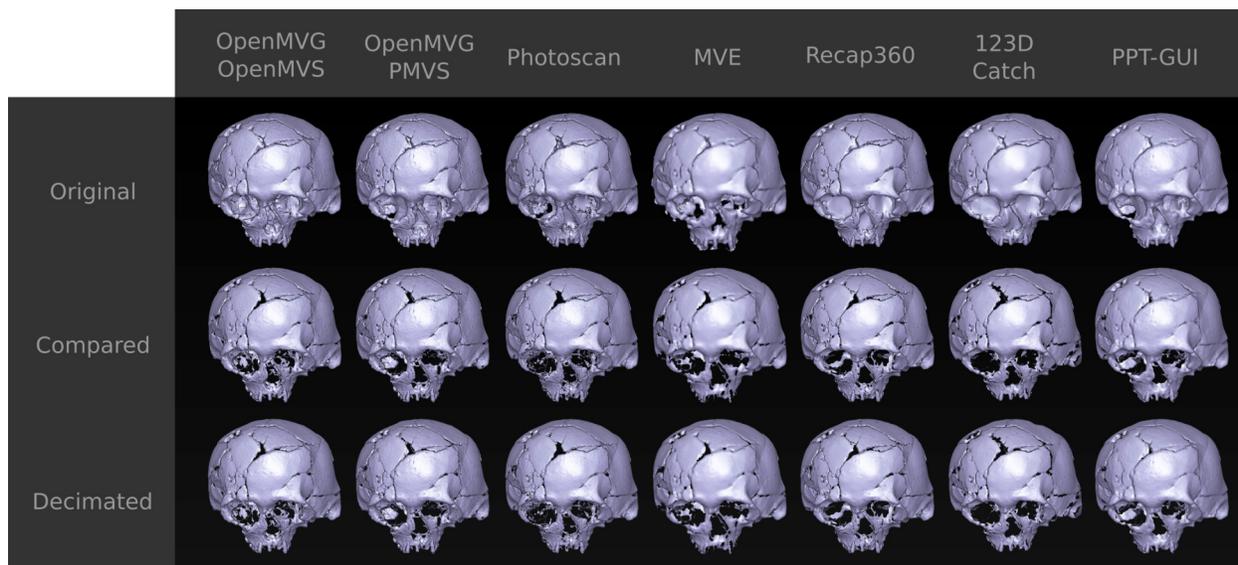


Fig. 27: Tabela visual comparativa entre todos os modelos - *solid*.

8.6 Conclusão

A conclusão mais óbvia é que, no geral, com exceção do MVE que apresentou menos definição na malha, **todos os sistemas de fotogrametria tiveram resultados visuais muito similares.**

Isso significa que o MVE é inferior aos outros?

Não. O MVE é um sistema muito robusto e prático. Nossa equipe inclusive chegou a utilizá-lo na confecção de [prótese veterinária](#)²⁸, um trabalho que exige muita precisão e o mesmo fora bem sucedido. [MT16]

Qual é o melhor sistema de todos?

É muito difícil responder essa pergunta, posto que depende muito do estilo de usuário.

Qual é o melhor sistema para usuários iniciantes?

Sem dúvida alguma é o Recap 360 da Autodesk®. Trata-se de uma plataforma online que pode ser acessada de qualquer sistema operacional que tenha um navegador da internet com suporte a WebGL.

Qual é o melhor sistema para profissionais de modelagem e animação?

Neste quesito indicamos o Photoscan da Agisoft®. Ele conta com uma interface gráfica que possibilita dentre outras coisas criar uma máscara na região de interesse da fotogrametria, também permite limitar a área de cálculo reduzindo drasticamente o tempo de processamento da máquina. Além disso, exporta nos mais variados formatos oferecendo a possibilidade de mostrar onde as câmeras estavam no momento que fotografaram a cena.

Qual é o sistema a nossa equipe mais apreciou?

Apreciamos todos em determinadas situações. O nosso predileto atualmente é a solução mista OpenMVG+OpenMVS. Ambos são de código aberto e podem ser acessados via linha de comando, permitindo-nos controlar uma série de propriedades adequando a digitalização à necessidade presente, seja ela reconstruir uma face, um crânio ou qualquer outra peça.

8.7 Agradecimentos

À Universidade Inca Garsilazo de la Vega por coordenar e patrocinar o projeto de reconstrução facial do Senhor de Sipán, responsável por levar um dos autores até Lima e Lambayeque, no Peru. Agradecemos ao Dr. Eduardo Ugaz Burga e ao Msc. Santiago Gonzáles por toda a força e apoio. Agradecemos ao Dr. Walter Alva pela confiança em abrir as portas do museu Tumbas Reales de Sipán para que pudessemos fotografar o crânio da figura histórica que leva o seu nome. Esse agradecimento se estende ao corpo técnico do museu: Edgar Bracamonte Levano, Cesar Carrasco Benites, Rosendo Dominguez Ruíz, Julio Gutierrez Chapoñan, Jhonny Aldana Gonzáles e Armando Gil Castillo. A todos vocês o nosso muito obrigado!

²⁸ <http://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/2016/04/ave-abandonada-com-bico-mutilado-recebe-protese-de-impresora-3d.html>

Protocolo Simples de Fotogrametria para Crânios

Nesta seção será abordado o protocolo de digitalização de crânios, de modo que o usuário possa fazê-lo da forma mais prática e ao mesmo tempo compreender os conceitos envolvidos.

9.1 Como Fazer as Fotos do Crânio

Uma forma prática de fazer as fotos é escolher um cenário monocromático ou com fundo infinito.



Fig. 1: Crânio colocado sobre a folha com as medidas de referência.

Se o crânio conta com mandíbula é uma boa ideia encaixá-la e pousar as estruturas cuidadosamente sobre a superfície. Na figura 1 (Fig. 1) o crânio foi colocado sobre um papel A3 com uma série de referências para auxiliar o posicionamento do fotógrafo e também oferecer medidas para o redimensionamento posterior.

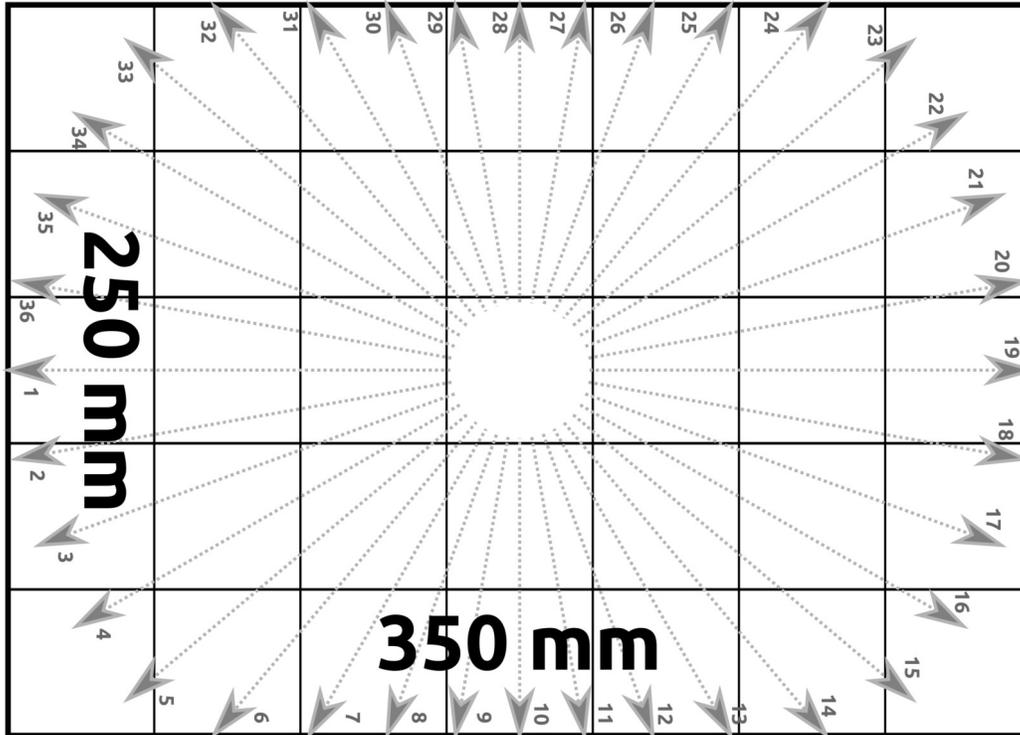


Fig. 2: Folha contendo referência de medidas e posicionamento das tomadas fotográficas (depois de imprimir é necessário medir para atestar a escala!).

Caso deseje baixar o PDF para imprimir em uma folha A3 o usuário poderá fazê-lo no seguinte link: http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/Base_Fotogrametria_Cranio_A3.pdf

Aviso: Depois de imprimir a folha A3 meça as laterais para atestar se as dimensões correspondem aos valores indicados. Pode ser que a configuração da impressão redimensione o documento tornando-o incompatível com as medidas pretendidas.

As fotos deverão ser feitas um pouco acima do crânio, com uma inclinação de mais ou menos 17º (Fig. 3).

Segundo este protocolo, são necessárias 36 fotografias em torno do crânio, ou seja de 10 em 10 graus (Fig. 4).

Olhando mais de perto, percebe-se que as linhas dos ângulos coincidem com os traçados da folha A3 (Fig. 5).

No entanto, como o fotógrafo saberá que as fotos foram tiradas de 10 em 10 graus?

Primeiramente, não há a necessidade do fotógrafo se deslocar com a câmera em torno do crânio, por isso mesmo observou-se acima que o ideal para esse tipo de tomada é um fundo infinito.

A câmera pode ficar sobre um tripé na frente do crânio ou mesmo presa pelos mãos. Com as duas mãos pousadas sobre as laterais da folha A3 o fotógrafo pode rotacionar levemente a mesma. Como o crânio estará ao centro ele funcionará como peso e eixo da rotação (Fig. 6).

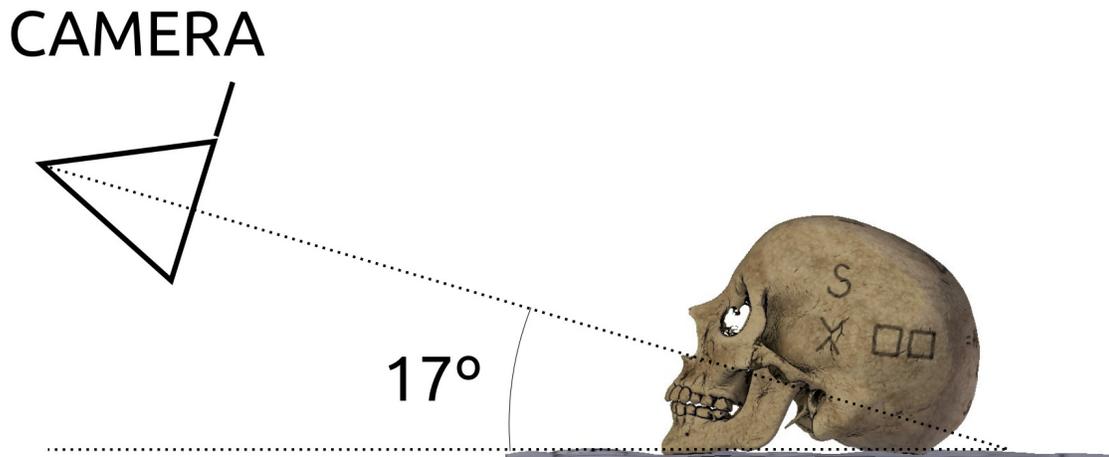


Fig. 3: Inclinação proposta para as fotografias.

Aviso: Muito cuidado ao rotacionar a folha, o crânio não pode sair do lugar, sob pena do algoritmo não gerar um bom modelo!

Naturalmente a seta com o número da foto estará apontando para a câmera criando uma linha reta de cima para baixo, como nos quadros apresentados na figura 7 (Fig. 7).

As tomadas são efetuadas (Fig. 8) e os arquivos devem ser salvos em um diretório próprio.

9.2 Protocolo de Círculo Duplo

Para assegurar um bom resultado na obtenção do crânio é feito um círculo extra de fotos (Fig. 9).

Se na tomada anterior o ângulo era de 17°, agora ele deverá ser de 45° (Fig. 10).

As fotos mostram a parte superior do crânio de modo mais amplo (Fig. 11).

Dica: Caso deseje proceder com os testes utilizando as fotos dos exemplos acima, elas estão disponíveis para *download* no seguinte link: <https://goo.gl/jV2YTD>

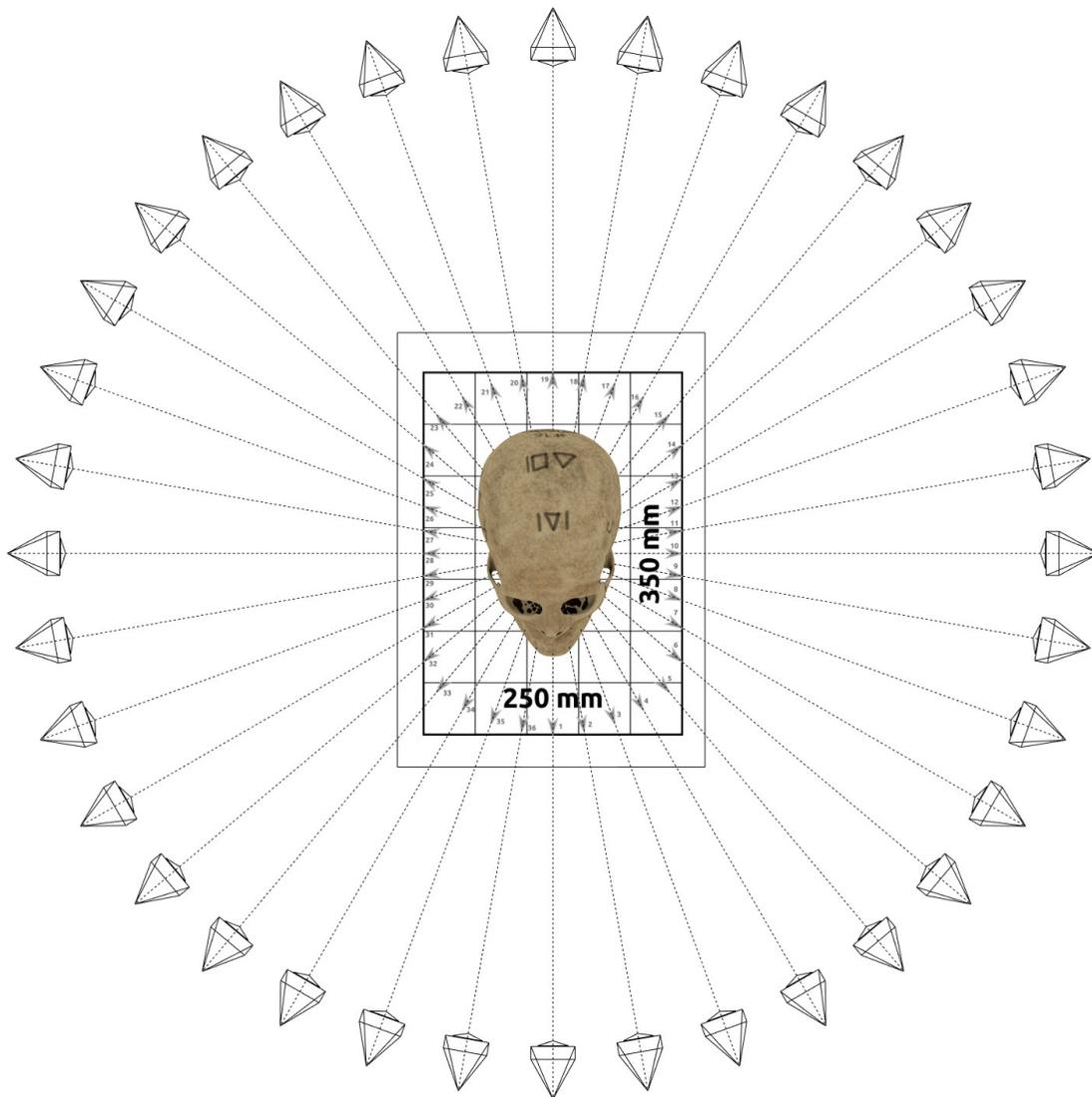


Fig. 4: Pontos de todas as tomadas fotográficas.

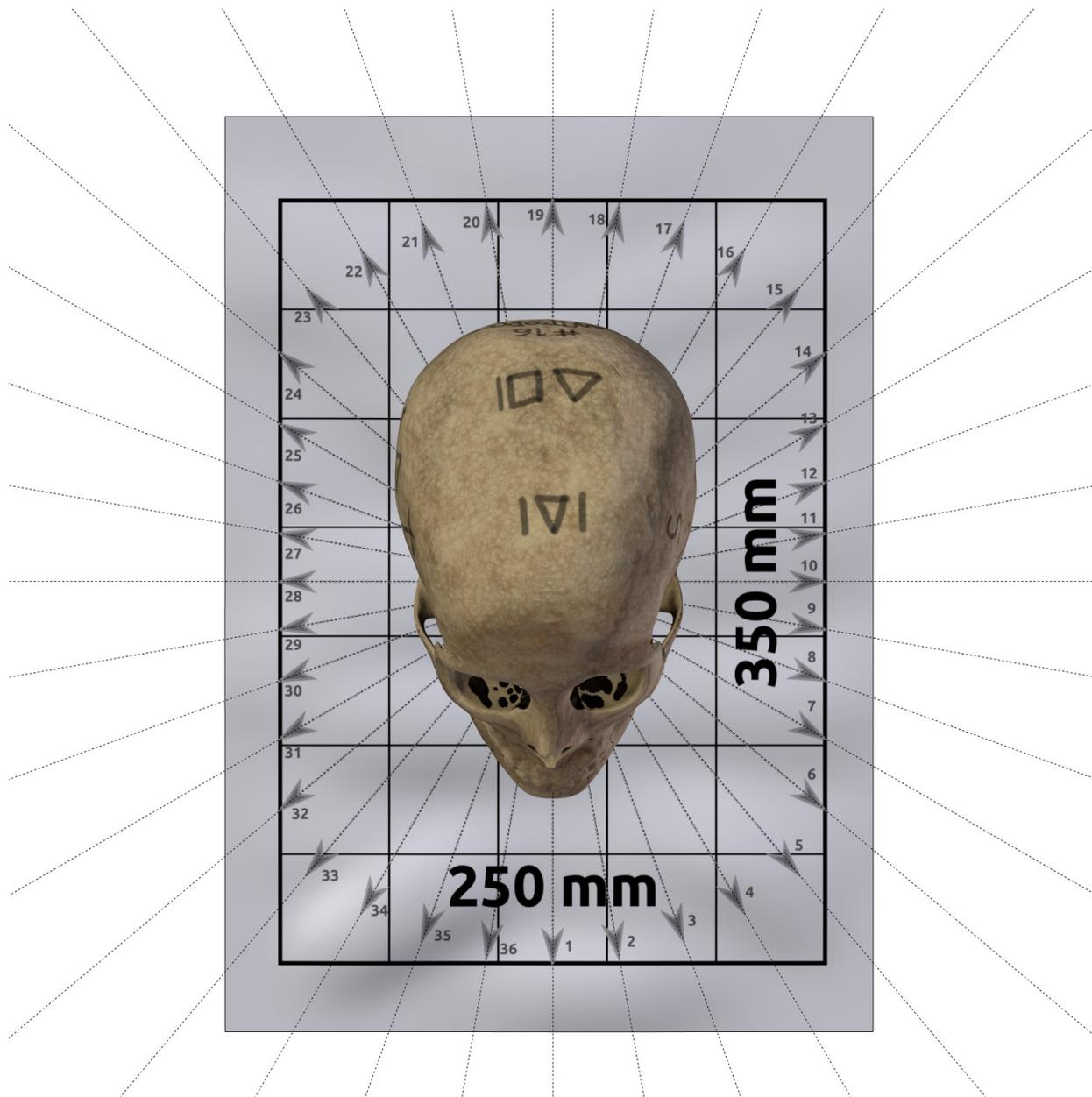


Fig. 5: Compatibilidade entre as tomadas fotográficas e as linhas propostas na folha de referência.

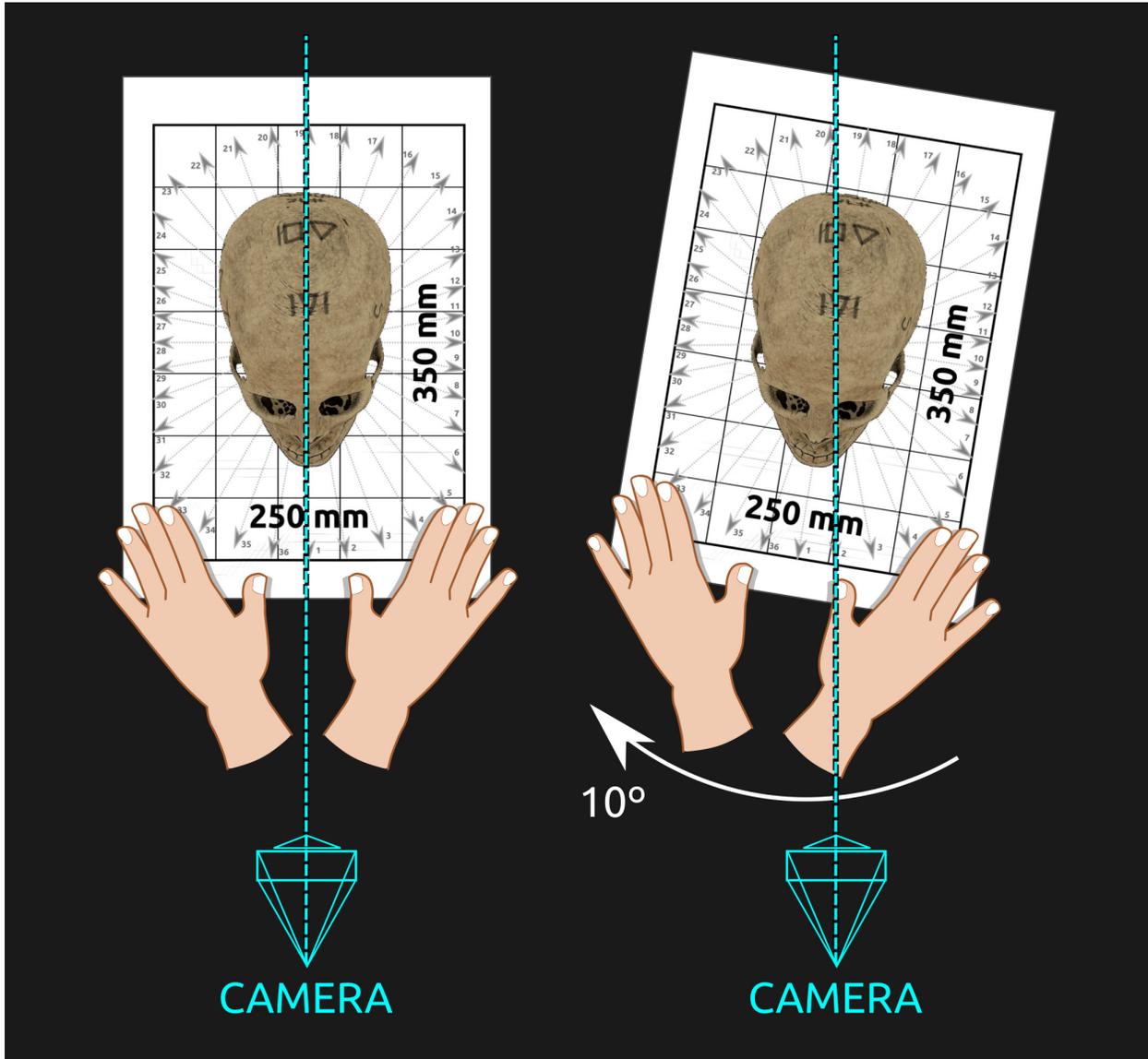


Fig. 6: Rotação manual da folha entre uma tomada e outra.



Fig. 7: Aspecto da linha com a tomada fotográfica atual a partir do ponto de vista da câmera.



Fig. 8: Tomadas fotográficas.

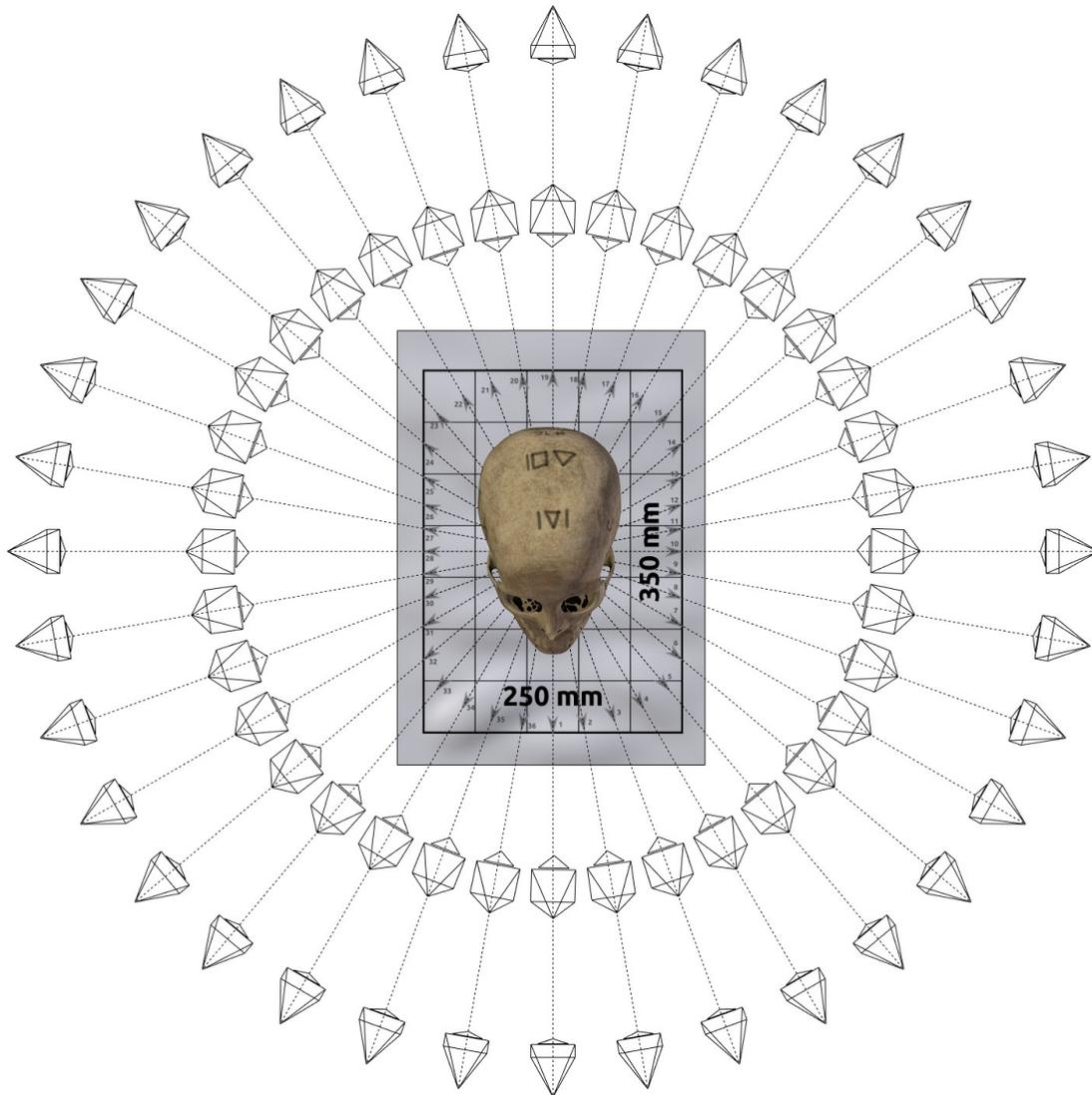


Fig. 9: Exemplo de tomada fotográfica dupla.

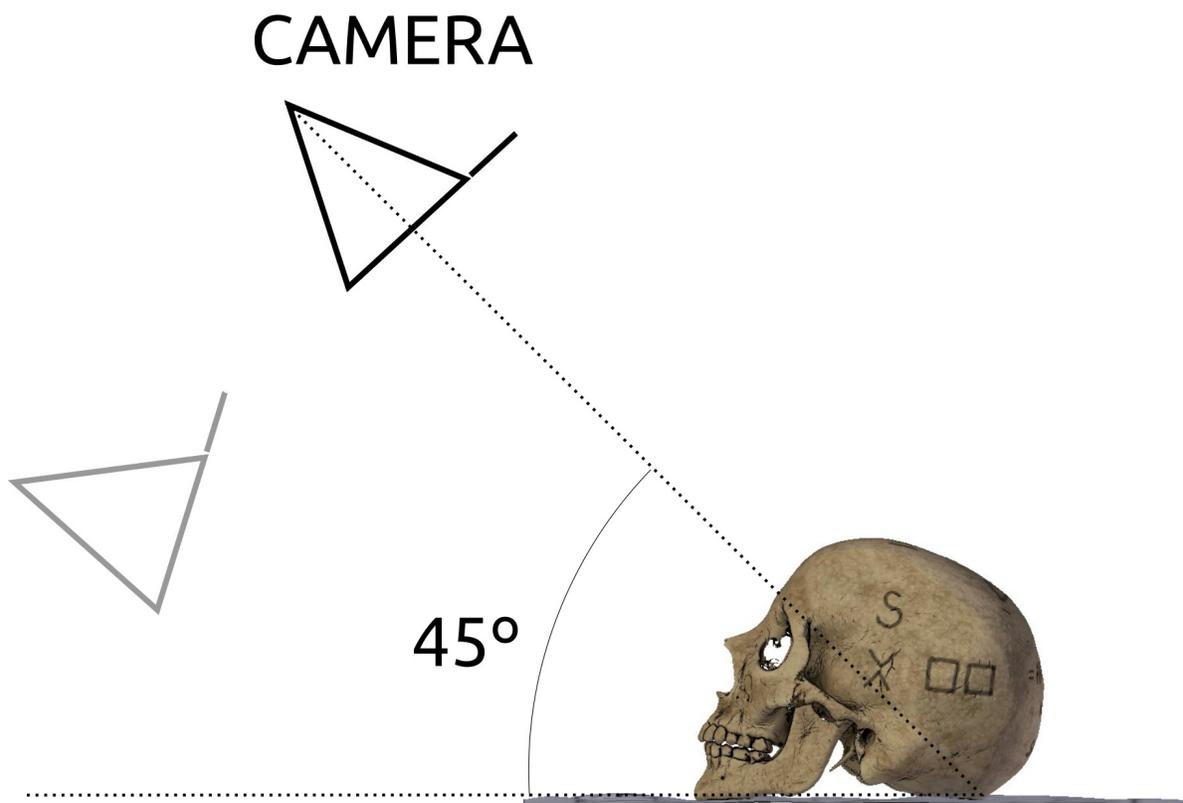


Fig. 10: Sugestão de inclinação da tomadada fotográfica complementar.



Fig. 11: Sequência complementar de tomada fotográfica.

9.3 Leitura Recomendada

- Escaneamento 3D por fotogrametria e software livre aplicado à Reconstrução Facial Forense²⁹
- New technique in facial reconstruction: the case of Giovanni Battista Morgagni³⁰
- Comparando 7 sistemas de fotogrametria 3D. Qual se saiu melhor?³¹
- Demonstration of protocol for computer-aided forensic facial reconstruction with free software and photogrammetry³²
- APPLICABILITY OF OPEN SOFTWARE PHOTOGRAMMETRY TO FORENSIC ANTHROPOLOGY³³
- COMPARAÇÃO ENTRE CINCO SISTEMAS DE DIGITALIZAÇÃO 3D POR FOTOGAMETRIA APLICADOS À ANTROPOLOGIA FORENSE E ODONTOLOGIA LEGAL³⁴

²⁹ https://www.researchgate.net/publication/301700753_Escaneamento_3D_por_fotogrametria_e_software_livre_aplicado_a_Reconstrucao_Facial_Forense

³⁰ https://www.researchgate.net/publication/321874989_New_technique_in_facial_reconstruction_the_case_of_Giovanni_Battista_Morgagni

³¹ <http://www.ciceromoraes.com.br/blog/?p=2525>

³² https://www.researchgate.net/publication/280805686_Demonstration_of_protocol_for_computer-aided_forensic_facial_reconstruction_with_free_software_and_photogrammetry

³³ https://www.researchgate.net/publication/301751909_APPLICABILITY_OF_OPEN_SOFTWARE_PHOTOGRAMMETRY_TO_FORENSIC_ANTHROPOLOGY

³⁴ https://www.researchgate.net/publication/318795528_COMPARACAO_ENTRE_CINCO_SISTEMAS_DE_DIGITALIZACAO_3D_POR_FOTOGAMETRIA_APLICADOS_A_ANTROPOLOGIA_FORENSE_E_ODONTOLOGIA_LEGAL

Fotogrametria na Digitalização 3D de Faces - Comparação entre Ferramentas

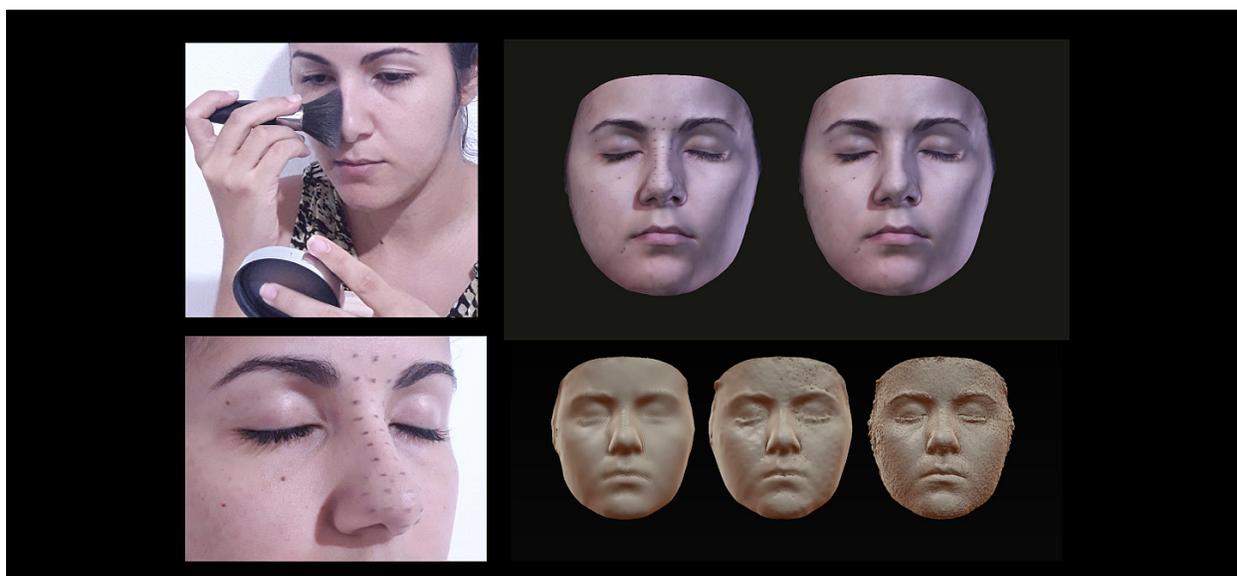


Fig. 1: Preparação da face e fotogrametria.

A proposta deste trabalho é abordar o uso de fotogrametria na obtenção da porção frontal da face para o uso em planejamentos cirúrgicos 3D digitais.

10.1 Objetivos do Estudo

- Levantar o maior número de faces para digitalização 3D, obtendo uma boa amostra;
- Comparar ferramentas de código aberto com código fechado para estudar a viabilidade de se utilizar programas gratuitos em casos de planejamento cirúrgico;
- Desenvolver processo automatizado de digitalização da porção frontal da face;
- Demonstrar a viabilidade de se utilizar um smartphone mediano para a tomada das fotos;
- Buscar soluções para os problemas relacionados à obtenção de fotos e cálculo de dados;

- Criar uma metodologia de digitalização facial livre de custos;
- Portar as soluções para o *add-on* OrtogOnBlender.

10.2 Obtenção das Fotos

Para a obtenção das fotos fora seguido o *Protocolo de Fotogrametria da Face*.

10.3 Fotografia e Coleta de Dados

Primeira Tomada: 13 indivíduos de 9 a 69 anos em um mesmo local, das 12h31 às 13h09 com o tempo majoritariamente nublado e eventualmente ensolarado. Todos permaneceram em um ambiente externo à sombra. Não tomou-se nenhum cuidado prévio para tirar as fotos, os voluntários eram fotografados assim que aceitavam participar da pesquisa. Como o objetivo era avaliar a superfície a textura não foi renderizada.

Segunda Tomada: Um dos indivíduos que aceitou participar da 1ª tomada foi fotografado em 5 ambientes diferentes:

1. Outro local externo à sombra e com tempo ensolarado (sob um beiral);
2. Local encoberto com área de iluminação aberta (em uma varanda);
3. Local encoberto com ampla entrada de luz à direita e pouca luz à esquerda.
4. Ambiente interno com iluminação artificial simples (um ponto de luz);
5. Ambiente interno com escassa iluminação artificial (lâmpada com difusor).

Em quase todos os ambientes (com exceção do 1 e 2) a face foi fotografada com as seguintes configurações:

1. Rosto fotografado ao natural, sem ser lavado;
2. Com pequenos pontos no nariz;
3. Com traços horizontais e verticais ao longo da estrutura do nariz;
4. Com um pouco de pó base para diminuir o brilho da pele na área do nariz. Não foi passado pó no restante da face;
5. Com um pouco de pó base e pequenos pontos ao longo da estrutura do nariz. Não foi passado pó no restante da face.

Nesta fase a textura fora avaliada.

Terceira Tomada: Uma das faces foi novamente fotografada no mesmo local da primeira tomada, no entanto desta vez sem maquiagem (presente na primeira tomada).

10.4 Dados Sobre os Dispositivos

10.4.1 Máquina Fotográfica

- Galaxy J7 Metal (SM-J710MN);
- Marca da câmera: Samsung;
- Modelo da câmera: SM-J710MN;
- Flash não ativado;
- Programa de exposição: Programa normal;
- Distância focal: 3,7.

10.4.2 Computador

- CPU: Intel(R) Core(TM) i7-3770 CPU @ 3.40GHz;
- RAM: 11.70 GB Physical Memory 0B Virtual Memory;
- OS: Xubuntu Minimal 17.10, Linux 4.10.0-42-generic (x86_64);
- GPU: NVIDIA Corporation GF116 [GeForce GTS 450 Rev. 2];
- Board Name: P8H61-M LE/BR (ASUSTeK COMPUTER INC);
- HD Model: WDC WD10EZEX-00W.

10.5 Área de Interesse, Alinhamento e Redimensionamento

Todas as digitalizações foram rotacionadas, redimensionadas e seccionadas utilizando os recursos do addon OrtogOnBlender. Ao serem importadas no software Blender 3D as faces foram alinhadas e redimensionadas utilizando como base a distância intercantal lateral dos dois olhos.

Vídeo exemplo de alinhamento e redimensionamento: <https://youtu.be/MTfQLnKJK0o>

A área de interesse definida é a porção frontal da face, posto que as simulações de cirurgia ortognática e rinoplastia geralmente focam nessa região.

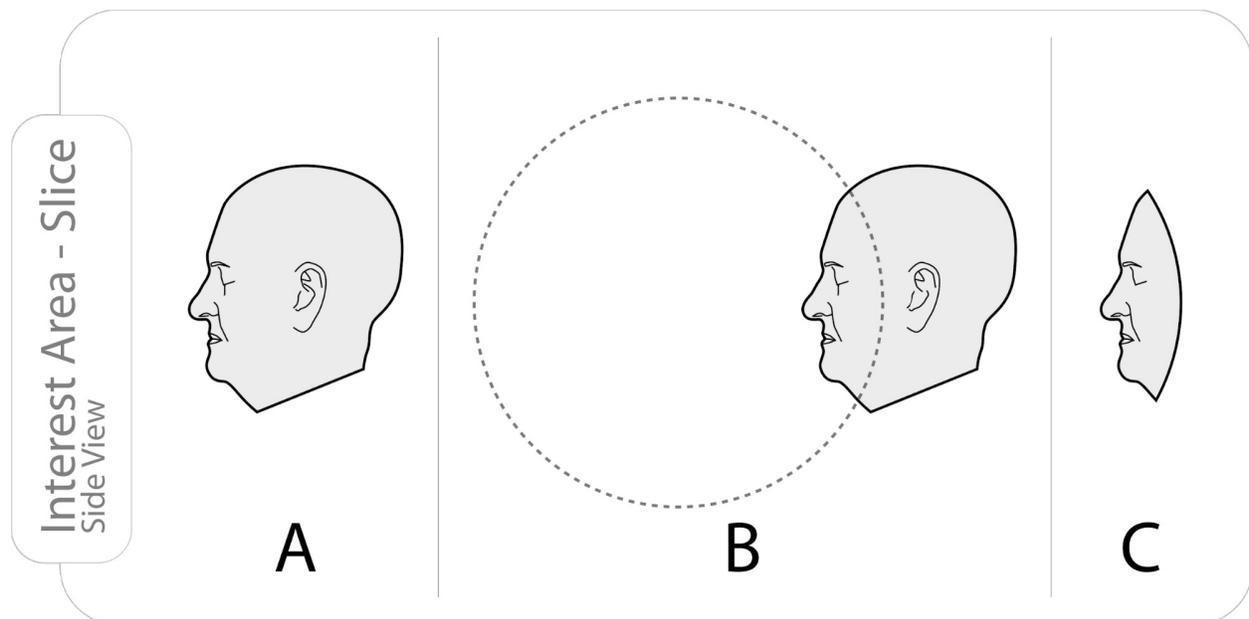


Fig. 2: Segmentação da região de interesse da face.

Além da área de interesse se limitar a parte frontal, é imprescindível para esse tipo de modelo, que ele contenha poucas faces, de modo a facilitar as manipulações em tempo real necessárias nos procedimentos propostos.

Vídeo exemplo de seleção da área de interesse: <https://youtu.be/h-bFvHlp-8g>

10.6 Programas para a Fotogrametria

Todas as ferramentas a seguir foram configuradas para executar o processo de fotogrametria em menos de 20 minutos, limite que foi ultrapassado em momentos isolados, mas manteve-se dentro do proposto quando geradas as médias globais.

10.6.1 MVE/SMVS + MeshLab + MVS Texturing

1. Alinhamento das câmeras (MVE);
2. Nuvem densa de pontos (SMVS);
3. Reconstrução da malha 3D (MeshLabServer script);
4. Texturização da malha 3D (MVS Texturing).

10.6.2 MVE/SMVS + MVS Texturing

1. Alinhamento das câmeras (MVE);
2. Nuvem densa de pontos (SMVS);
3. Reconstrução da malha 3D (MVE);
4. Limpeza da malha 3D (MVE);
5. Texturização da malha 3D (MVS Texturing).

10.6.3 OpenMVG + OpenMVS

1. Alinhamento das câmeras e nuvem esparsa de pontos (OpenMVG);
2. Nuvem densa de pontos (OpenMVS);
3. Reconstrução da malha 3D (OpenMVS);
4. Texturização da malha 3D (OpenMVS);
5. Exportação para OBJ (Meshlabserver script).

10.6.4 Photoscan

Este software conta com um workflow próprio onde executa todos os passos do processo de fotogrametria.

10.6.5 Resources

- MVE: <https://github.com/simonfuhrmann/mve>
- SMVS: <https://github.com/flanggut/smvs>
- MVS Texturing: <https://github.com/nmoehrl/mvs-texturing>
- OpenMVG: <https://github.com/openMVG/openMVG>
- OpenMVS: <https://github.com/cdcseacave/openMVS>
- Photoscan: <https://www.agisoft.com/> (renomeado para Agisoft Metashape)

10.7 Resultados Gerais das Tomada

10.7.1 Primeira Tomada

Tabela 1: Tabela de Resultados da Segunda Tomada

Código	Idade	Ancestralidade	Tempo da Tomada (s)	MVE/SMVS + Meshlab (m)	MVE/SMVS + MVS Texturing (m)	OpenMVG + OpenMVS (m)	Photoscan (m)
000	66	EURO	29	13	16	10	24
001	42	EURO	28	15	16	11	18
002	62	EURO	27	13	16	10	21
003	29	MISC	31	13	16	9	15
004	44	EURO	33	14	15	ERRO	21
005	69	EURO	29	15	17	ERRO	18
006	22	MISC	26	13	15	10	15
007	29	AFRO	27	13	14	9	13
008	9	EURO	28	12	14	8	12
009	45	EURO	28	14	16	9	15
010	11	MISC	30	13	15	9	15
011	37	MISC	24	12	ERRO	ERRO	17
012	20	EURO	25	12	14	9	15
Média	37	—	28	13	15	9	17

10.7.2 Segunda Tomada

Tabela 2: Tabela de Resultados da Segunda Tomada

Ambiente	Tempo da Tomada (s)	MVE/SMVS + Meshlab (m)	OpenMVG + OpenMVS (m)	Photoscan (m)
Externo à Sombra - Natural	27	12	6	16
Externo à Sombra - Pontos no Nariz	30	11	7	19
Interno Amplamente Iluminado por Luz Externa - Natural	24	12	7	19
Interno Amplamente Iluminado por Luz Externa - Pontos no Nariz	22	12	7	16
Interno Externamente Iluminado pela Direita - Natural	22	12	7	16
Interno Externamente Iluminado pela Direita - Natural	22	12	7	21
Interno Externamente Iluminado pela Direita - Pontos no Nariz	29	13	9	21
Interno Externamente Iluminado pela Direita - Riscos no Nariz	23	11	7	14
Interno Externamente Iluminado pela Direita - Maquiagem	37	12	4	16
Interno Externamente Iluminado pela Direita - Maquiagem e Pontos	34	13	7	18
Interno Iluminado - Natural	29	10	ERRO	12
Interno Iluminado - Pontos no Nariz	28	12	4	13
Interno Iluminado - Riscos no Nariz	25	11	6	10
Interno Iluminado - Maquiagem	37	12	3	10
Interno Iluminado - Maquiagem e Pontos	30	11	4	11
Interno Pouco Iluminado - Natural	29	11	ERRO	11
Interno Pouco Iluminado - Pontos no Nariz	31	11	5	9
Interno pouco Iluminado - Riscos no Nariz	27	11	4	8
Interno Pouco Iluminado - Maquiagem e Pontos	30	11	ERRO	6
Média	29	12	6	14

10.7.3 Terceira Tomada

Por se tratar de uma tomada única, o leitor é orientado a ler o resultado logo abaixo em *Resultado da Terceira Tomada*.

10.7.4 Média Geral das Tomadas

Tabela 3: Tabela de Média de Resultados

Descrição	Valor Médio
Tomada de 26 fotos	28 segundos
MVE/SMVS + Meshlab + MVS Texturing	12 minutos
MVE/SMVS + MVS Texturing	15 minutos
OpenMVG + OpenMVS	7 minutos
Photoscan	15 minutos

10.7.5 Análise Geral

MVE/SMVS + Meshlab + MVS Texturing

Prós:

- Malha limpa, nítida e ao mesmo tempo leve, perfeita para a dinâmica de tecido mole em tempo real (cirurgia ortognática) e escultura digital (rinoplastia);
- Reconhecimento automático de distância focal e outras características da câmera;
- Software de código aberto;
- Ótima relação entre tempo de processamento e resultado;
- Funciona em linha de comando, o que permite uma boa integração com o Blender através de Python script;
- Roda em Windows, Linux e Mac OS X.

Contras:

- Quando a iluminação não é homogênea há uma tendência de apresentar problemas na textura;
- Os algoritmos não lidam bem com superfícies lustrosas (ponta do nariz);
- Apaga as regiões onde a textura não pode ser projetada;
- Não apresenta muitos detalhes na superfície criada.

MVE/SMVS + MVS Texturing

Prós:

- Reconhecimento automático de distância focal e outras características da câmera;
- Software de código aberto;
- Bom nível de detalhamento superficial;
- Funciona em linha de comando, o que permite uma boa integração com o Blender através de Python script;
- Roda em Windows, Linux e Mac OS X.

Contras:

- Quando a iluminação não é homogênea há uma tendência de apresentar problemas na textura;
- Os algoritmos não lidam bem com superfícies lustrosas (ponta do nariz);
- Apaga as regiões onde a textura não pode ser projetada;
- Não apresenta boa relação entre tempo de processamento e resultado.

OpenMVG + OpenMVS

Prós:

- Software de código aberto;
- Processamento rápido;
- Excelente ferramenta para a criação de texturas;
- Funciona em linha de comando, o que permite uma boa integração com o Blender através de Python script;
- Roda em Windows, Linux e Mac OS X.

Contras:

- Pequenas irregularidades ao longo da superfície na maioria das reconstruções, principalmente de indivíduos jovens;
- Não conta com reconhecimento automático de distância focal e outras características da câmera, o que pode comprometer os cálculos;
- Não apresenta muitos detalhes na superfície criada;
- Eventualmente apresenta erro de cálculo e não gera o modelo.

Importante: Todos os problemas descritos em **Contras** foram solucionados, ou diretamente no código do OrtogOnBlender, ou no [Protocolo de Fotogrametria da Face](#). Por esses motivos o OpenMVG + OpenMVS é o *default* de digitalização por fotogrametria no OrtogOnBlender. Soluções: 1) Irregularidades: *Smooth*, 2) Distância focal: Inserção automática via *script*, 3) Baixa resolução: *Multiresolution* com *Displacement*, 4) Erro de cálculo: Fazer pontos ou traços no modelo.

Photoscan

Prós:

- Reconhecimento automático de distância focal e outras características da câmera;
- Valor acessível em sua versão *standard*;
- Ótimo nível de detalhamento superficial;
- Excelente ferramenta para a criação de texturas;
- Roda em Windows, Linux e Mac OS X.

Contras:

- Pequenas irregularidades ao longo da superfície;
- Não apresenta boa relação entre tempo de processamento e resultado;
- Apesar do detalhamento as malhas geradas pecam muito no quesito nitidez;
- A versão *standard* não permite o uso de Python script o que dificulta a comunicação direta com o Blender.

10.7.6 Problemas, Soluções e Recomendações

Textura com Problema de Contraste

- **Solução 1:** Fotografar em ambientes onde a iluminação é homogênea;
- **Solução 2:** Configurar manualmente a câmera para que o brilho e o contraste permaneçam o mesmo, ou ao menos o máximo parecido possível entre a primeira e a última foto. Um reflexo dessa alteração é o aumento da média de tempo da tomada de 26 fotos dos atuais 28 segundos, para 44 segundos, mas vale a pena o esforço.

Importante: A solução proveniente do OpenMVG + OpenMVS oferece uma geração de textura mais homogênea que os outros livres e gratuitos.

Irregularidades na Ponta do Nariz (Superfície Lustrosa)

- **Solução:** O problema pode ser resolvido com pequenos pontos no nariz, mas a solução mais eficaz é primeiramente reduzir o brilho com pó (maquiagem) e em seguida fazer os pontos ao longo da estrutura do nariz de 5 em 5 mm em média.

Dica: Caso haja a necessidade de ocultar os pontos o usuário pode recorrer a ferramenta Clone (Carimbo) no Texture Paint.

Importante: Apesar dos pontos incomodarem os novos usuários, há uma tendência dos mesmos os ignorarem com o hábito do uso, dispensando a ocultação dos pontos, posto que os cirurgiões costumam focar mais na análise da estrutura do que na apresentação da textura e não editar posteriormente torna o trabalho mais rápido.

Falta de Detalhamento na Superfície

- **Solução:** A falta de detalhamento pode ser resolvida através de *bump map* ou *displacement*, utilizando como parâmetro a própria textura. O comando passou a ser disponibilizado automaticamente pelo OrtoGOnBlender.

Regiões Faltantes ou Pequenos Buracos na Face

- **Solução 1:** Digitalização com boa iluminação costuma gerar modelos mais fechados;
- **Solução 2 (MVS Texturing):** Habilitar a opção “*-keep_unseen_faces*” no momento da geração da textura, mas isso gera regiões esbranquiçadas que destoam da cor da face.

10.7.7 Recomendações Gerais

- A média global de fotografar uma sequência é de 28 segundos, ou seja, em mais ou menos um minuto e meio pode-se fazer 3 tomadas para garantir o sucesso da operação ao gerar um número excedente de fotos;
- Se estiver em um ambiente fechado procure fazer ao menos uma das tomadas com a câmera no manual para gerar boas texturas;
- Antes de fazer fotografias para um paciente real, treine o processo com outras pessoas, de preferência com alguém próximo;
- Se possível faça as fotos sempre em um mesmo ambiente controlado, isso aumenta a possibilidade de sucesso e diagnóstico de eventuais problemas relacionados a digitalização;

- Não confie apenas em um sistema de fotogrametria, assim como a maioria das pessoas conserva mais de um *browser* de internet em seus PCs, é interessante ter a disposição mais de um programa de digitalização 3D;
- Uma boa alternativa para simplificar ainda mais o processo seria a criação de um sistema automático de tomada fotográfica, baseado em Arduino®, por exemplo.

10.8 Resultados Individuais da Primeira Tomada

O objetivo desta seção é analisar um caso individual, de modo a visualizar os problemas apresentados e a característica de cada uma das ferramentas utilizadas. Optou-se por evidenciar os problemas na geração das malhas, de modo a evidenciar os pontos fracos de cada sistema.

10.8.1 Tomada 000

Descrição	Valor
Código	000
Sexo	Feminino
Idade	66
Ancestralidade	Européia
Tomada de 26 fotos	29 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	13 minutos
Digitalização MVE/SMVS+MVS Texturing	16 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	10 minutos
Digitalização Photoscan	24 minutos

Ordem, da esquerda para a direita:

1. MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing
2. MVE/SMVS+MVS Texturing
3. OpenMVG+OpenMVS
4. Photoscan

Resultados

- Região faltante na parte inferior das faces 1 e 2 (Fig. 3).
- Leve irregularidade na parte superior esquerda da face 4 (Fig. 3).
- Região faltante na parte inferior e lateral das faces 1 e 2 (Fig. 4).
- Irregularidade na parte lateral e inferior da face 4 (Fig. 4).
- Região faltante na parte inferior das faces 1 e 2 (Fig. 5).
- Irregularidade na parte inferior e superior da face 4 (Fig. 5).
- Irregularidades leves na face 4 (Fig. 6).
- Demonstração da região faltante na parte inferior das faces 1 e 2 (Fig. 7).
- Irregularidade na parte inferior da face 4 (Fig. 7).
- Irregularidade na parte inferior do nariz na face 2 (Fig. 8).



Fig. 3: Tomada 000 - Visão frontal.



Fig. 4: Tomada 000 - Visão lateral direita.



Fig. 5: Tomada 000 - Visão lateral esquerda.

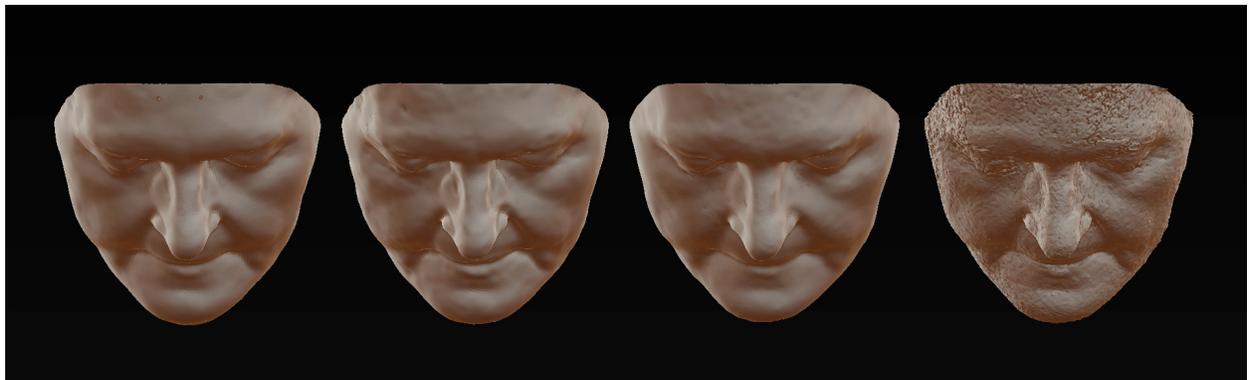


Fig. 6: Tomada 000 - Visão superior.



Fig. 7: Tomada 000 - Visão inferior.



Fig. 8: Tomada 000 - Visão do perfil.

10.8.2 Tomada 001

Descrição	Valor
Código	001
Sexo	Masculino
Idade	42
Ancestralidade	Européia
Tomada de 26 fotos	28 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	15 minutos
Digitalização MVE/SMVS+MVS Texturing	16 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	11 minutos
Digitalização Photoscan	18 minutos

Ordem, da esquerda para a direita:

1. MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing
2. MVE/SMVS+MVS Texturing
3. OpenMVG+OpenMVS
4. Photoscan

Resultados



Fig. 9: Tomada 001 - Visão frontal.

- Geração irregular na parte direita da face 3 (Fig.9).
- Geração irregular da parte esquerda da face 4 (Fig.9).
- Regiões faltantes na parte inferior das faces 1 e 2 (Fig.10).
- Regiões faltantes na parte inferior do nariz na face 2 (Fig.10).
- Irregularidade na ponta do nariz evidenciada nas faces 1 e 2 (Fig.11).
- Irregularidade na base do nariz da face 3 (Fig.11).
- Irregularidade ao longo da face 4 (Fig.11).



Fig. 10: Tomada 001 - Visão inferior.



Fig. 11: Tomada 001 - Visão do perfil.

10.8.3 Tomada 002

Descrição	Valor
Código	002
Sexo	Feminino
Idade	62
Ancestralidade	Européia
Tomada de 26 fotos	27 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	13 minutos
Digitalização MVE/SMVS+MVS Texturing	16 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	10 minutos
Digitalização Photoscan	21 minutos

Ordem, da esquerda para a direita:

1. MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing
2. MVE/SMVS+MVS Texturing
3. OpenMVG+OpenMVS
4. Photoscan

Resultados



Fig. 12: Tomada 002 - Visão frontal.

- Irregularidade na região superior da face 4 (Fig. 12).
- Regiões faltantes na parte lateral e inferior das faces 1 e 2 (Fig.13).



Fig. 13: Tomada 002 - Visão direita.

10.8.4 Tomada 003

Descrição	Valor
Código	003
Sexo	Feminino
Idade	29
Ancestralidade	Miscigenada
Tomada de 26 fotos	31 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	13 minutos
Digitalização MVE/SMVS+MVS Texturing	16 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	9 minutos
Digitalização Photoscan	15 minutos

Ordem, da esquerda para a direita:

1. MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing
2. MVE/SMVS+MVS Texturing
3. OpenMVG+OpenMVS
4. Photoscan

Resultados



Fig. 14: Tomada 003 - Visão frontal.

- Irregularidade na parte direita e dos olhos da face 3 (Fig. 14).
- Irregularidade na parte inferior da face 4 (Fig. 14).
- Região faltante na parte inferior da face 1 e 2 (Fig. 15).
- Pequena região faltante na parte inferior do nariz 2 (Fig. 15).
- Demonstração da irregularidade na parte direita da face 3 (Fig. 15).
- Demonstração da irregularidade na parte inferior da face 4 (Fig. 15).

10.8.5 Tomada 004

Descrição	Valor
Código	004
Sexo	Masculino
Idade	44
Ancestralidade	Européia
Tomada de 26 fotos	33 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	14 minutos
Digitalização MVE/SMVS+MVS Texturing	15 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	ERRO! (não gerou o 3D)
Digitalização Photoscan	21 minutos

Ordem, da esquerda para a direita:

1. MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing
2. MVE/SMVS+MVS Texturing
3. Photoscan



Fig. 15: Tomada 003 - Visão de perfil.

Resultados



Fig. 16: Tomada 004 - Visão frontal.

- Fotogrametrias sem problemas estruturais quando visualizados frontalmente (Fig. 16).



Fig. 17: Tomada 004 - Visão inferior.

- Região faltante na base do nariz e da parte inferior da face 2 (Fig. 17).

10.8.6 Tomada 005

Descrição	Valor
Código	005
Sexo	Masculino
Idade	69
Ancestralidade	Européia
Tomada de 26 fotos	29 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	15 minutos
Digitalização MVE/SMVS+MVS Texturing	17 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	ERRO! (não gerou o 3D)
Digitalização Photoscan	18 minutos

Ordem, da esquerda para a direita:

1. MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing
2. MVE/SMVS+MVS Texturing
3. Photoscan

Resultados



Fig. 18: Tomada 005 - Visão frontal.

- Região faltante nos cabelos das faces 1 e 2 (Fig. 18).
- Irregularidade na região do nariz da face 3 (Fig. 18).
- Pequena região faltante na parte esquerda do nariz da face 2 (Fig. 19).
- Região faltante na parte direita inferior das faces 1 e 2 (Fig. 20).
- Região faltante na parte inferior do nariz da face 2 (Fig. 20).



Fig. 19: Tomada 005 - Visão diagonal esquerda.



Fig. 20: Tomada 005 - Visão inferior.

10.8.7 Tomada 006

Descrição	Valor
Código	006
Sexo	Feminino
Idade	22
Ancestralidade	Miscigenada
Tomada de 26 fotos	26 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	13 minutos
Digitalização MVE/SMVS+MVS Texturing	15 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	10 minutos
Digitalização Photoscan	15 minutos

Ordem, da esquerda para a direita:

1. MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing
2. MVE/SMVS+MVS Texturing
3. OpenMVG+OpenMVS
4. Photoscan

Resultados



Fig. 21: Tomada 006 - Visão frontal.

- Irregularidade na ponta do nariz das faces 1 e 2 (Fig. 21).
- Falta de cobertura na digitalização da face 3, principalmente na parte direita da estrutura (Fig. 21).
- Irregularidade abaixo dos olhos, na parte direita, no limite com o nariz da face 4 (Fig. 21).
- Demonstração da irregularidade na ponta do nariz das faces 1 e 2 (Fig. 22).
- Regiões faltantes na parte inferior das faces 1 e 2 (Fig. 22).



Fig. 22: Tomada 006 - Visão do perfil esquerdo.

10.8.8 Tomada 007

Descrição	Valor
Código	007
Sexo	Feminino
Idade	29
Ancestralidade	Africana
Tomada de 26 fotos	27 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	13 minutos
Digitalização MVE/SMVS+MVS Texturing	14 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	9 minutos
Digitalização Photoscan	13 minutos

Ordem, da esquerda para a direita:

1. MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing
2. MVE/SMVS+MVS Texturing
3. OpenMVG+OpenMVS
4. Photoscan

Resultados



Fig. 23: Tomada 007 - Visão frontal.

- Irregularidade na ponta do nariz das faces 1 e 2 (Fig. 23).
- Irregularidades ao longo da face 3 (Fig. 23).
- Irregularidades na região do nariz e inferior da face 4 (Fig. 23).
- Demonstração da irregularidade na ponta do nariz das faces 1 e 2 (Fig. 24).
- Demonstração das irregularidades ao longo das faces 3 e 4 (Fig. 24).



Fig. 24: Tomada 007 - Visão do perfil esquerdo.

10.8.9 Tomada 008

Descrição	Valor
Código	008
Sexo	Feminino
Idade	9
Ancestralidade	Européia
Tomada de 26 fotos	28 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	12 minutos
Digitalização MVE/SMVS+MVS Texturing	14 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	8 minutos
Digitalização Photoscan	12 minutos

Ordem, da esquerda para a direita:

1. MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing
2. MVE/SMVS+MVS Texturing
3. OpenMVG+OpenMVS
4. Photoscan

Resultados



Fig. 25: Tomada 008 - Visão frontal.

- Irregularidades na base da face 2 (Fig. 25).
- Irregularidade generalizada e severo comprometimento do formato da face 3 (Fig. 25).
- Irregularidades ao longo da face e falta de nitidez 4 (Fig. 25).
- Irregularidade na ponta do nariz das faces 1 e 2 (Fig. 26).
- Demonstração das irregularidades ao longo das faces 2 e 3 (Fig. 26).



Fig. 26: Tomada 008 - Visão do perfil esquerdo.

10.8.10 Tomada 009

Descrição	Valor
Código	009
Sexo	Feminino
Idade	45
Ancestralidade	Européia
Tomada de 26 fotos	28 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	14 minutos
Digitalização MVE/SMVS+MVS Texturing	16 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	9 minutos
Digitalização Photoscan	21 minutos

Ordem, da esquerda para a direita:

1. MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing
2. MVE/SMVS+MVS Texturing
3. OpenMVG+OpenMVS
4. Photoscan

Resultados



Fig. 27: Tomada 009 - Visão frontal.

- Irregularidade generalizada na parte superior das faces 1 e 2 (Fig. 27).
- Irregularidade generalizada e severo comprometimento do formato da face 3 (Fig. 27).
- Irregularidade na região superior esquerda da face 4 (Fig. 27).
- Demonstração das irregularidades nas faces 1, 2, 3 e 4 (Fig. 28).

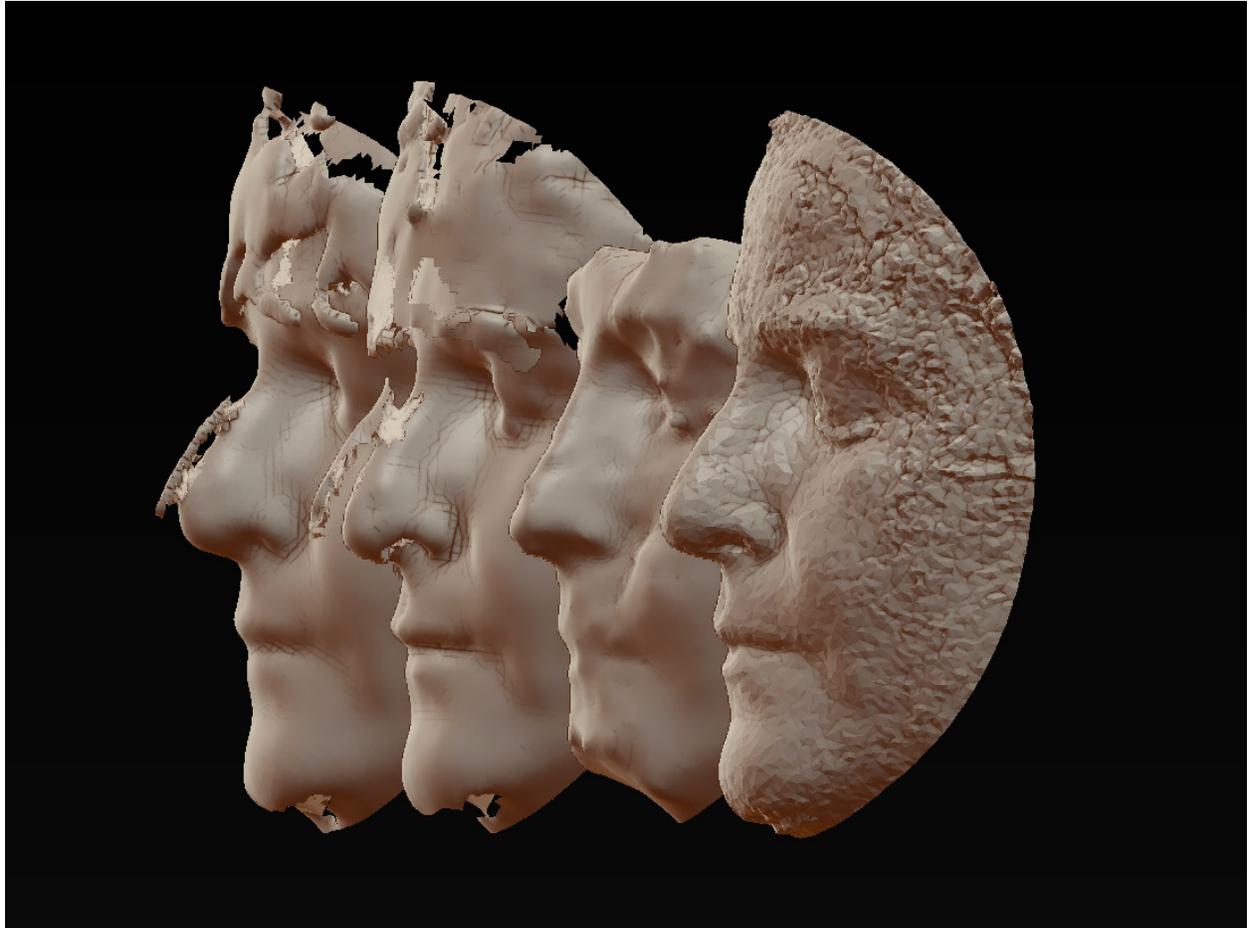


Fig. 28: Tomada 009 - Visão do perfil esquerdo.

10.8.11 Tomada 010

Descrição	Valor
Código	010
Sexo	Feminino
Idade	11
Ancestralidade	Miscigenada
Tomada de 26 fotos	30 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	13 minutos
Digitalização MVE/SMVS+MVS Texturing	15 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	9 minutos
Digitalização Photoscan	15 minutos

Ordem, da esquerda para a direita:

1. MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing
2. MVE/SMVS+MVS Texturing
3. OpenMVG+OpenMVS
4. Photoscan

Resultados



Fig. 29: Tomada 010 - Visão frontal.

- Irregularidade generalizada e severo comprometimento do formato da face 3 (Fig. 29).
- Falta de nitidez na face 4.
- Irregularidade na ponta do nariz das faces 1 e 2 (Fig. 30).



Fig. 30: Tomada 010 - Visão do perfil esquerdo.

10.8.12 Tomada 011

Descrição	Valor
Código	011
Sexo	Feminino
Idade	37
Ancestralidade	Miscigenada
Tomada de 26 fotos	24 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	13 minutos
Digitalização MVE/SMVS+MVS Texturing	ERRO! (não gerou o 3D)
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	ERRO! (não gerou o 3D)
Digitalização Photoscan	15 minutos

Ordem, da esquerda para a direita:

1. MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing
2. Photoscan

Resultados



Fig. 31: Tomada 011 - Visão frontal.

- Irregularidade na ponta do nariz da face 1 (Fig. 31).
- Demonstração da irregularidade na ponta do nariz e na parte inferior da face 1 (Fig. 32).



Fig. 32: Tomada 011 - Visão do perfil esquerdo.

10.8.13 Tomada 012

Descrição	Valor
Código	012
Sexo	Masculino
Idade	20
Ancestralidade	Européia
Tomada de 26 fotos	25 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	12 minutos
Digitalização MVE/SMVS+MVS Texturing	14 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	9 minutos
Digitalização Photoscan	15 minutos

Ordem, da esquerda para a direita:

1. MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing
2. MVE/SMVS+MVS Texturing
3. OpenMVG+OpenMVS
4. Photoscan

Resultados

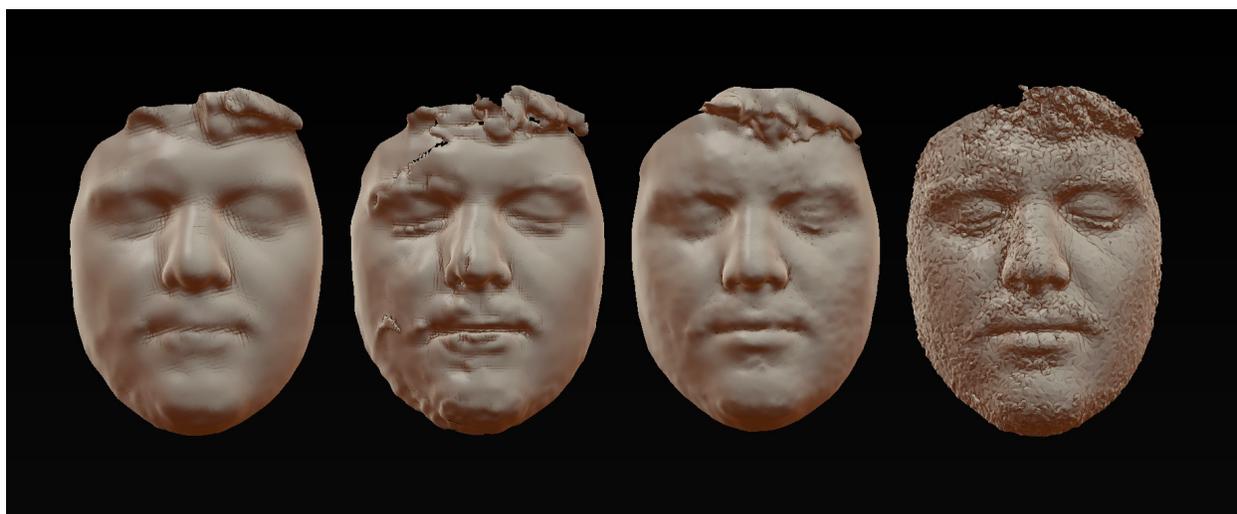


Fig. 33: Tomada 012 - Visão frontal.

- Irregularidades na parte direita da face 2 (Fig. 33).
- Irregularidades gerais com ênfase na região do nariz da face 4 (Fig. 34).



Fig. 34: Tomada 012 - Visão do perfil direito.

10.9 Resultados Individuais da Segunda Tomada

Código do indivíduo: **003**

Importante: Nesta fase do estudo escolheu-se o cálculo com o **MVE/SMVS+MVS Texturing**.

10.9.1 Ambiente Externo à Sombra - Natural

Descrição	Valor
Ambiente externo à sombra - natural	
Tomada de 26 fotos	27 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	12 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	6 minutos
Digitalização Photoscan	16 minutos



Fig. 35: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.

- Irregularidade na textura presente na parte superior esquerda da face 1 (Fig. 35).
- Pequenas irregularidade generalizadas nas malhas das faces 2 e 3 (Fig. 36).
- Pequenas irregularidades generalizadas na malhas das faces 2 e 3 (Fig. 37).
- Superfície mais lisa e menos detalhada nas faces 1 e 2 (Fig. 38).

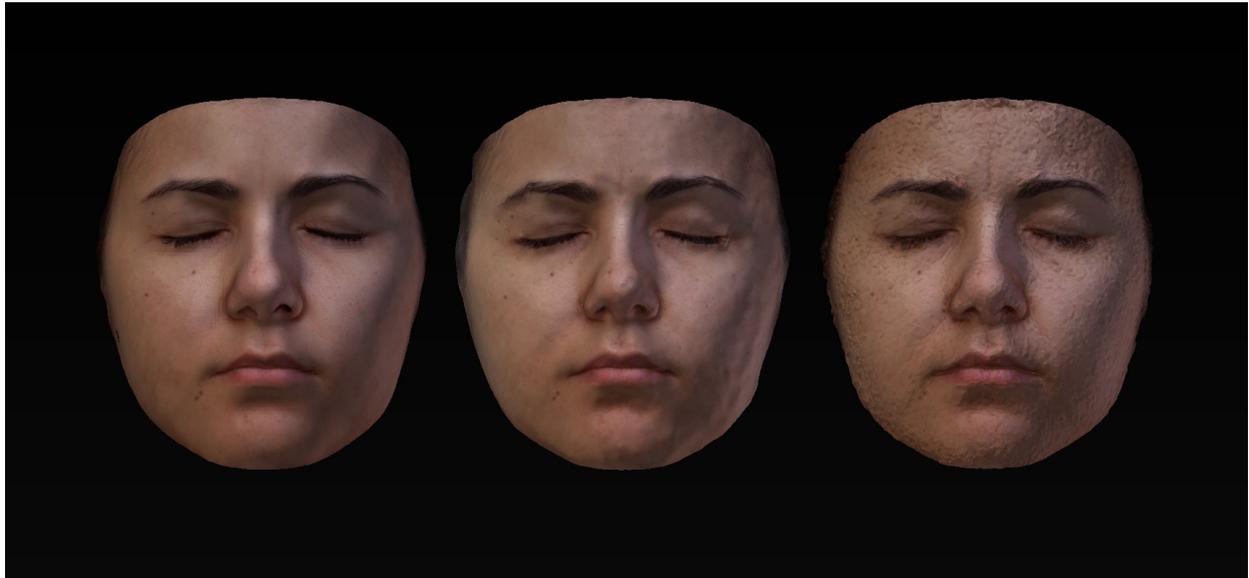


Fig. 36: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 37: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 38: Visão do perfil esquerdo sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

10.9.2 Ambiente Externo à Sombra - Pontos no Nariz

Descrição	Valor
Ambiente externo à sombra - pontos no nariz	
Tomada de 26 fotos	30 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	11 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	7 minutos
Digitalização Photoscan	19 minutos



Fig. 39: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.

- Todas as reconstruções apresentaram bom resultado (Fig. 39).



Fig. 40: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Pequenas irregularidades nas faces 2 e 3 (Fig. 40).



Fig. 41: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Pequenas irregularidades nas faces 2 e 3 (Fig. 41).
- Boa digitalização do nariz em todas as faces (Fig. 42).

10.9.3 Ambiente Interno Amplamente Iluminado por Luz Externa - Natural

Descrição	Valor
Ambiente interno amplamente iluminado por luz externa - natural	
Tomada de 26 fotos	24 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	12 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	7 minutos
Digitalização Photoscan	16 minutos

- Problemas na textura ao longo da face 1 (Fig. 43).
- Pequenas irregularidades nas faces 2 e 3 (Fig. 44).
- Pequenas irregularidades nas faces 2 e 3 (Fig. 45).
- Pequena área faltante na face 1 (Fig. 46).

10.9.4 Ambiente Interno Amplamente Iluminado por Luz Externa - Pontos no Nariz

Descrição	Valor
Ambiente interno amplamente iluminado por luz externa - pontos no nariz	
Tomada de 26 fotos	24 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	12 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	7 minutos
Digitalização Photoscan	16 minutos



Fig. 42: Visão do perfil esquerdo sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 43: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.



Fig. 44: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 45: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 46: Visão do perfil esquerdo sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

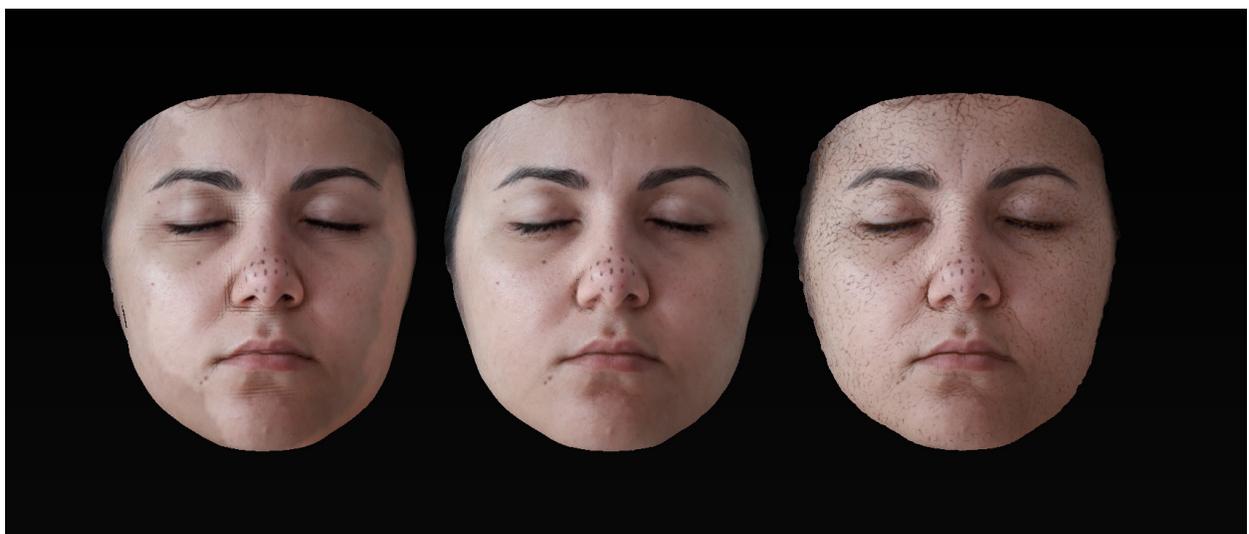


Fig. 47: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.

- Problemas na textura ao longo da da face 1 (Fig. 47).



Fig. 48: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Pequenas irregularidades nas faces 2 e 3 (Fig. 48).



Fig. 49: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Pequenas irregularidades nas faces 2 e 3 (Fig. 49).
- Pequenas áreas faltantes na face 1 (Fig. 50).

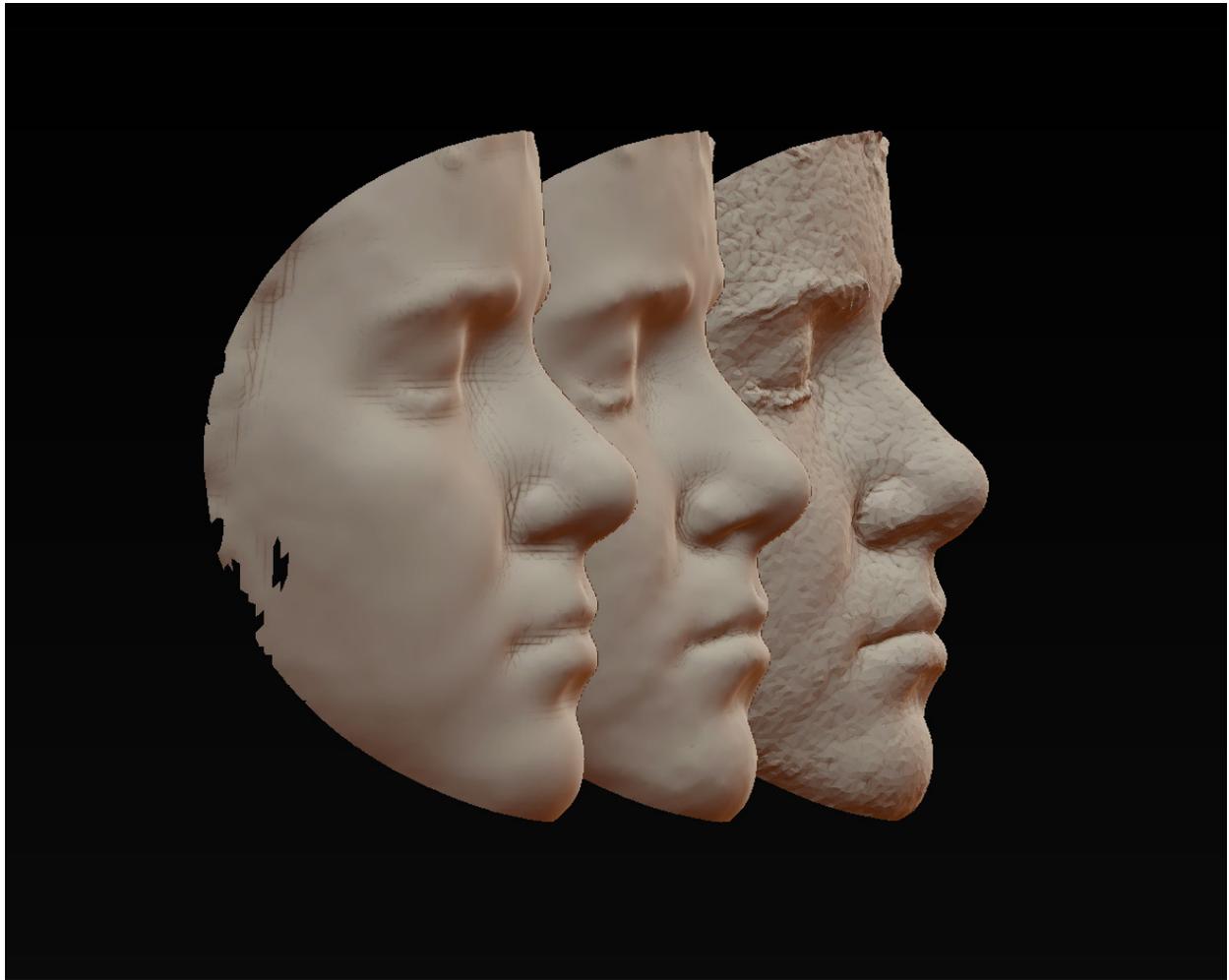


Fig. 50: Visão do perfil esquerdo sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

10.9.5 Ambiente Interno Externamente Iluminado pela Direita - Natural

Descrição	Valor
Ambiente interno externamente iluminado pela direita - natural	
Tomada de 26 fotos	22 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	12 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	7 minutos
Digitalização Photoscan	21 minutos



Fig. 51: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.

- Problema na textura ao longo da face 1 (Fig. 51).
- Reconstrução 3D da face 2 comprometida (Fig. 51).
- Pequenas irregularidades na parte direita da face 3 (Fig. 51).



Fig. 52: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Problema na textura ao longo da face 1 (Fig. 52).
- Reconstrução 3D da face 2 comprometida (Fig. 52).
- Pequenas irregularidades na parte direita da face 3 (Fig. 52).



Fig. 53: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Reconstrução 3D da face 2 comprometida (Fig. 53).
- Pequenas irregularidades na parte direita da face 3 (Fig. 53).



Fig. 54: Visão lateral direita sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Problema com a digitalização da ponta do nariz da face 1 (Fig. 54).

10.9.6 Ambiente Interno Externamente Iluminado pela Direita - Pontos no Nariz

Descrição	Valor
Ambiente interno externamente iluminado pela direita - pontos no nariz	
Tomada de 26 fotos	29 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	13 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	9 minutos
Digitalização Photoscan	21 minutos



Fig. 55: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.

- Problemas de contraste na textura da face 1 (Fig. 55).
- Problema na geração da malha da face 2 (Fig. 55).



Fig. 56: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Irregularidades gerais na face 3 (Fig. 56).



Fig. 57: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Irregularidades evidentes na face 2 (Fig. 57).
- Pequenas regiões faltantes no nariz e na parte de trás da face 1 (Fig. 58).

Importante: Mesmo com os problemas de reconstrução gerais por conta da iluminação, a região das pontas dos narizes mantiveram-se completas em razão dos pontos colocados.

10.9.7 Ambiente Interno Externamente Iluminado pela Direita - Riscos no Nariz

Descrição	Valor
Ambiente interno externamente iluminado pela direita - riscos no nariz	
Tomada de 26 fotos	23 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	11 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	7 minutos
Digitalização Photoscan	14 minutos

- Problemas de contraste na textura da face 1 (Fig. 59).
- Pequenas irregularidades nas faces 1 e 2 (Fig. 60).
- Irregularidades na parte esquerda das faces 2 e 3 (Fig. 61).
- Irregularidades na parte esquerda das faces 2 e 3 (Fig. 62).

Importante: Riscar um objeto que apresenta homogeneidade na cor ajuda ao algoritmo de fotogrametria a encontrar referências para os seus cálculos. Se por um lado esse truque ajuda na obtenção de um modelo mais coerente (basta ver que o nariz foi reconstruído completamente nas três faces) com a realidade estruturalmente falando, por outro ele pode acarretar um grande trabalho, se for necessária remoção posterior da textura. Essa técnica, no entanto, é muito útil para pacientes que sofreram perda de parte da face ou mesmo de membros. A digitalização



Fig. 58: Visão lateral direita sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

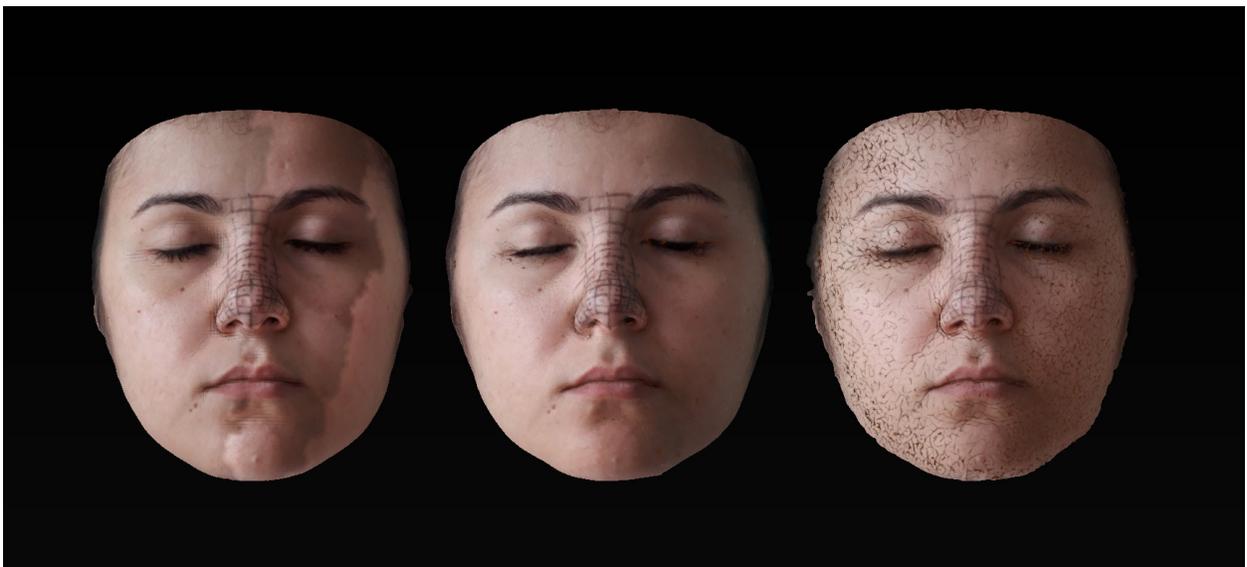


Fig. 59: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.



Fig. 60: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 61: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 62: Visão lateral esquerda sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

pode servir como base para a confecção de próteses. Outro uso corrente é para a comparação de pré e pós cirúrgico, posto que o objetivo de tal atividade está ligada mais a estrutura anatômica do que a textura da superfície.

10.9.8 Ambiente Interno Externamente Iluminado pela Direita - Maquiagem

Descrição	Valor
Ambiente interno externamente iluminado pela direita - maquiagem	
Tomada de 26 fotos	37 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	12 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	4 minutos
Digitalização Photoscan	16 minutos

- Problemas de contraste na textura da face 1 (Fig. 63).
- Irregularidades na parte esquerda das faces 2 e 3 (Fig. 64).
- Irregularidade na parte esquerda das faces 2 (mais acentuada) e 3 (Fig. 65).
- Irregularidade acentuada no lado esquerdo da face 2 (Fig. 66).

Importante: A irregularidade presente no lado esquerdo das faces 2 e 3 se deve à pouca iluminação das mesmas.

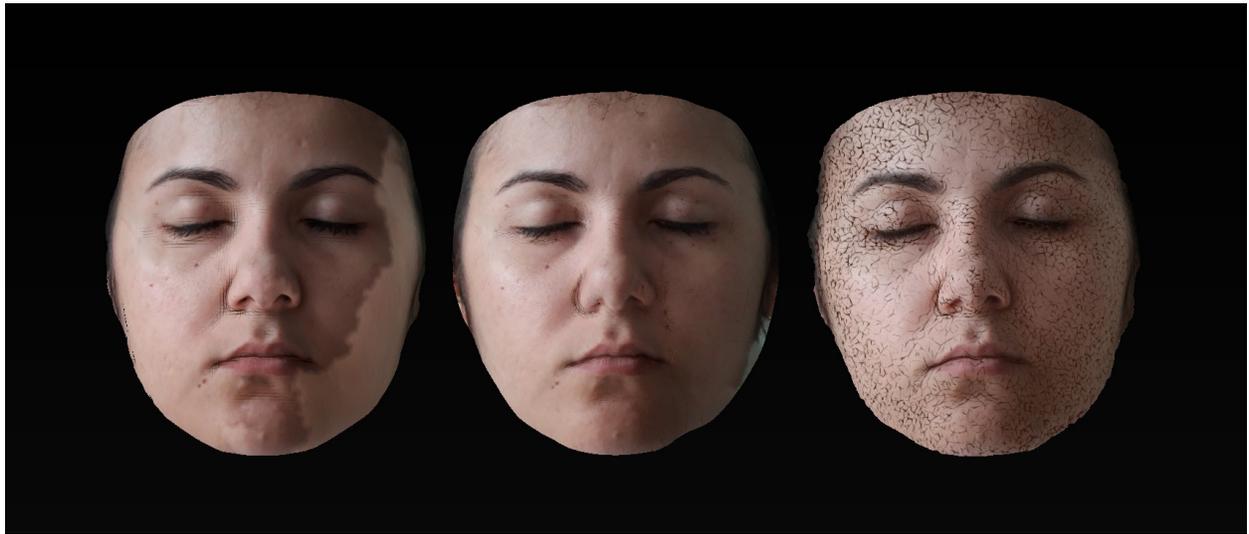


Fig. 63: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.

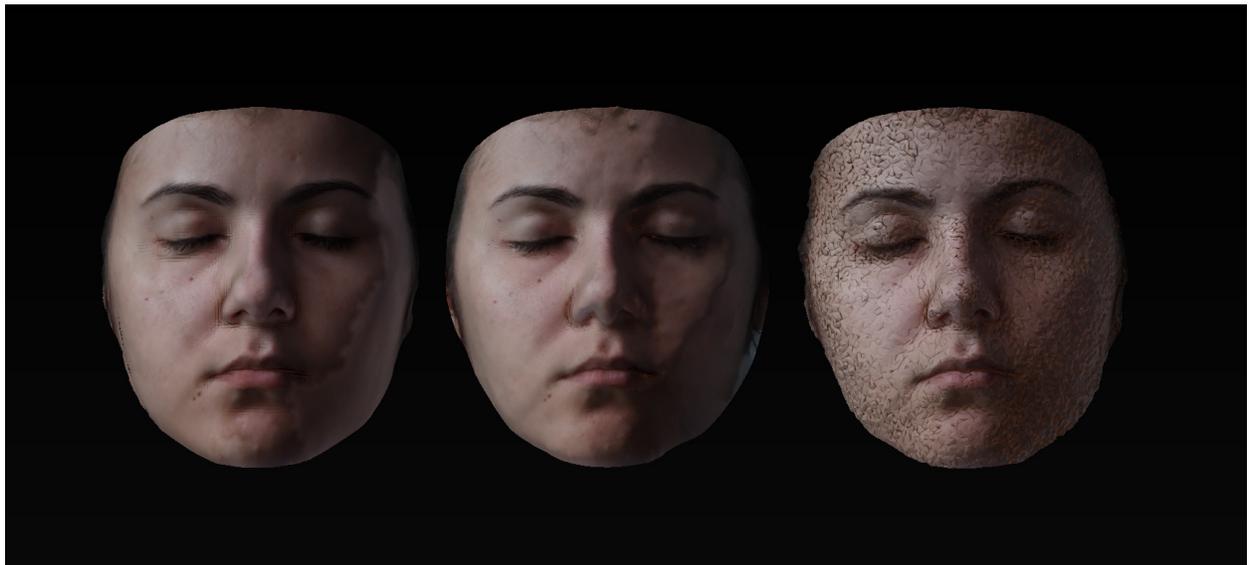


Fig. 64: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 65: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 66: Visão superior sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

10.9.9 Ambiente Interno Externamente Iluminado pela Direita - Maquiagem e Pontos

Descrição	Valor
Ambiente interno externamente iluminado pela direita - maquiagem e pontos	
Tomada de 26 fotos	34 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	13 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	7 minutos
Digitalização Photoscan	18 minutos



Fig. 67: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.

- Problemas de contraste na textura da face 1 (Fig. 67).



Fig. 68: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 69: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Pequenas irregularidades na face 3 (Fig. 68).
- Pequenas irregularidades na face 2 (Fig. 69).
- Pequenas irregularidades nas faces 2 e 3 (Fig. 70).

10.9.10 Ambiente Interno Iluminado - Natural

Descrição	Valor
Ambiente interno iluminado - natural	
Tomada de 26 fotos	29 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	10 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	ERRO (não gerou 3D)
Digitalização Photoscan	12 minutos

- Problemas de contraste na textura da face 1 (Fig. 71).
- Pequeno erro na ponta do nariz da face 1 (Fig. 72)
- Pequenas irregularidades na face 2 (Fig. 72).
- Pequeno erro na ponta do nariz da face 1 (Fig. 73)
- Pequenas irregularidades na face 2 (Fig. 73).
- Problema na ponta do nariz das faces 1 e 2 (Fig. 74).

Importante: Aqui fica evidenciado o problema da geração do nariz quando os pontos não são colocados, posto que a homogeneidade da cor da pele, bem como o brilho não fornecem ao algoritmo da fotogrametria os elementos necessários para uma boa digitalização.



Fig. 70: Visão do perfil esquerdo sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 71: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.



Fig. 72: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 73: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

10.9.11 Ambiente Interno Iluminado - Pontos no Nariz

Descrição	Valor
Ambiente interno iluminado - pontos no nariz	
Tomada de 26 fotos	28 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	12 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	4 minutos
Digitalização Photoscan	13 minutos

- Problemas de contraste na textura da face 1 (Fig. 75).
- Irregularidades acentuadas na face 2 (Fig. 76).
- Pequenas irregularidades na face 2 (Fig. 76).
- Irregularidade na parte inferior da face 2 (Fig. 77).
- Irregularidade generalizada na superfície da malha da face 3 (Fig. 77).
- Discreta irregularidade na ponta do nariz da face 1 (Fig. 78)

Importante: Aqui fica evidente a necessidade dos pontos no nariz, posto que as três faces agora foram digitalizadas sem maiores problemas na região nasal.



Fig. 74: Visão do perfil esquerdo sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 75: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.



Fig. 76: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 77: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 78: Visão do perfil esquerdo sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

10.9.12 Ambiente Interno Iluminado - Riscos no Nariz

Descrição	Valor
Ambiente interno iluminado - riscos no nariz	
Tomada de 26 fotos	25 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	11 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	6 minutos
Digitalização Photoscan	10 minutos



Fig. 79: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.

- Problemas de contraste na textura da face 1 (Fig. 79).



Fig. 80: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Irregularidades acentuadas na face 2 (Fig. 80).
- Irregularidades na face 2 (Fig. 80).



Fig. 81: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Irregularidades acentuadas na face 2 (Fig. 81).
- Irregularidades na face 2 (Fig. 81).
- Irregularidades nas faces 2 e 3 (Fig. 82).

Importante: Apesar do traçado permitir ao algoritmo fazer uma digitalização mais coerente com o modelo original, no caso do nariz não parece justificar o trabalho posterior de edição para limpar os riscos, ou mesmo a poluição visual gerado por tal. A diferença em relação aos pontos é pequena.

10.9.13 Ambiente Interno Iluminado - Maquiagem

Descrição	Valor
Ambiente interno iluminado - maquiagem	
Tomada de 26 fotos	37 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	12 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	3 minutos
Digitalização Photoscan	10 minutos

Aviso: A maquiagem em questão trata-se apenas de um pó anti-brilho.

- Leve problema com a textura nas extremidades laterais da face 1 (Fig. 83).
- Rgiões faltantes na face 2 (Fig. 83).
- Pequeno problema na ponta do nariz da face 1 (Fig. 84).
- Irregularidades acentuadas na face 2 (Fig. 84).
- Irregularidades na face 3 (Fig. 84).
- Pequena irregularidade na ponta do nariz da face 1 (Fig. 85).



Fig. 82: Visão do perfil esquerdo sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

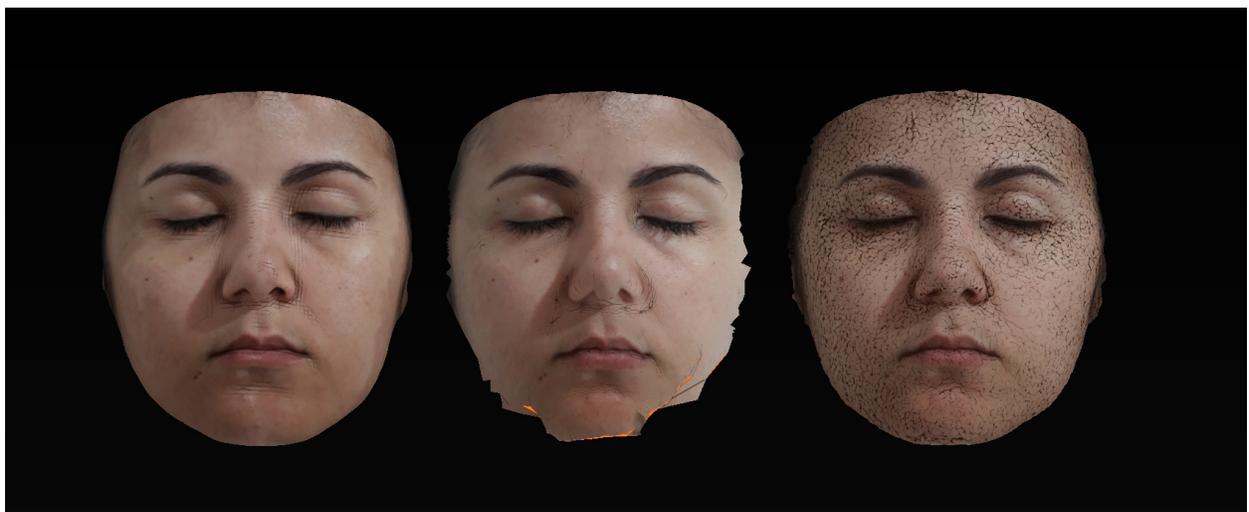


Fig. 83: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.

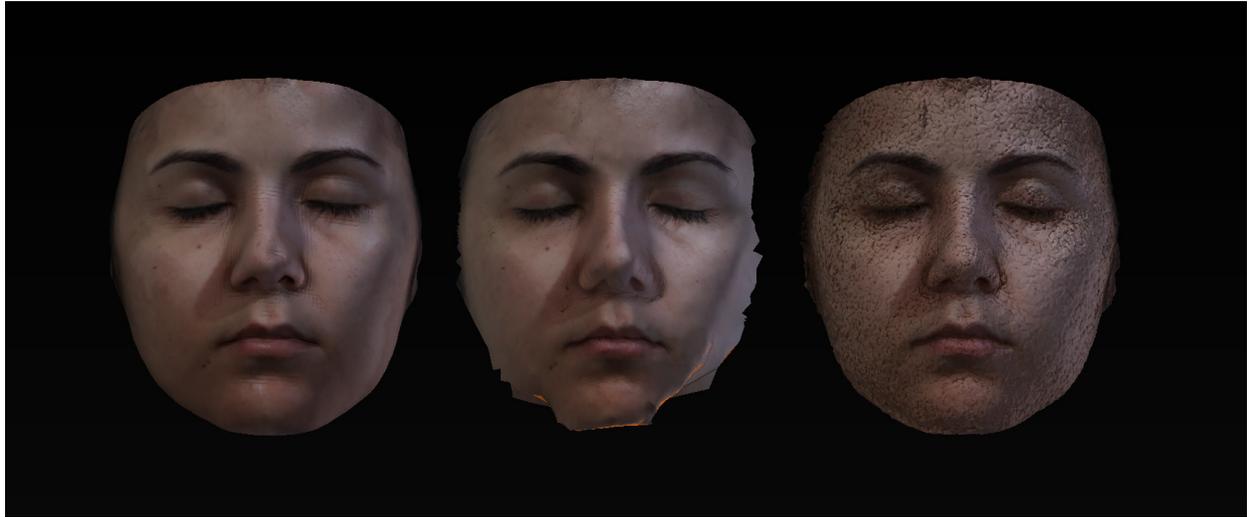


Fig. 84: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 85: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Irregularidades acentuadas na face 2 (Fig. 85).
- Irregularidades na face 3 (Fig. 85).



Fig. 86: Visão do perfil esquerdo sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Pequena irregularidade na ponta do nariz da face 1 (Fig. 86).

10.9.14 Ambiente Interno Iluminado - Maquiagem e Pontos

Descrição	Valor
Ambiente interno iluminado - maquiagem e pontos	
Tomada de 26 fotos	30 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	11 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	4 minutos
Digitalização Photoscan	11 minutos

- Problemas de contraste na textura da face 1 (Fig. 87).
- Irregularidades na face 2 (Fig. 87).



Fig. 87: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.



Fig. 88: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Irregularidades acentuadas nas faces 2 e 3 (Fig. 88).



Fig. 89: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Irregularidades acentuadas nas faces 2 e 3 (Fig. 89).



Fig. 90: Visão da lateral direita sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Irregularidades na parte direita do nariz das faces 2 e 3 (Fig. 90).

Importante: As irregularidades na base do nariz se devem em grande parte a região estar sob a sombra.

10.9.15 Ambiente Interno Pouco Iluminado - Natural

Descrição	Valor
Ambiente interno pouco iluminado - natural	
Tomada de 26 fotos	29 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	11 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	ERRO (não gerou 3D)
Digitalização Photoscan	11 minutos



Fig. 91: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.

- Pequena irregularidade na ponta do nariz da face 1 (Fig. 91).
- Irregularidades na face 2 (Fig. 91).
- Pequena irregularidade na ponta do nariz da face 1 (Fig. 92).
- Irregularidades na face 2 (Fig. 92).
- Irregularidade na ponta do nariz e na parte inferior da face 1 (Fig. 93).
- Irregularidade generalizada com maior e menor grau ao longo da face 2, pouca nitidez (Fig. 93).

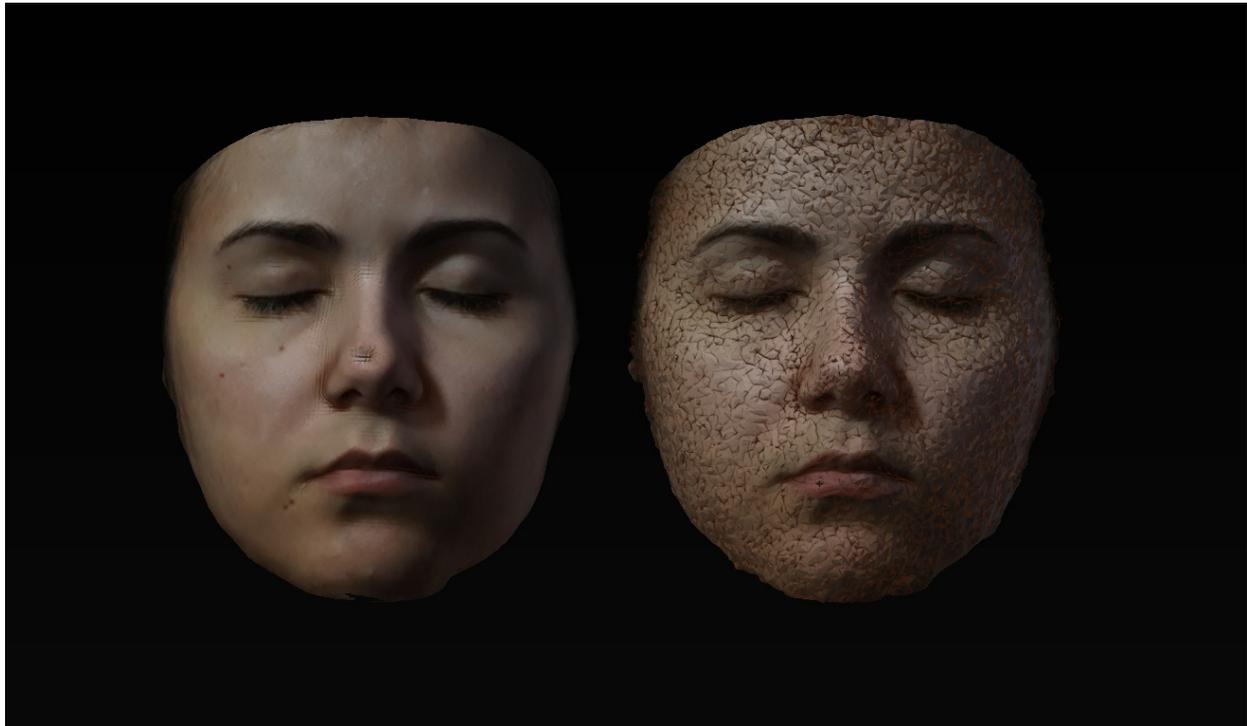


Fig. 92: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 93: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

10.9.16 Ambiente Interno Pouco Iluminado - Pontos no Nariz

Descrição	Valor
Ambiente interno pouco iluminado - pontos no nariz	
Tomada de 26 fotos	31 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	11 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	5 minutos
Digitalização Photoscan	9 minutos



Fig. 94: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.

- Região faltante na face 2 (Fig. 94).
- Irregularidades na face 3 (Fig. 94).



Fig. 95: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Acentuada irregularidade na face 2 (Fig. 95).



Fig. 96: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Leve irregularidade na ponta do nariz das faces 1 e 3 (Fig. 96).
- Estrutura facial comprometida na face 2 (Fig. 96).
- Irregularidade entre os olhos e na parte inferior da face 1 (Fig. 96).
- Irregularidades ao longo da face 3 (Fig. 96).

10.9.17 Ambiente Interno Pouco Iluminado - Riscos no Nariz

Descrição	Valor
Ambiente interno pouco iluminado - riscos no nariz	
Tomada de 26 fotos	27 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	11 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	4 minutos
Digitalização Photoscan	8 minutos

- Problemas de contraste na textura da face 1 (Fig. 97).
- Irregularidades nas faces 2 e 3 (Fig. 97).
- Problemas de contraste na textura da face 1 (Fig. 98).
- Irregularidades nas faces 2 e 3 (Fig. 98).
- Pequena irregularidade na ponta do nariz da face 1 (Fig. 99).



Fig. 97: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.

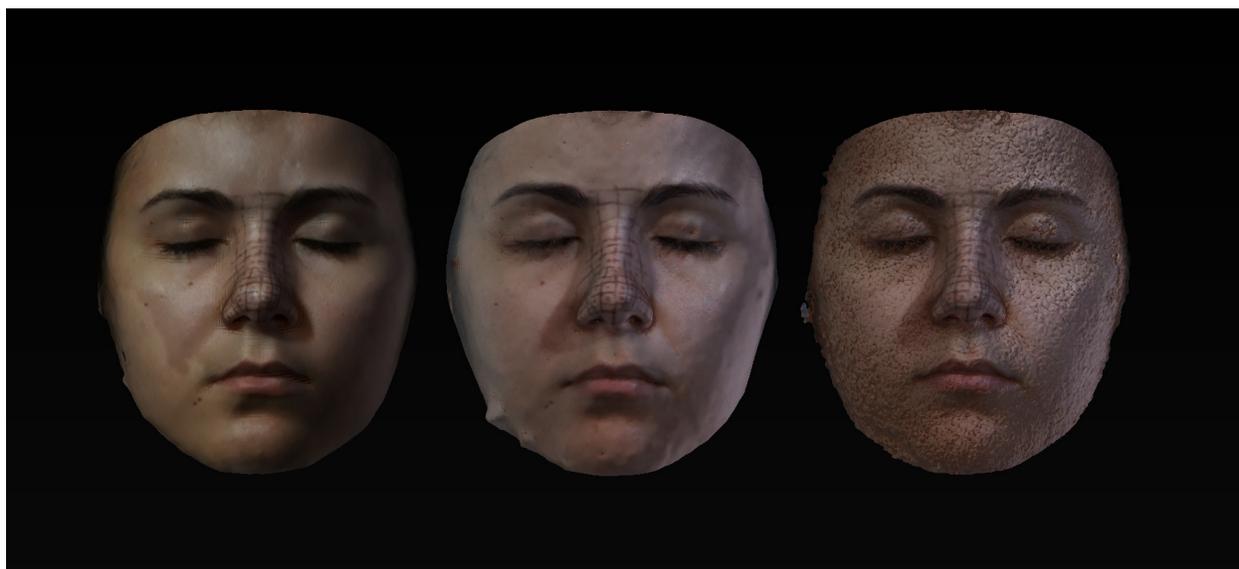


Fig. 98: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 99: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

10.9.18 Ambiente Interno Pouco Iluminado - Maquiagem

Descrição	Valor
Ambiente interno pouco iluminado - maquiagem	
Tomada de 26 fotos	30 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	11 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	ERRO (não gerou 3D)
Digitalização Photoscan	6 minutos

- Problema de contraste na textura da face 1 (Fig. 100).
- Irregularidades na face 2 (Fig. 101).
- Irregularidade na ponta do nariz da face 1 (Fig. 102).
- Irregularidades ao longo da face 2 e falta de nitidez (Fig. 102).

10.9.19 Ambiente Interno Pouco Iluminado - Maquiagem e Pontos

Descrição	Valor
Ambiente interno pouco iluminado - maquiagem e pontos	
Tomada de 26 fotos	30 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	11 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	5 minutos
Digitalização Photoscan	8 minutos

- Pequena irregularidade da textura na parte superior da face 1 (Fig. 103).
- Irregularidades acentuadas na face 2 (Fig. 103).
- Irregularidades acentuadas na face 2 (Fig. 104).
- Irregularidades na face 3 (Fig. 104).

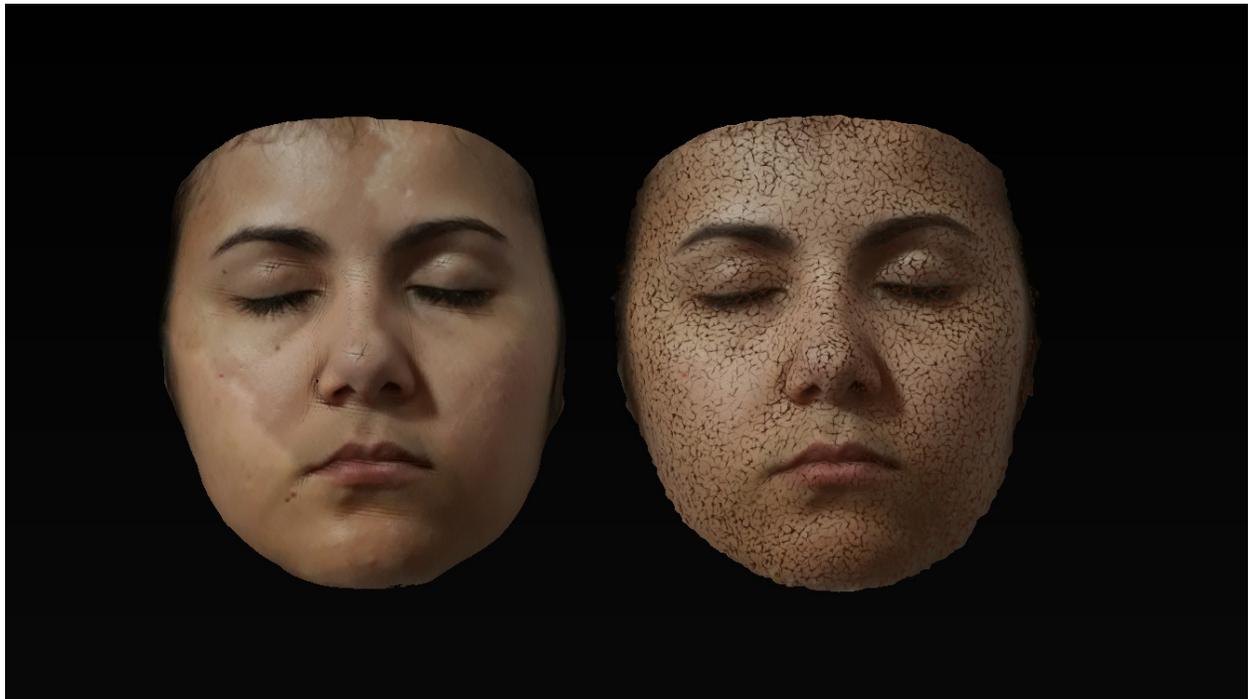


Fig. 100: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.

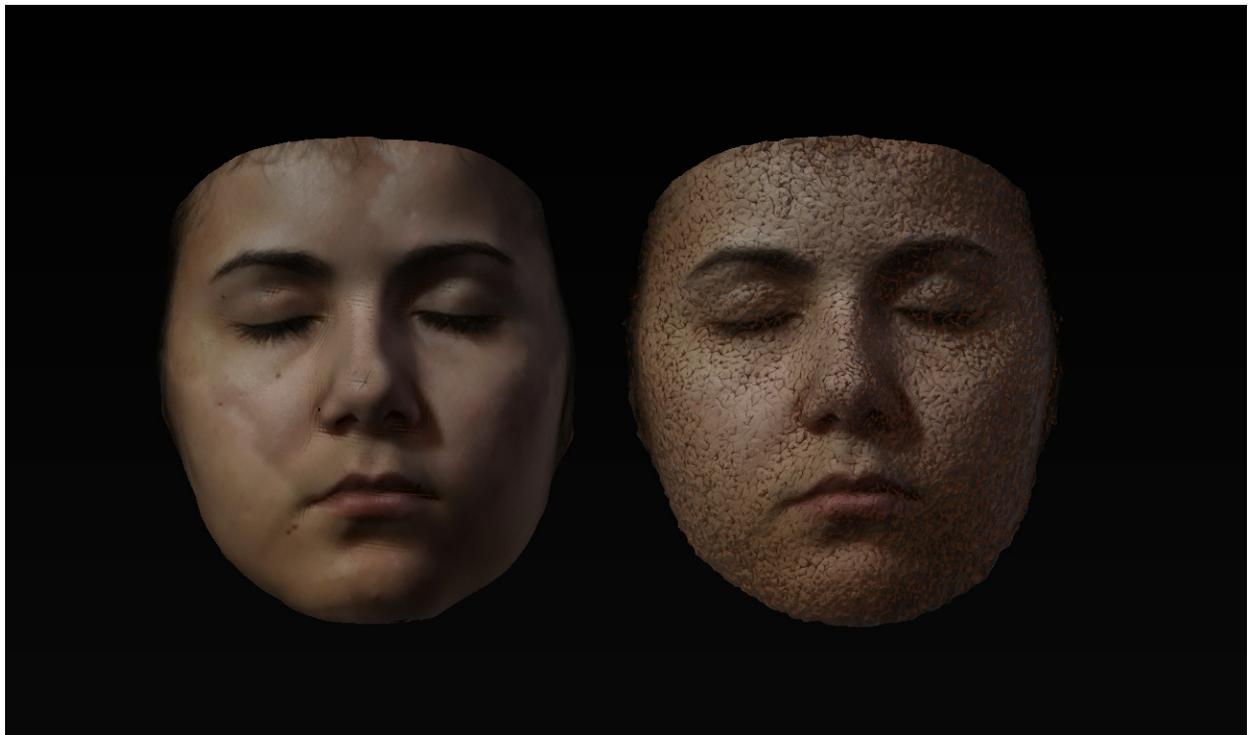


Fig. 101: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 102: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 103: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e sem o *solid* ativo.



Fig. 104: Visão frontal com a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.



Fig. 105: Visão frontal sem a textura, com *ambient occlusion* e com o *solid* ativo.

- Irregularidades acentuadas na face 2 (Fig. 105).
- Irregularidades na face 3 (Fig. 105).

10.10 Resultado da Terceira Tomada

Na primeira fase do projeto, a voluntária de código **003** (feminino, 45 anos, europeia) foi fotografada com maquiagem facial. Diante dos resultados optou-se por fazer uma nova tomada de fotos sem maquiagem de modo a atestar a eficácia dos algoritmos diante de tal configuração. O local e horário da tomada foram os mesmos da primeira fase.

Descrição	Valor
Resultado da terceira tomada	
Tomada de 26 fotos	25 segundos
Digitalização MVE/SMVS+Meshlab+MVS Texturing	14 minutos
MVE/SMVS+MVS Texturing	15 minutos
Digitalização OpenMVG+OpenMVS	8 minutos
Digitalização Photoscan	21 minutos



Fig. 106: Comparação entre a primeira tomada (acima) com maquiagem e a segunda, sem maquiagem (abaixo).

A diferença dos resultados foi flagrante como atestado na imagen (Fig. 106). A ausência de maquiagem contribuiu para elevar consideravelmente a qualidade da digitalização.

10.11 Conclusão

Os resultados apresentados neste estudos mostram que um sistema baseado em fotogrametria de código aberto e *smartphones* simples é possível de ser implementado.

A proposta utilizou de um lado o melhor do mundo UNIX, onde cada programa faz bem o seu papel gerando ao final um bom resultado, e de outro a conveniência dos aplicativos comerciais, onde com poucos cliques o usuário consegue executar tarefas complexas em tempo mínimo.

O próximo passo é continuar os estudos e mais do que isso, o uso em casos reais de planejamento cirúrgico para adequar as possibilidades tecnológicas às necessidades dos profissionais da área de cirurgia ortognática e rinoplastia.

Protocolo de Fotogrametria da Face

Nesta seção o usuário encontrará um prático protocolo de digitalização facial em 3D através da técnica de fotogrametria.

Não se trata de um documento pormenorizado, mas de uma luz àqueles que desejam entrar no campo da fotogrametria ou mesmo encontram dificuldades em efetivar os seus testes ou trabalhos relacionados a técnica.

Importante: O objetivo deste documento é abordar a digitalização da face para planejamento de cirurgia ortognática e rinoplastia, se você deseja fazer outra abordagem da face como a digitalização completa da mesma, o material exposto aqui pode não se aplicar.

11.1 Como Fazer as Tomadas

A forma que as fotos são feitas definem o sucesso ou fracasso do processo de digitalização da face.

É pedido que as fotografias compreendam um campo de 90 graus entre a primeira e a última tomada do ponto de vista superior (Fig. 1).

A primeira foto (**Photo 1**) pela lateral, as seguintes sempre apontando para ao centro da face até que chegue ao meio do rosto (**Photo 7**). Segue-se o mesmo padrão até a última foto do outro lado (**Photo 13**).

Muitos iniciantes costumam fazer as fotos excessivamente pela lateral da face e isso acaba prejudicando o resultado do trabalho, podendo muitas vezes não gerar o modelo ou comprometer a qualidade do mesmo.

Se observamos as fotografias da figura 2 (Fig. 2), veremos claramente que uma delas além de ocultar um dos olhos ainda tem a região do nariz se sobressaindo.

Na outra vemos o volume do nariz totalmente dentro da face e os dois olhos aparecendo na tomada. A dica é que o usuário tome de um ponto onde isso aconteça, principalmente que o nariz não se sobressaia ao rosto apontando pela lateral.

É imprescindível que a foto seja tirada bem fechada no rosto, caso contrário a chance de erro de cálculo aumentará consideravelmente (Fig. 3).

Ao fotografar, a câmera pode se aproximar bastante do rosto, mas cuidados devem ser tomados para que parte nenhuma da face fique desfocada.

São necessários dois arcos de fotos para tomar uma boa área da face (Fig. 6). Um dos arcos é efetuado na linha do horizonte (**Level 1**) enquanto o outro é tomado mais ou menos a 35 graus para baixo (**Level 2**) de modo que fotografe as vias aéreas do nariz.

Se no arco superior as tomadas 1, 7 e 13 são os quadros de referências, na inferior as mesmas serão as tomadas 14 (lado), 20 (meio) e 26 (lado oposto). Ver figura 7 (Fig. 7).

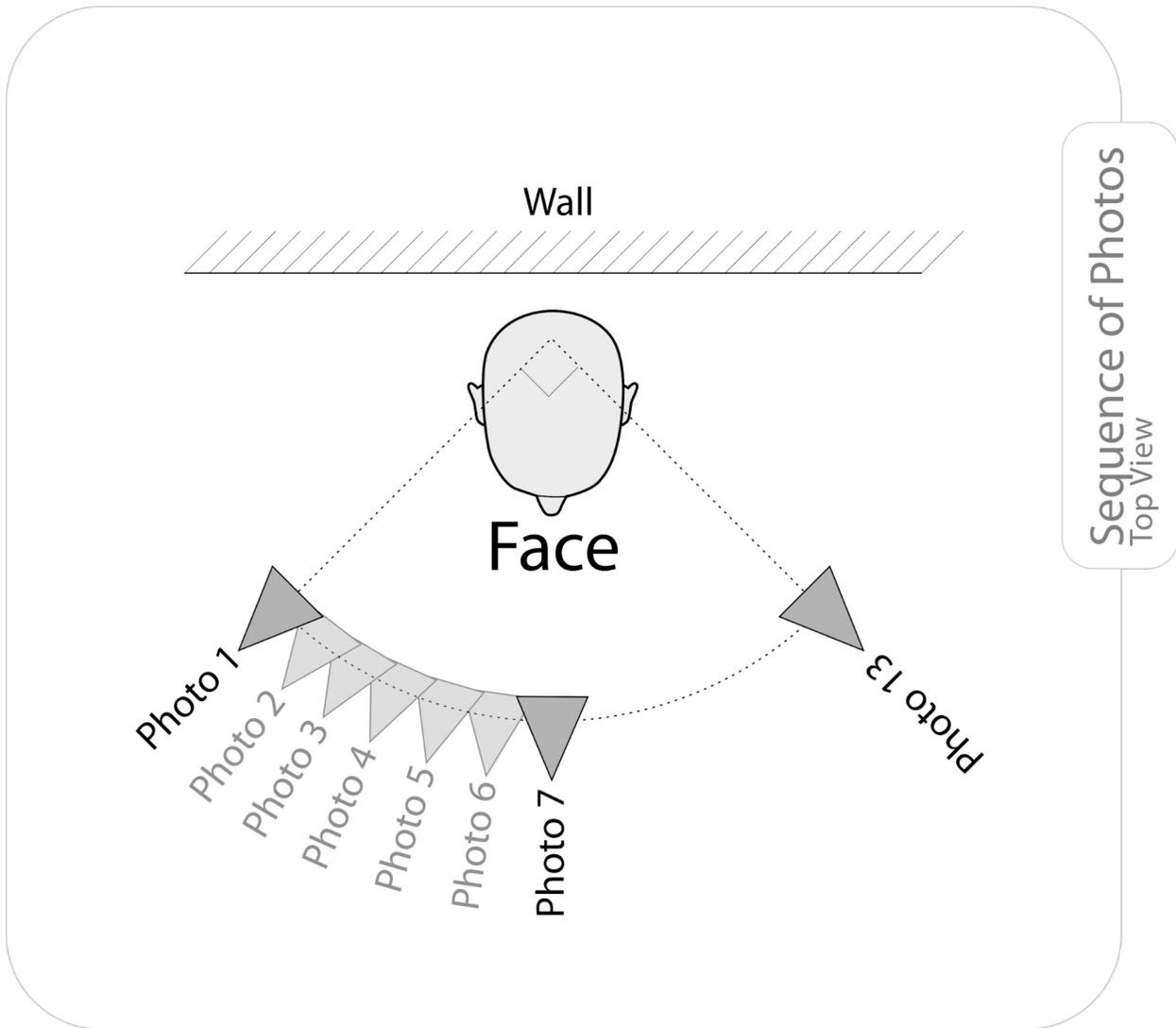


Fig. 1: Vista superior com as tomadas fotográficas.

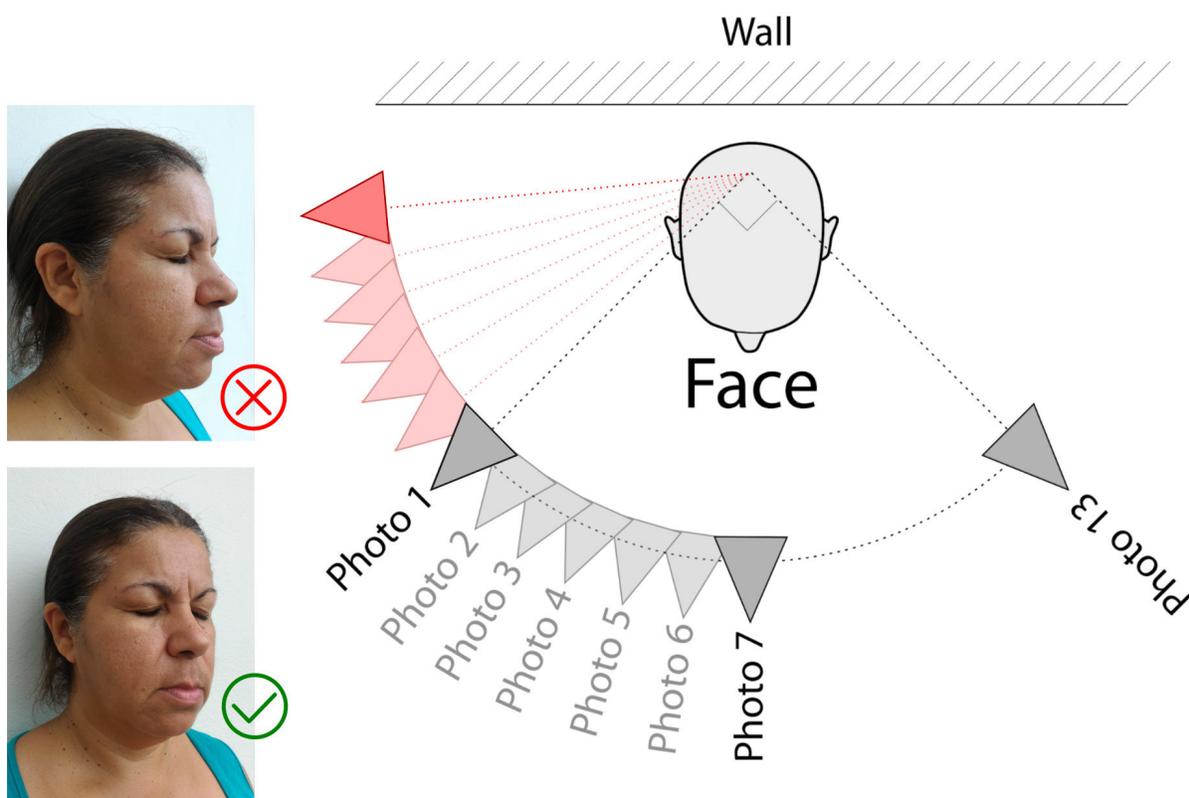


Fig. 2: Tomadas fotográficas indesejadas (sem os números).



Fig. 3: Tomada indesejada com o nariz fora dos limites faciais (à esquerda) e tomada ideal com o nariz dentro dos limites faciais (à direita).



Fig. 4: Tomada indesejada distante da face (à esquerda) e tomada ideal fechada no rosto (à direita).



Fig. 5: Exemplo da distância ideal do equipamento fotográfico em relação a face.

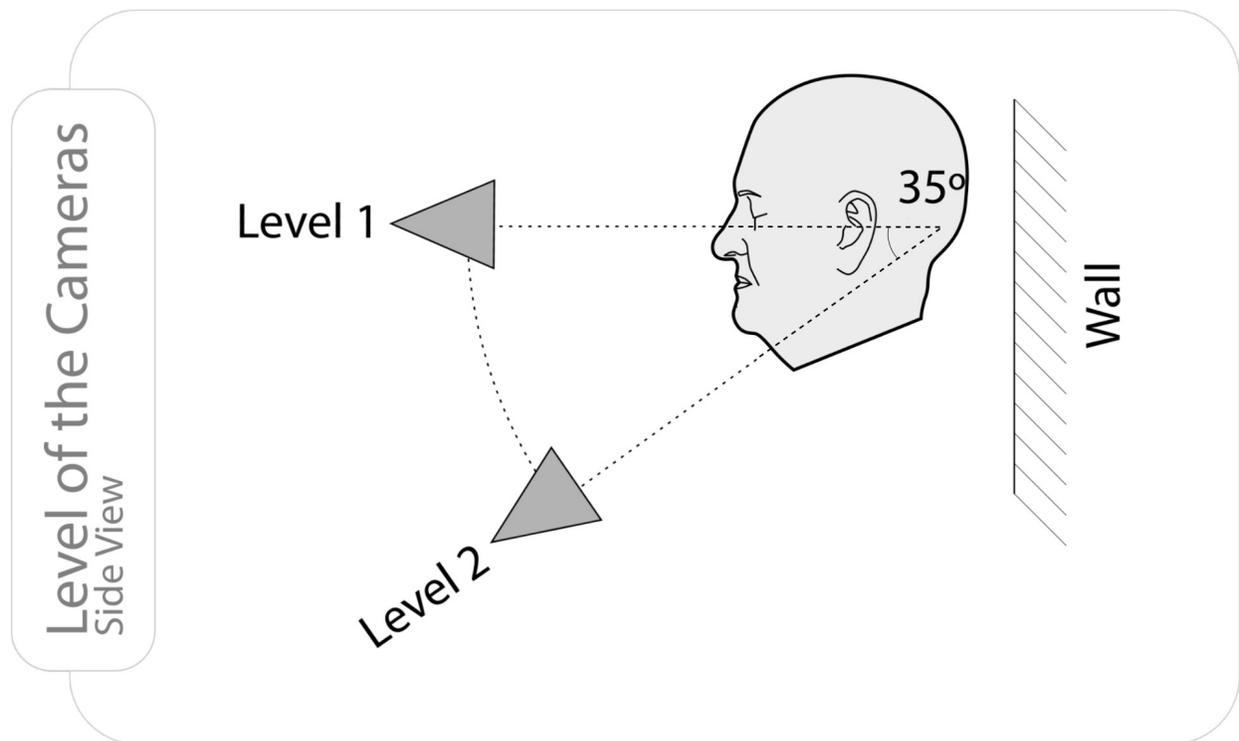


Fig. 6: Alturas ideais para as duas sequências de fotografias faciais.

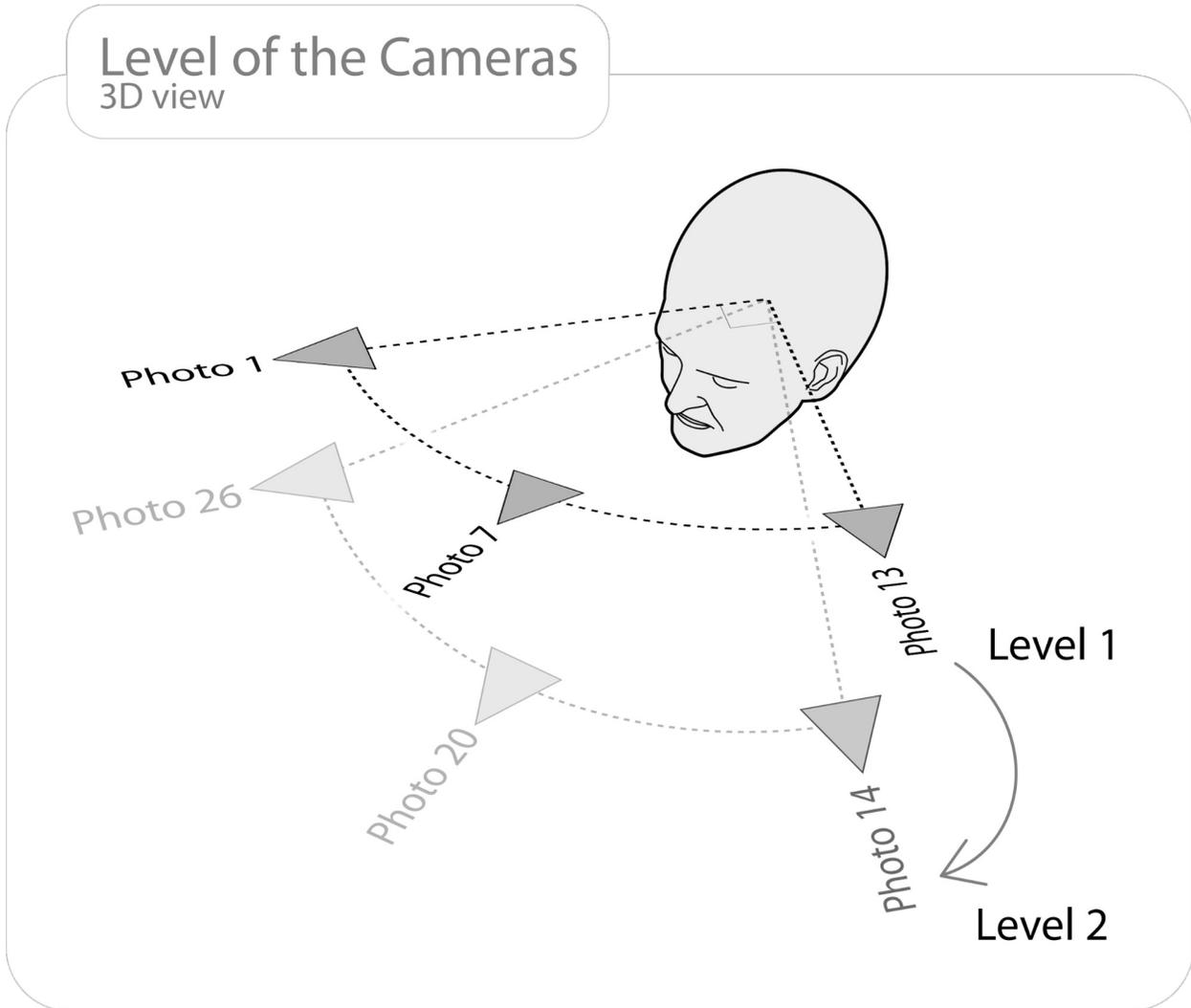


Fig. 7: Número das fotos e altura de cada uma delas.



Fig. 8: Sequência de fotografias da face.

Na figura 8 (Fig. 8) temos a sequência de fotos seguindo o protocolo. O mais importante é respeitar a observação acerca do nariz e dos olhos. O usuário não precisa se preocupar exacerbadamente com os ângulos tirados ou mesmo com o rosto estar totalmente ao centro nas fotos 7 e 20 (o próprio exemplo tem uma leve rotação). O que se pede é que as fotos não estejam demasiadamente distantes umas das outras e que o cenário ao fundo seja composto por uma parede.

Importante: O tempo médio de um usuário bem treinado para fotografar as 26 tomadas é de **28 segundos**. Por tratar-se de um processo rápido orienta-se que sejam feitas no mínimo três sessões de 26 fotos, o que não levará mais de dois minutos para serem efetuadas, gerando material excedente para eventual uso futuro.

Aviso: Caso a foto seja feita em um campo aberto, parte significativa do que estiver atrás do indivíduo fotografado será digitalizado em 3D!

11.2 Iluminação e Preparo do Rosto

Para garantir o sucesso da fotogrametria é necessário que o usuário conheça as limitações da técnica, podendo assim explorar da melhor forma possível o ambiente que está à sua disposição.

Na figura 9 (Fig. 9) temos um quadro com situações de iluminação diferentes. De um lado os ambientes externos à sombra, com luz difusa e insidência maior de uma direção e do outro lado os ambientes internos com iluminação de apenas um ponto de luz.

- **AN:** Ambiente externo à sombra com iluminação difusa e forte.
- **BN:** Ambiente externo bem abrigado com fonte de iluminação à nossa esquerda.
- **CN:** Ambiente externo coberto e com pouca iluminação à nossa esquerda.
- **DN:** Ambiente interno com um ponto de iluminação à nossa direita.
- **DN:** Ambiente interno com um ponto de fraca iluminação à nossa esquerda.

Os ícones que estão ao lado das letras representam o sucesso e o fracasso nas tentativas de gerar uma malha facial. Na parte superior a maioria das tentativas não foi bem sucedida. Isso aconteceu porque a face e a captura das imagens não recebeu nenhum tratamento.

Na linha inferior o teste foi refeito nos mesmos ambientes, mas com dois tratamentos:

- O nariz recebeu um toque de pó compacto (anti-brilho) (Fig. 10).
- Pequenos pontos foram traçados no nariz de 5 em 5mm (Fig. 11).

A captura manteve-se no automático e apenas com essas pequenas alterações quase todas as tentativas foram bem sucedidas, com exceção da **EP**. Veja novamente o quadro da figura 9 (Fig. 9) e compare os resultados.

No entanto, mesmo que a solução tenha contemplado a maioria dos ambientes ela não resolveu em todos os casos.

Felizmente as câmeras digitais e os *smartphones* (como o usado nesse exemplo), contam com um modo manual de configuração de captura onde o usuário pode ajustar e melhorar a exposição a luz, aumentando assim a probabilidade de sucesso na fotogrametria (Fig. 12).

Aviso: O usuário deve evitar treinar a técnica com os pacientes. É pedido que o mesmo treine com pessoas próximas ou colaboradores e que faça as fotos dos pacientes apenas depois de ser bem sucedido nos experimentos.

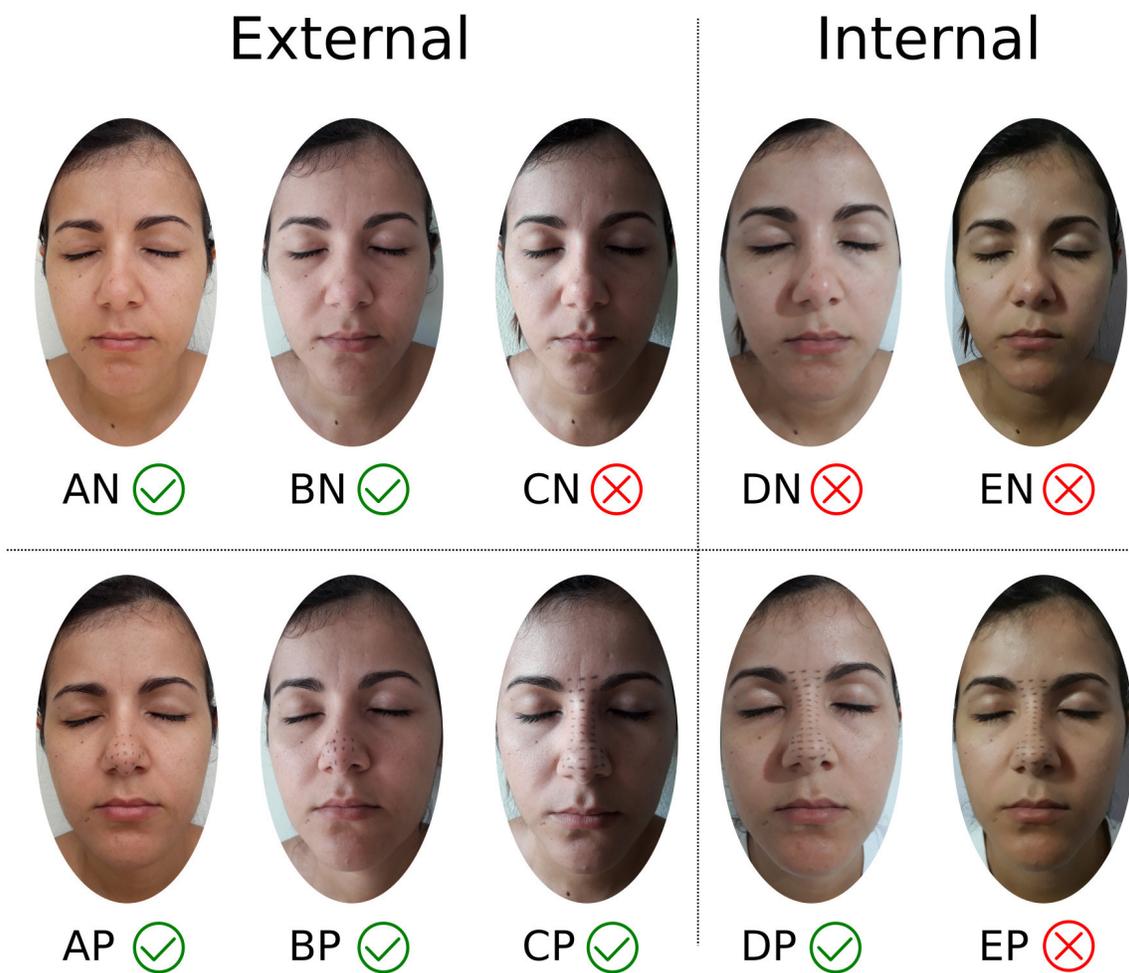


Fig. 9: Exemplo de iluminações onde a fotogrametria foi bem sucedida (check verde) e malsucedida (X vermelho).



Fig. 10: Face recebendo um tratamento anti-reflexo.



Fig. 11: Pontos adicionados para facilitar os cálculos de fotogrametria por parte do algoritmo.

11.3 Como Organizar os Arquivos

Os arquivos da fotogrametria deverão ser salvos em um diretório contendo apenas as fotos tomadas para tal ação (Fig. 13).

Aviso: Não misture outras imagens ou formatos de arquivos com as tomadas para a fotogrametria, isso pode gerar erros no processo de digitalização 3D!

11.4 Leitura Recomendada

Esta seção conta com uma pequena parte do material disponível no [Protocolo Geral para Digitalização de Faces Voltado ao Planejamento de Cirurgia Ortognática e Rinoplastia - Comparação entre Ferramentas](#)³⁵, uma publicação com dados e resultados pormenorizados, relacionados ao assunto abordado aqui.

³⁵ <https://goo.gl/ioDx06>

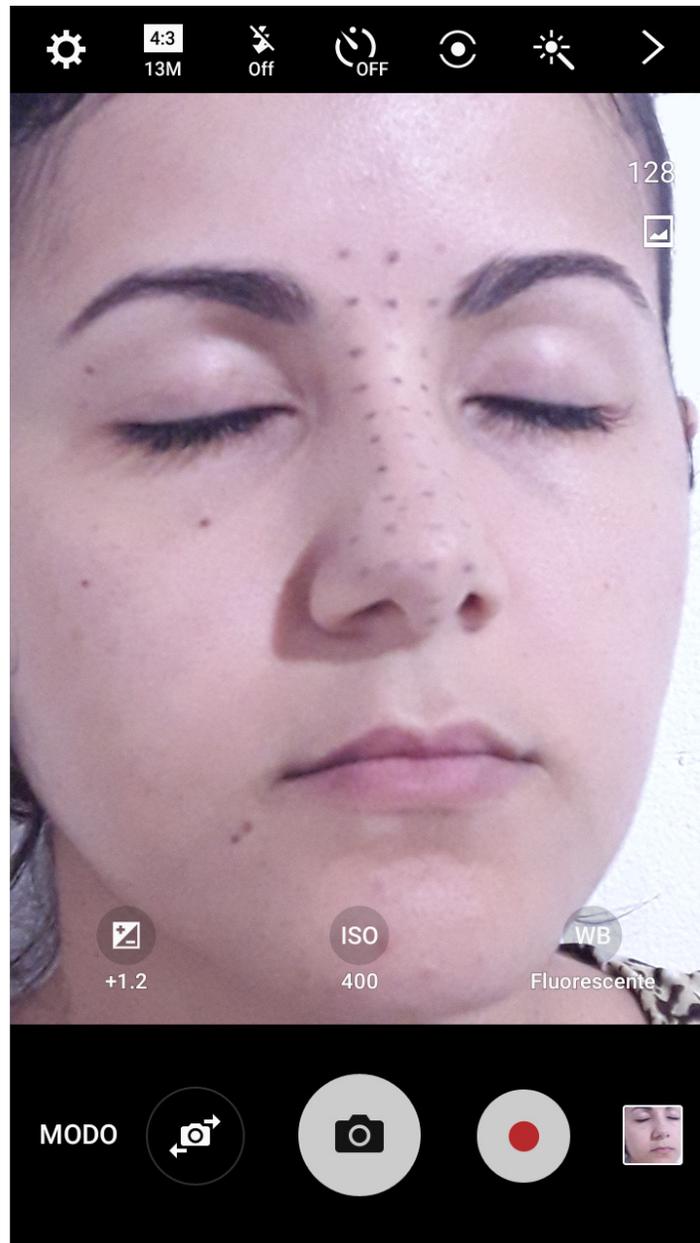


Fig. 12: Configuração manual do ISO e outros elementos para melhor captura da luz.

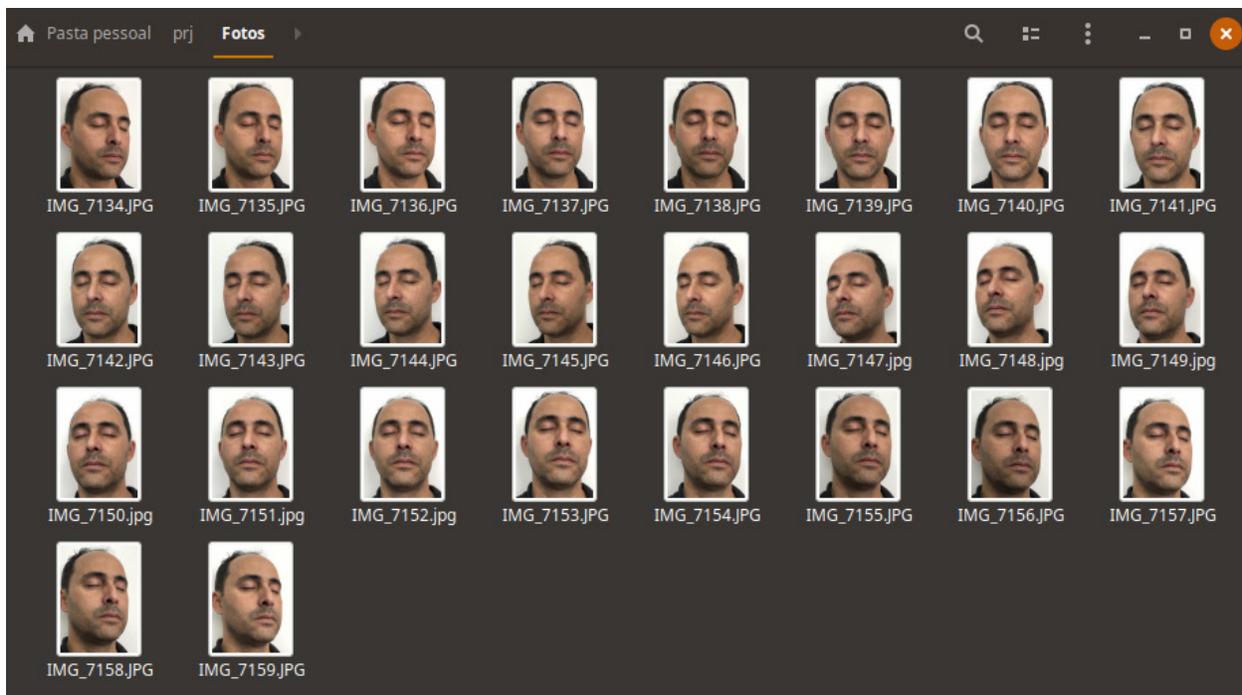


Fig. 13: Sequência de 26 fotos copiadas para o diretório.

11.5 Agradecimentos

À profa. Juecy de Quadros Ferreira e ao Dr. Luciano Porto por cederem as imagens aos estudos. À Lis Caroline de Quadros Moura e à Vanilsa Inez Pagliari por se voluntariarem à composição do material didático acerca da digitalização facial para planejamento de cirurgia ortognática e rinoplastia.

Fotogrametria para Arcadas Dentárias - Protocolo e Comparação

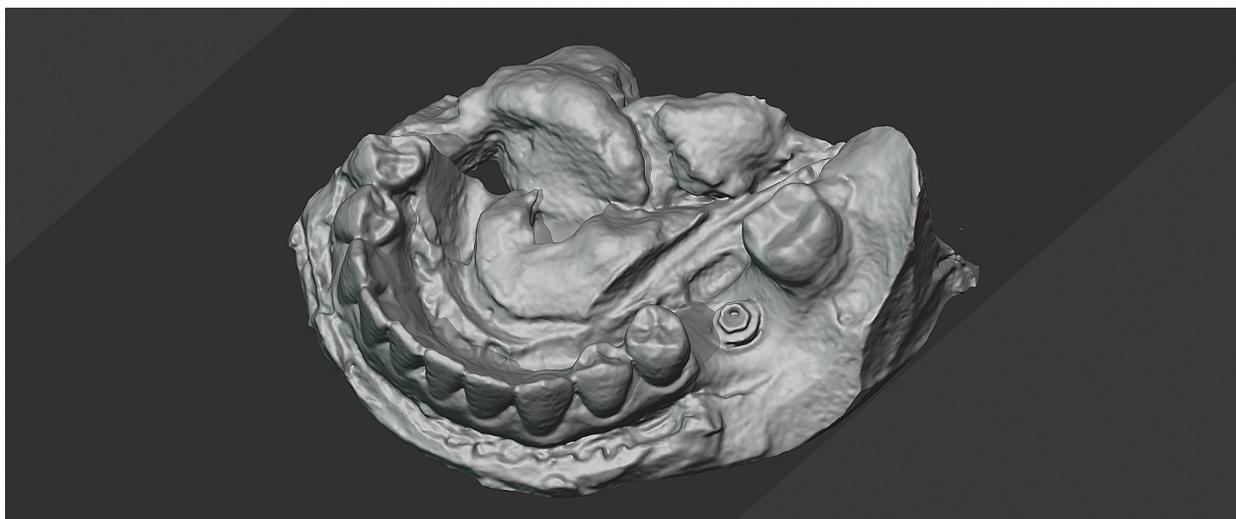


Fig. 1: Modelo digitalizado com fotogrametria.

12.1 Introdução

Com o advento das novas tecnologias o trabalho do setor odontológico que outrora fora completamente analógico, tem sido portado dia após dia para o campo digital. No entanto, haver opções digitais não implica necessariamente em poder absorvê-las, ainda mais quando se observa o alto custo de software e equipamentos como scanners intraorais.

Felizmente existem alternativas gratuitas que entregam bons resultados de digitalização e edição de arcadas dentárias e o presente material tem por objetivo apresentar uma delas, com ferramentas disponíveis na internet e equipamentos presentes em parte considerável de todas as habitações do planeta.

Munido de um computador mediano, um tecido escuro e uma câmera digital simples, um indivíduo bem treinado poderá digitalizar em 3D um modelo de arcada dentária com grande precisão.

12.2 Como Fazer as Fotografias

Como abordado no início do documento, o objetivo é criar um ambiente onde parte significativa das pessoas possam replicar o protocolo.



Fig. 2: Modelo de gesso preparado para a fotogrametria.

Para que a fotogrametria funcione o modelo precisa receber um tratamento que consiste em pequenos riscos nas arestas principais e quadriculados em regiões mais planas (Fig. 2). Caso isso não seja feito, quase que certamente a fotogrametria não gerará bons resultados. Não há necessidade de fazer o tracejado em todo o modelo, apenas nas regiões de interesse como os dentes e parte da gengiva.



Fig. 3: Preparo da cena e fotografia de um modelo de gesso.

A imagem ilustra com objetividade os passos a serem seguidos (Fig. 3). Será necessária uma pequena estrutura para dar suporte ao fundo do pequeno cenário, no exemplo foi usada uma caixa que pode ser de sapato **(A)**. Um tecido escuro foi colocado sobre a caixa, pode ser uma camiseta, só é necessário que não contenha imagens ou padrão, mas apenas uma cor. Em seguida o modelo é posicionado ao centro da parte mais baixa da estrutura **(B)**. Por fim o usuário pode fazer as fotografias alternando as alturas e respeitando os limites do fundo, de modo prático, sem a necessidade de um suporte para a máquina **(C)**.

A rotação do modelo é feita com uma das mãos, logo, com uma mão o usuário segura o *smartphone* e fotografa e com a outra ele faz pequenas rotações na peça. O processo leva em média dois minutos, para que sejam tiradas de 64 a 72 fotos em duas alturas.

Para saber como a rotação é feita, veja esse vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=or6Y0q...i9Q>

As fotos precisam ser feitas em duas alturas diferentes, nos moldes do protocolo de fotogrametria de crânio descrito em *Protocolo de Círculo Duplo*.

Aviso: Lembre-se que o *smartphone* ficará na mesma posição, o que vai ser rotacionado é o objeto e como o fundo é escuro o algoritmo vai ignorá-lo, como se as fotos fossem feitas em círculos.



Fig. 4: Fotografias da arcada.

As fotos resultantes simulam uma rotação em torno do objeto (Fig. 4), elas são copiadas e coladas em um diretório com apenas essa sequência, seguindo as observações disponíveis em *Como Organizar os Arquivos*.

12.3 Resultados da Fotogrametria

Para este estudo digitalizamos as arcadas nos três sistemas de fotogrametria oferecidos pelo OrtogOnBlender: OpenMVG, SMVS e MeshRoom.

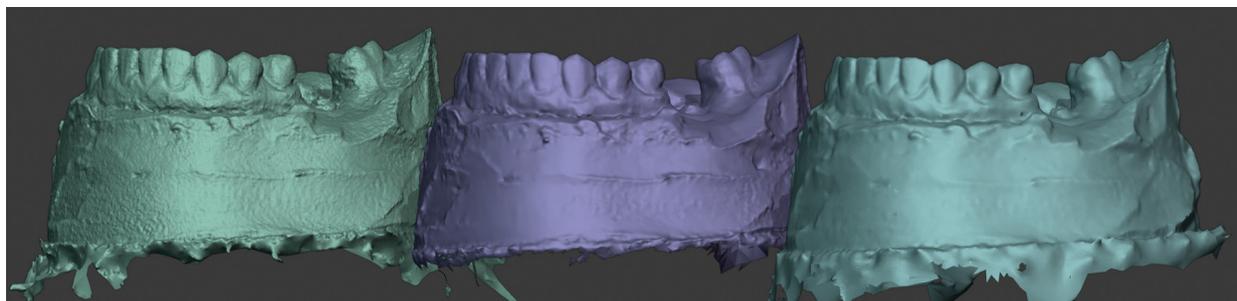


Fig. 5: Resultado bruto das fotogrametrias.

Não houve grande diferença visual entre as três fotogrametrias (Fig. 5). Em ordem vemos o modelo gerado pelo OpenMVG (à esquerda), SMVS (centro) e MeshRoom (à direita).

Houve uma pequena diferença na superfície da digitalização feita pelo OpenMVG por conta do valor do **Smooth Factor** que ficou em **2**, o que foi corrigido na imagem de exemplo (Fig. 6) com a ativação do modificador **Smooth** no valor do **Repeat** em 12, assim os modelos ficaram ainda mais parecidos, mostrando que fotos feitas corretamente garantem bons resultados em sistemas distintos de fotogrametria.

Uma informação importante antes de seguirmos com mais explicações é sobre os pontos utilizados para o redimensionamento do modelo. Como se trata de uma estrutura pequena é importantíssimo tomar os pontos mais extremos possíveis.

No caso da arcada usada neste documento, optou-se por um ponto na gengiva, logo atrás do molar e outro entre os incisivos, totalizando 56,5 mm (Fig. 7).

Dica: O usuário pode fazer dois pequenos pontos com uma canetinha de cor diferente, para posteriormente posicionar os marcadores de dimensão em um local compatível com a medida inicial.

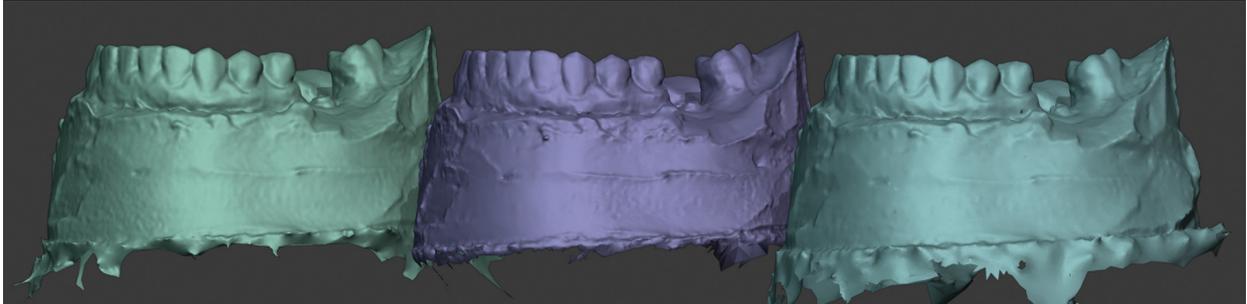


Fig. 6: Resultado da fotogrametria com atribuição de smooth no modelo à esquerda.

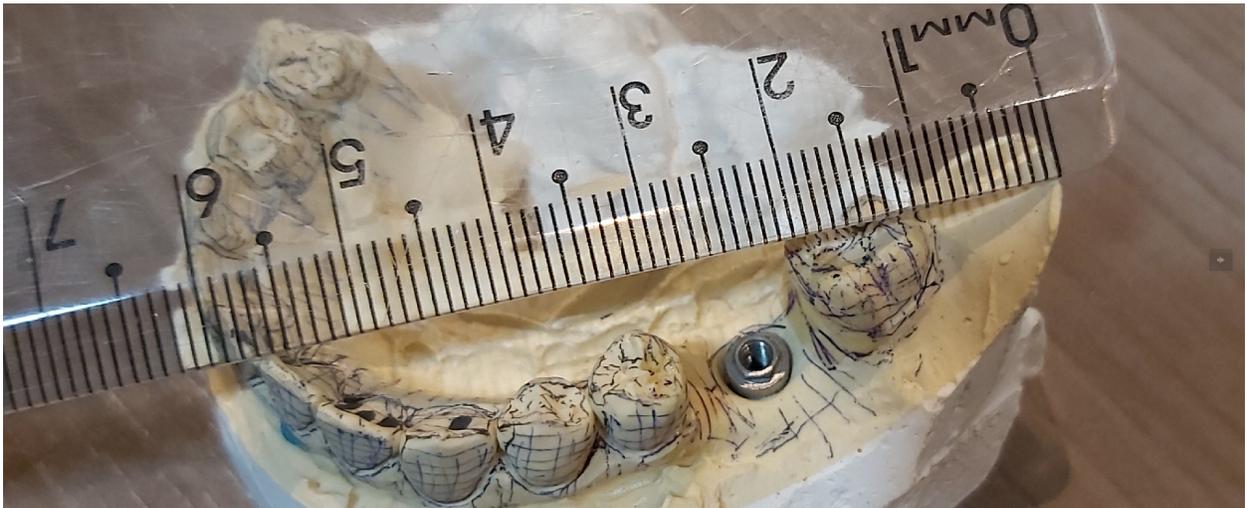


Fig. 7: Medida dos pontos mais extremos do modelo.

Aviso: Não use medidas pequenas como 10 mm (1 cm) ou 20 mm como referência. Quanto menor a distância de referência, maior poderá ser a margem de erro no redimensionamento!

12.4 Preparo para a Comparação

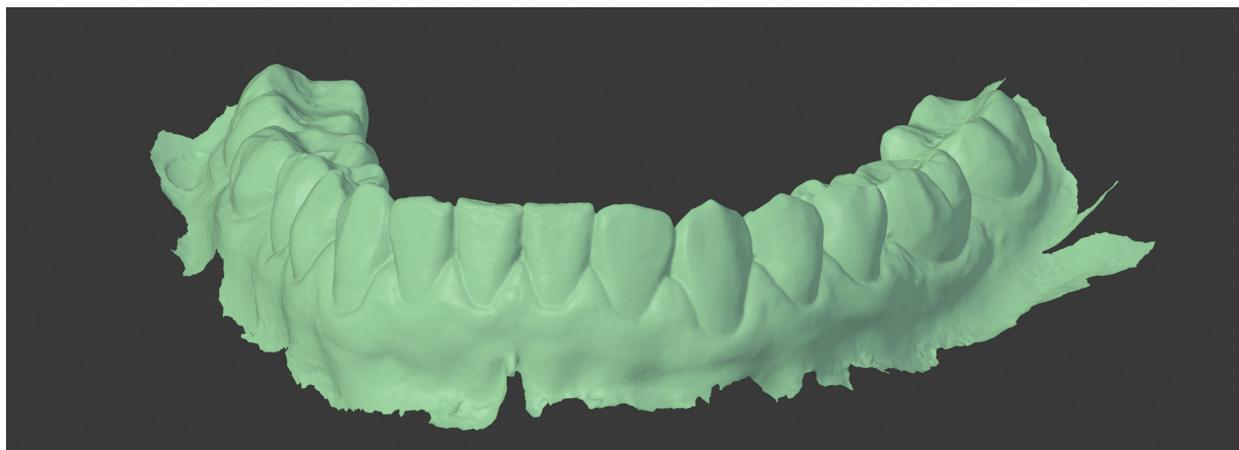


Fig. 8: Escaneamento intraoral.

Para termos uma ideia da precisão da fotogrametria optamos por compará-la ao escaneamento intraoral, posto que o mesmo se trata de um modelo bastante fiel a estrutura original (Fig. 8).

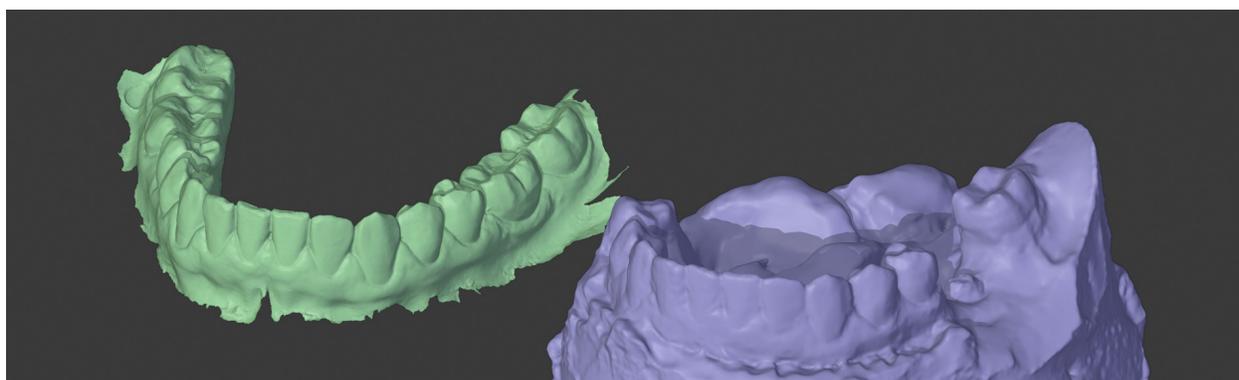


Fig. 9: Escaneamento intraoral e a fotogrametria do modelo.

O escaneamento intraoral foi efetuado na arcada completa com todos os dentes e a prótese. Já o modelo, foi feito sem a Prótese de um dos molares (Fig. 9).

Ao alinharmos as fotogrametrias ao escaneamento intraoral, as partes faltantes ficam evidentes (Fig. 10).

Para contornar a situação, foi citado um elemento limitador contemplando uma região que abordava todas as malhas (Fig. 11).

Em seguida separou-se a mesma região de todas as malhas usando a booleana *Intersect* (Fig. 12). Todas as malhas foram então exportadas como .STL para serem comparadas no CloudCompare.

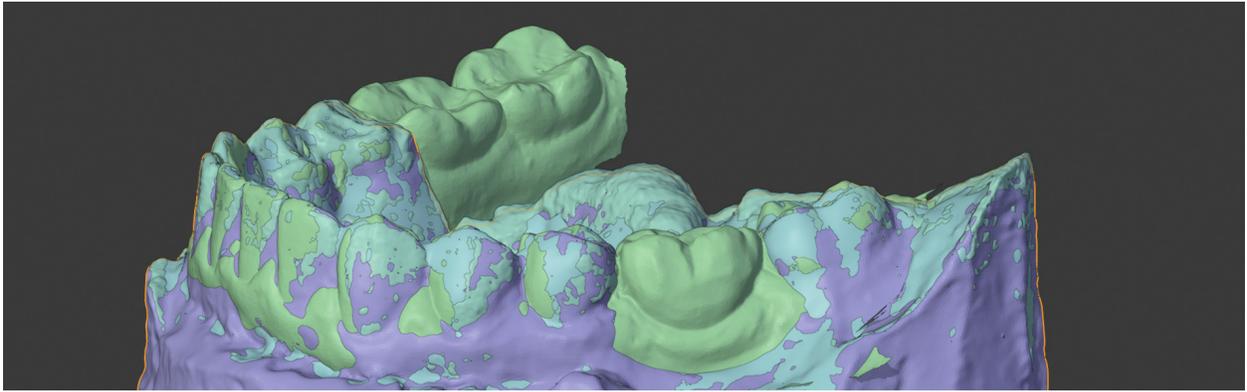


Fig. 10: Fotogrametrias alinhadas ao escaneamento intraoral.

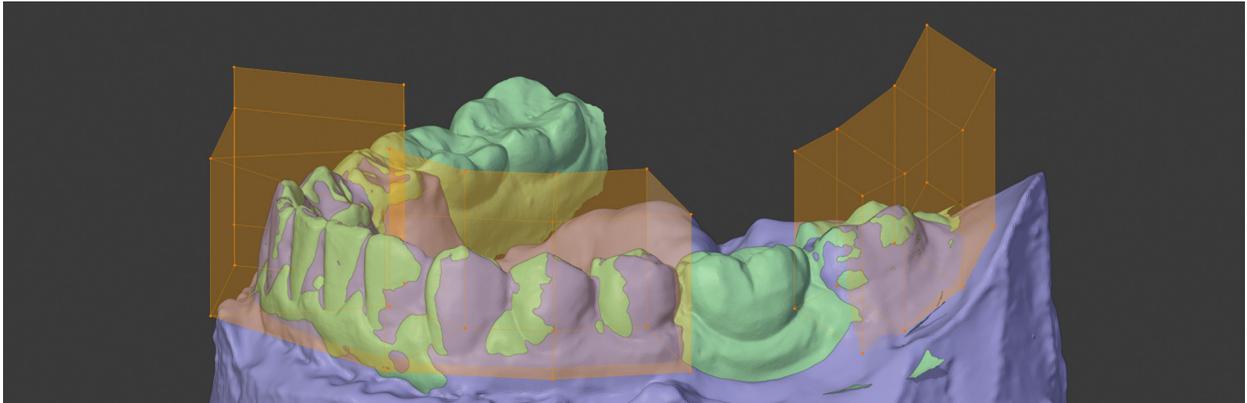


Fig. 11: Todos os modelos com o elemento limitador em laranja.

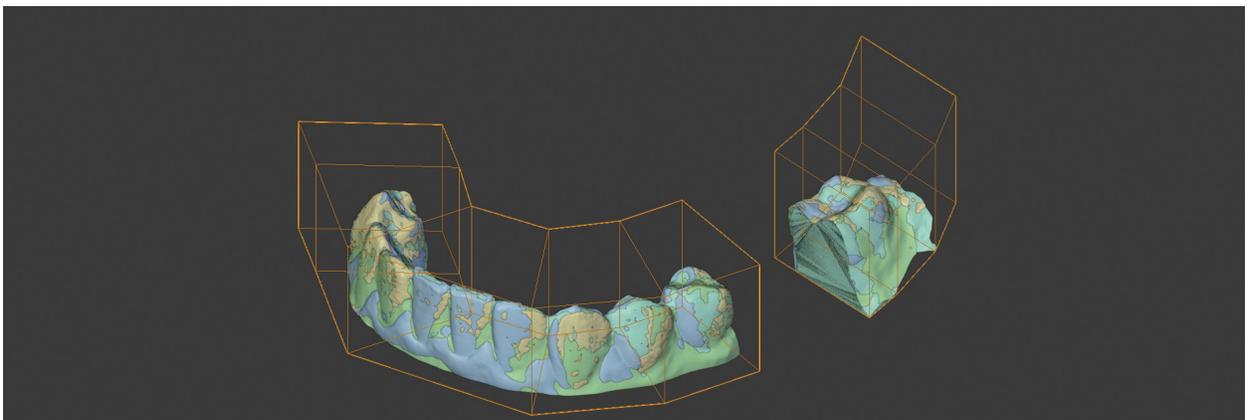


Fig. 12: Malhas resultantes da booleana de intersecção a partir do limitador.

12.5 Comparação das Malhas

Para comparar as malhas foi utilizada a limitação de distância de +0,30 e -0,30 mm, ou seja, menos de um terço de milímetro. Tudo o que estivesse fora estes limites foi excluído como explicado em *Como Funciona a Comparação de Malhas 3D*.

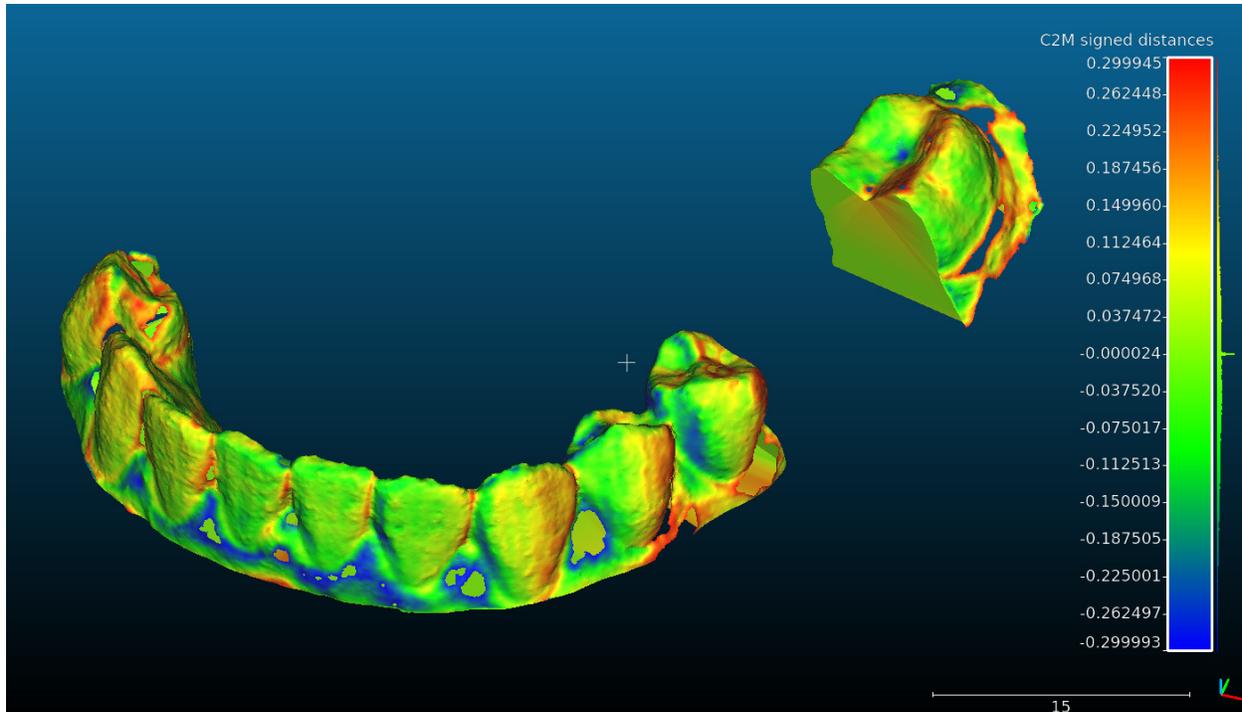


Fig. 13: OpenMVG (sem smooth) vs. Scanner.

Na primeira comparação do OpenMVG vs. Scanner (Fig. 13) vemos que no geral a diferença acabou tendendo a zero, como apresentado no gráfico à direita, no entanto houveram uma série de falhas na gengiva e em algumas partes não traçadas dos molares.

Na imagem em topo (Fig. 14) vemos que a maioria das regiões dos dentes que excederam os 0,30 mm de diferença estavam “para fora” dos limites da peça de referência, como é atestado pela cor vermelha. Isso acontece porque o algoritmo de fotogrametria tem uma certa dificuldade de reconstruir arestas, tendendo a atenuar a estrutura e não documentar completamente alguns acidentes da superfície. Já na região da gengiva a malha gerada estava “para dentro” da referência, por isso a cor azul.

Para entender melhor o que isso significa, criamos um modelo de caixas sobrepostas e o pigmentamos com uma textura plena de contraste, de modo a ser facilmente digitalizado por fotogrametria (Fig. 15). Esse modelo (primeiro à esquerda) foi fotografado digitalmente, através do processo de renderização. Em seguida as imagens resultantes foram digitalizadas em 3D por fotogrametria resultando em três outras malhas, da esquerda para a direita: OpenMVG, SMVS e MeshRoom.

A textura serviu apenas para facilitar a fotogrametria, ao retirarmos a visualização da mesma, podemos contemplar apenas a estrutura de cada uma das malhas e analisar a sua precisão (Fig. 16).

O modelo de teste é composto por 5 caixas sobrepostas (Fig. 17), reduzidas sequencialmente para 30% do tamanho anterior, de modo que a primeira caixa tenha os lados com 20mm e a última com 0,54 mm, ou seja, um pouco mais de meio milímetro. O objetivo do experimento é termos um elemento de controle para comparar com as fotogrametrias.

Ao contemplarmos as porções de menores dimensões (Fig. 18), podemos ter uma ideia dos limites de precisão das fotogrametrias. Da esquerda para a direita: Original, OpenMVG, SMVS e MeshRoom.

Ao compararmos as malhas alinhadas (Fig. 19) podemos ver claramente que há uma tendência das fotogrametrias acompanharem a forma geral, ainda que extrapolem as mesmas em alguns pontos. O destaque aqui fica por conta da malha gerada pelo OpenMVG+OpenMVS, que segue bem a forma original a ponto de confundir-se com a mesma na maior parte da estrutura, até chegar no pequeno elemento da parte

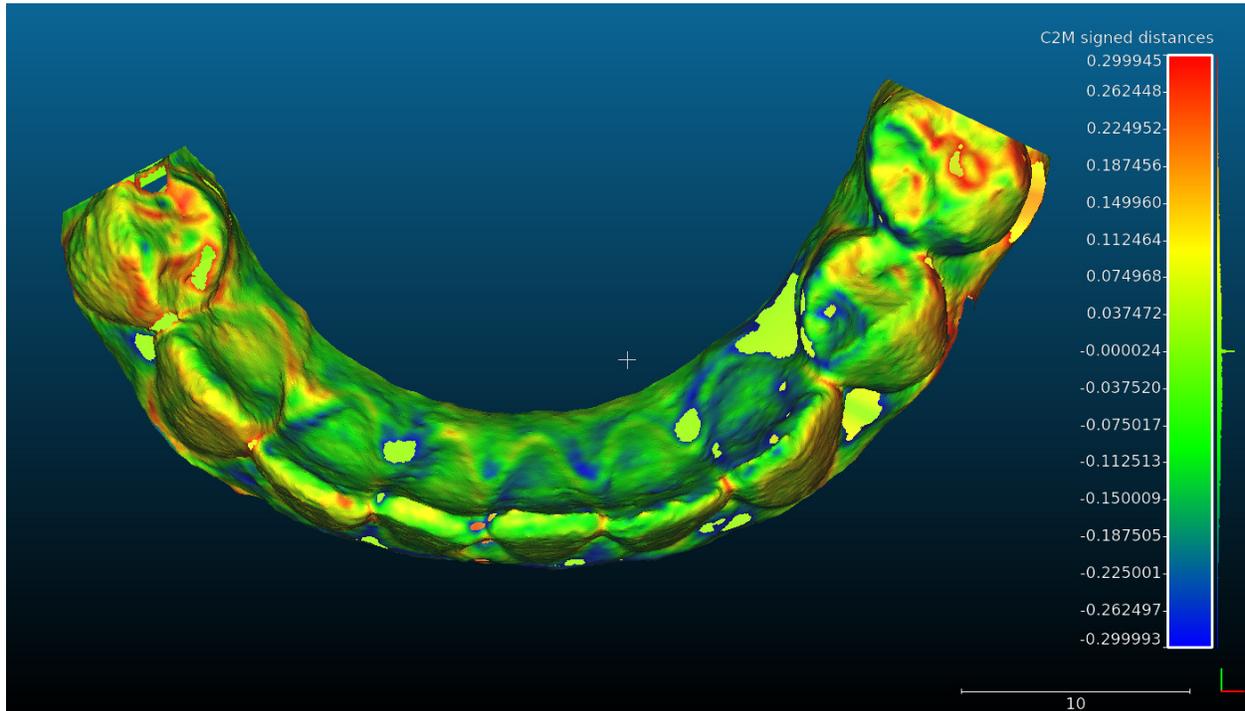


Fig. 14: OpenMVG (sem smooth) vs. Scanner - topo.

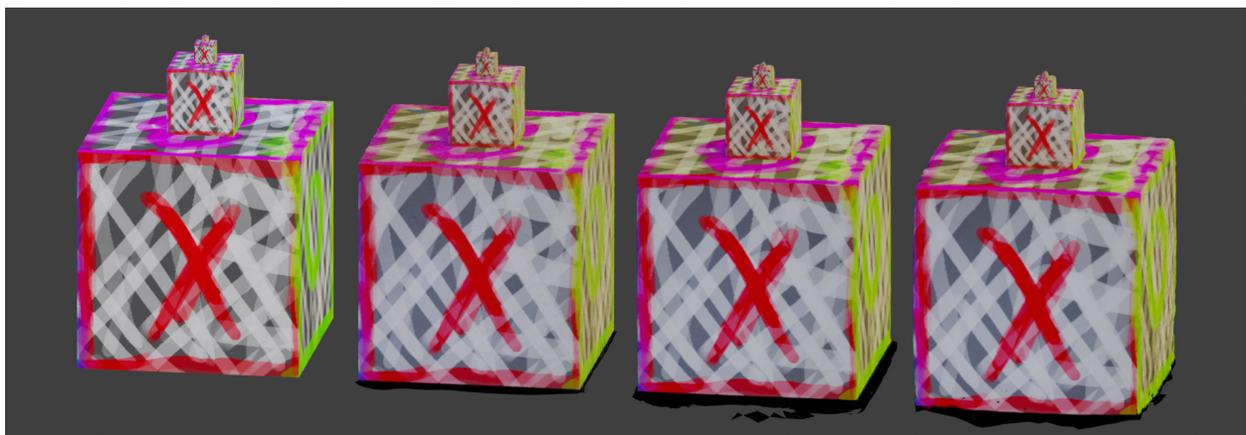


Fig. 15: Malhas de teste alinhadas - textura.

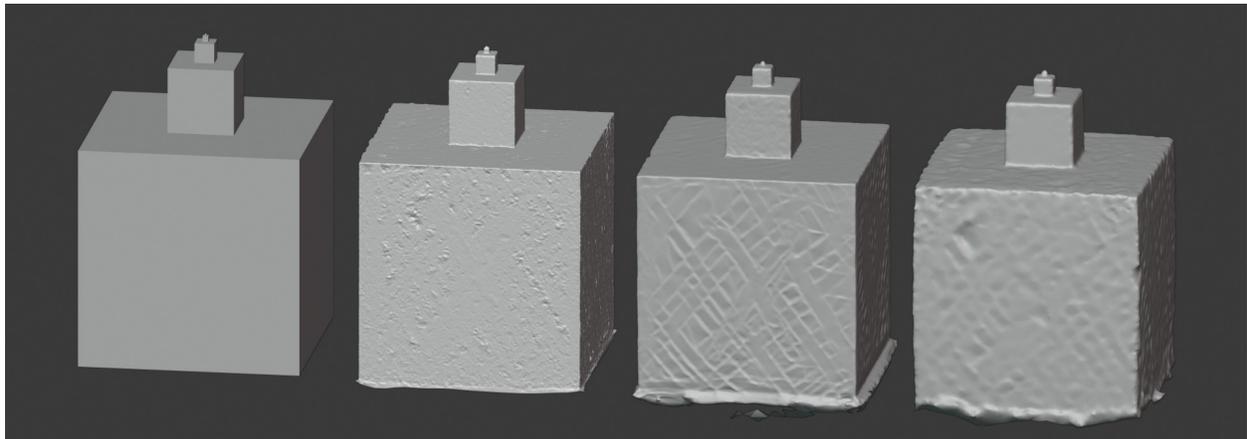


Fig. 16: Malhas de teste alinhadas - solid.

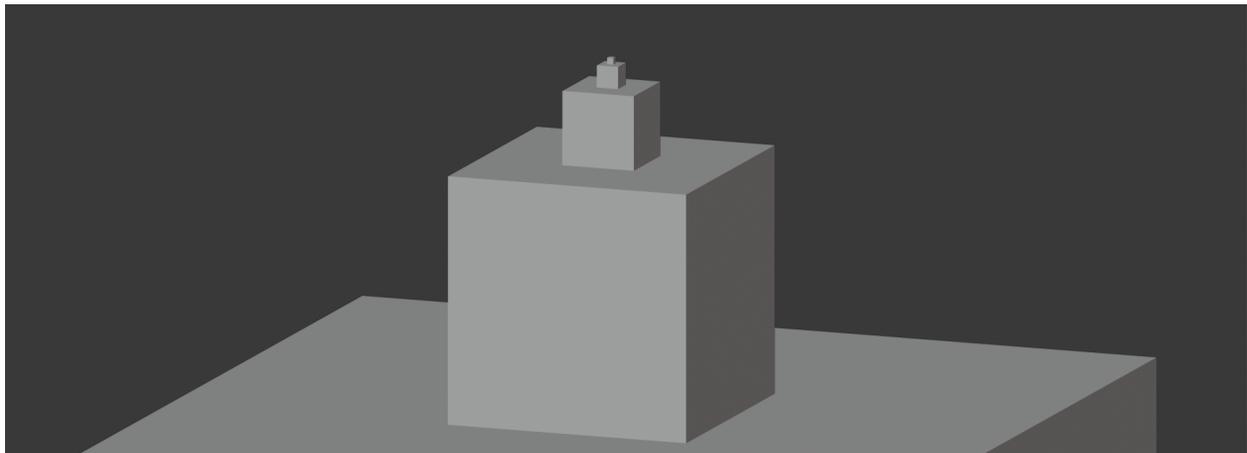


Fig. 17: Parte superior do elemento de teste.

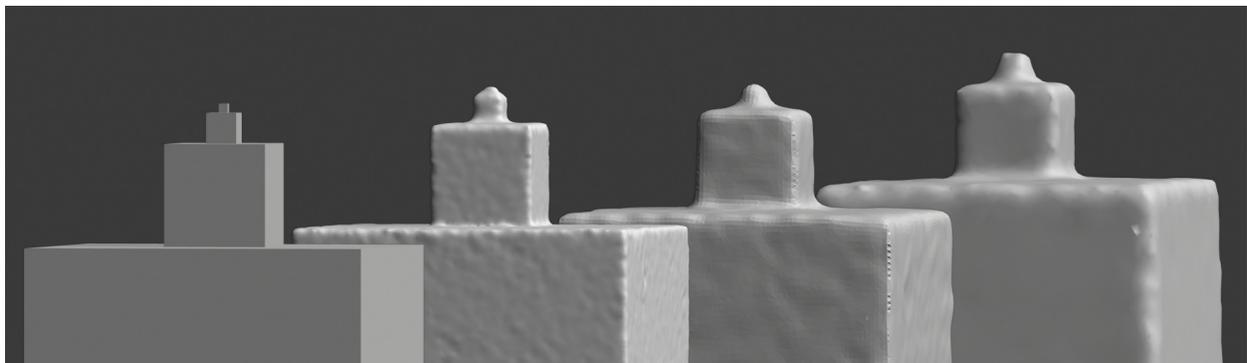


Fig. 18: Malha de teste original vs. fotogrametrias.

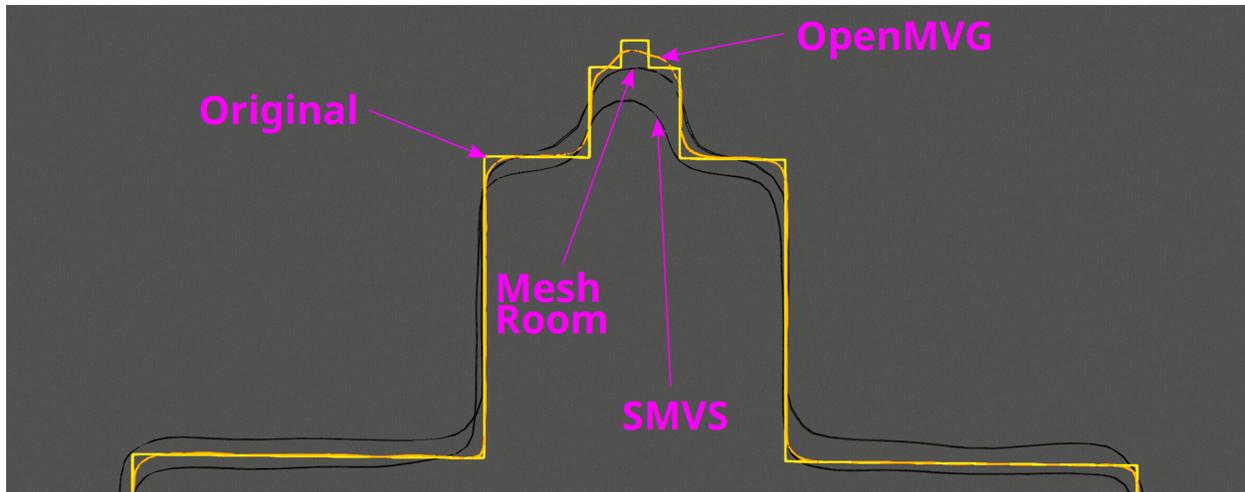


Fig. 19: Malhas sobrepostas.

superior, onde evidentemente não há resolução suficiente na digitalização, mas mesmo assim aproximou-se mais do que as demais soluções. Outra característica a ser observada é o leve arredondamento nas arestas em cantos retos. Isso não é um problema quando o objeto é grande, mas fica evidente nas partes menores, como vimos acima.

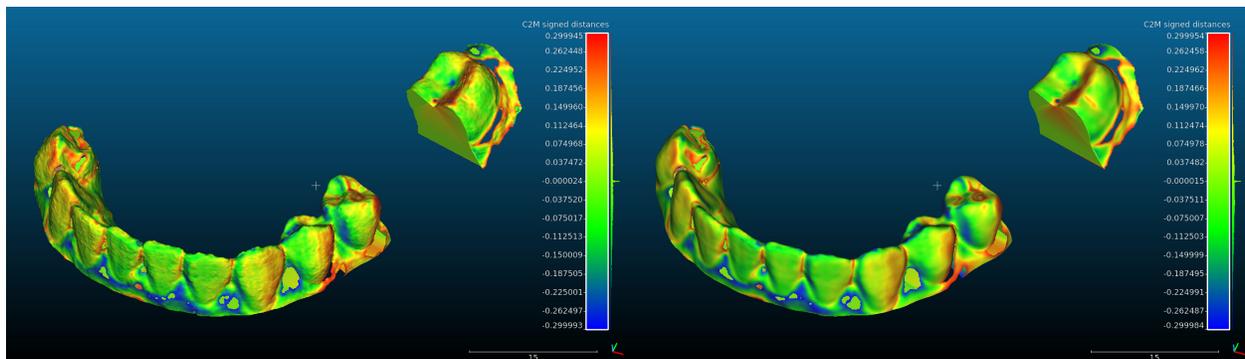


Fig. 20: OpenMVG normal (à esquerda) e com smooth (à direita).

Continuando com a peça do OpenMVG (Fig. 20), foi atribuído a ela o modificador *Smooth* e comparada novamente com o escaneamento intraoral. Os resultados foram praticamente os mesmos da fotogrametria normal, ou seja, atribuir o modificador pode melhorar a aparência da peça, sem comprometer a sua precisão.

O resultado da fotogrametria com o SMVS apresentou resultados muito parecidos com o a do OpenMVG, com alguns buracos no pré-molar por conta da extrapolação excessiva da malha (Fig. 21).

A mesma situação ocorreu com o MeshRoom, ao apresentar falhas no pré-molar (Fig. 22).

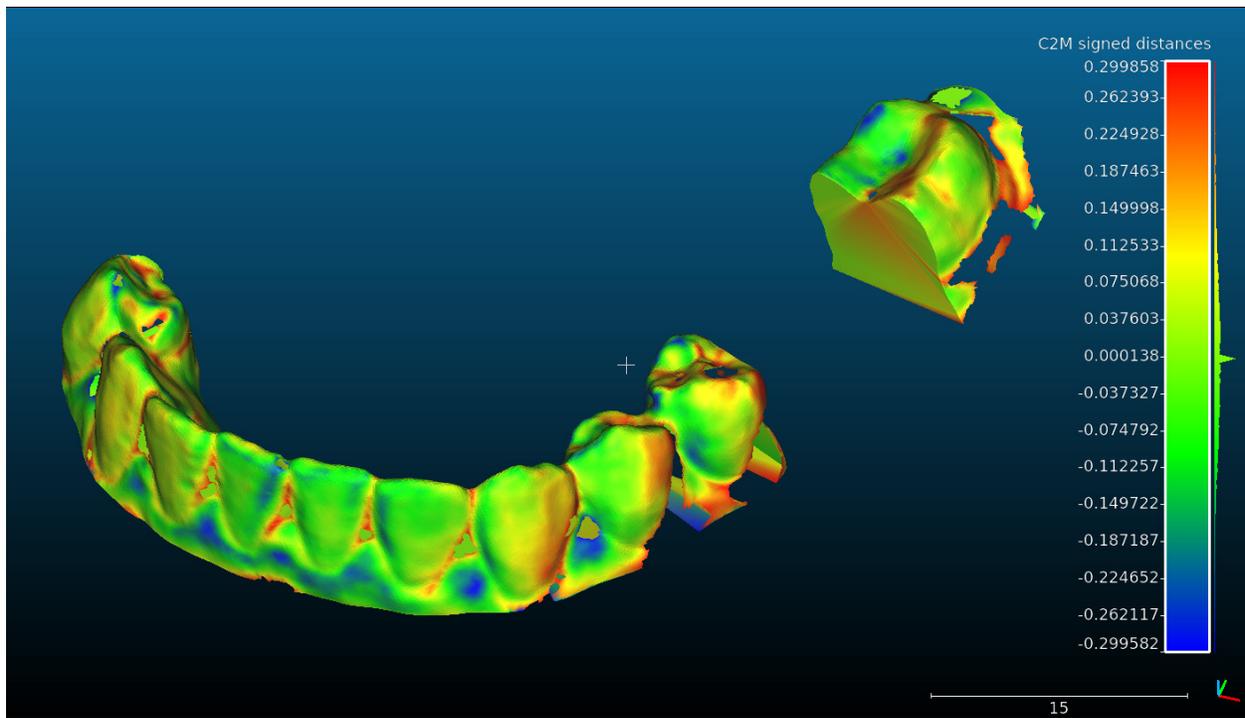


Fig. 21: SMVS vs. Scanner.

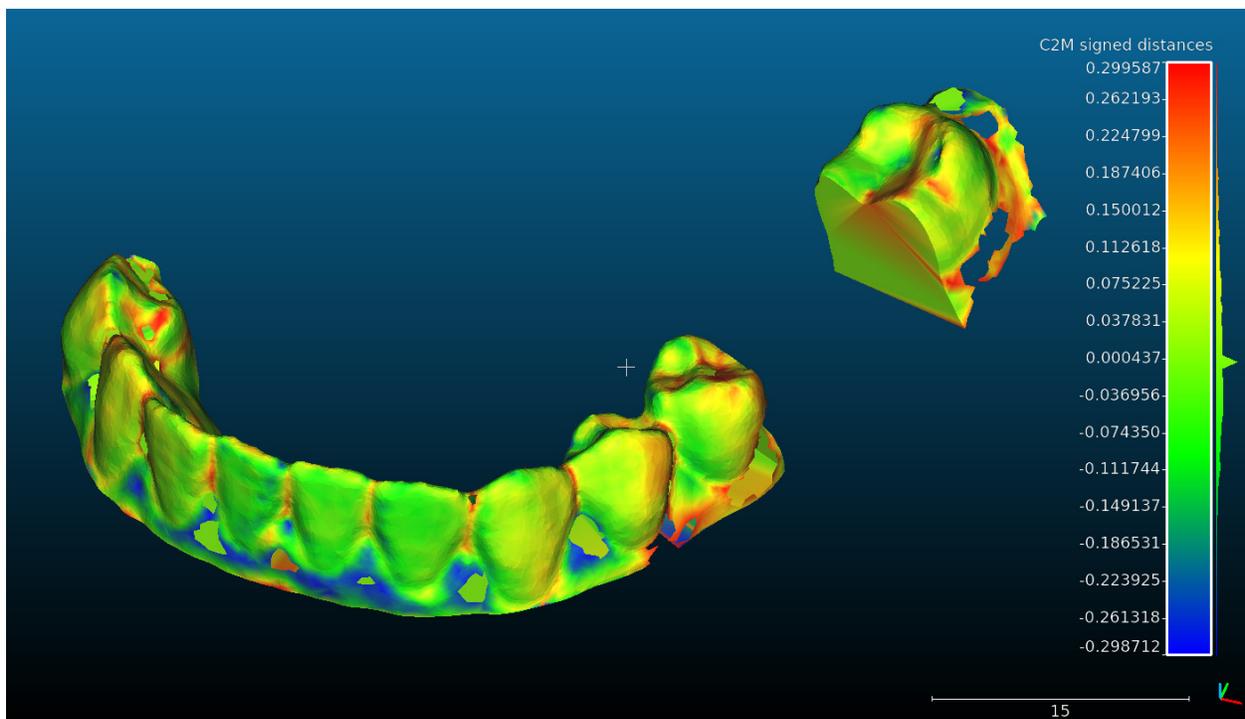


Fig. 22: MeshRoom vs. Scanner.

12.6 Melhorando a Precisão da Fotogrametria

A tomada de fotogrametria apresentada anteriormente seguiu o protocolo simples de digitalização de objetos, isso significa que foram feitas mais ou menos 72 fotos em duas alturas diferentes, mantendo a mesma distância do objeto fotografado.

Se por um lado o protocolo se destaca pela sua simplicidade e bons resultados gerais, por outro pode apresentar problemas quando utilizado em superfícies complexas e com pequeno detalhes, como é o caso do modelo utilizado neste estudo.

Em face deste problema, haveria uma forma de melhorar os resultados e gerar uma malha mais compatível com o elemento original?

Sim e a chave para a solução mora justamente na forma de se fotografar o objeto.

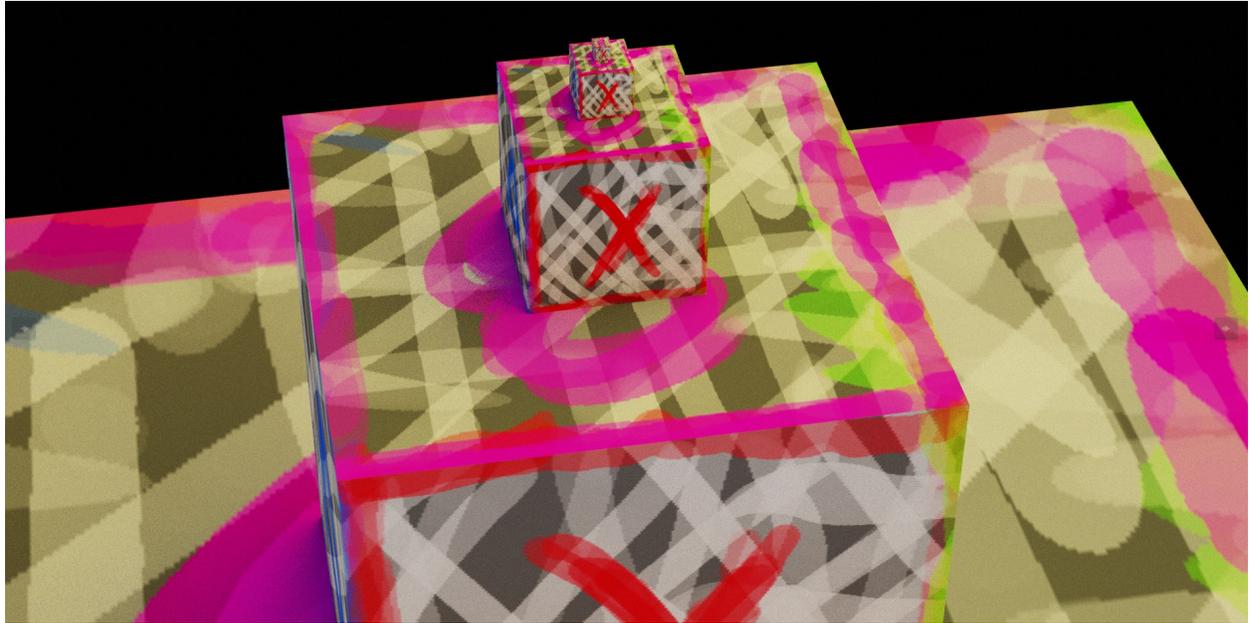


Fig. 23: Malha de controle da fotogrametria.

Se analisarmos a malha de controle utilizada anteriormente (Fig. 23), atestaremos que a mesma se trata de 5 caixas sobrepostas. Olhando mais de perto veremos que além de se tratarem da mesma estrutura (caixa) também contam com a mesma textura (padrão colorido), isso significa que é a mesma caixa copiada, reduzida e centralizada.

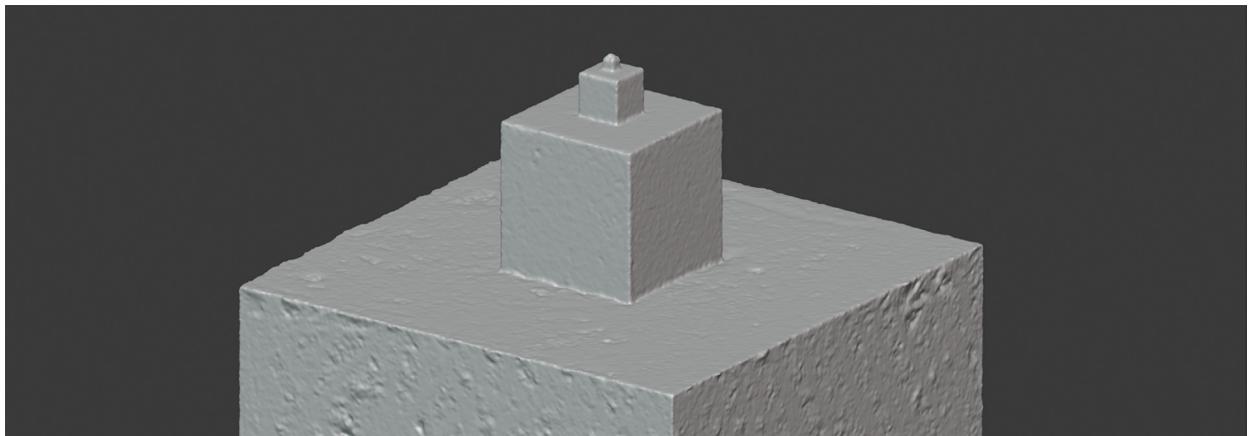


Fig. 24: Fotogrametria da malha de controle.

Ao observarmos o resultado da fotogrametria do OpenMVG (Fig. 24) vemos que o modelo ficou bem digitalizado nas partes inferiores onde as caixas são maiores, mas foi perdendo resolução na parte superior. Como explanado anteriormente, o protocolo de fotogrametria é feito em círculo mantendo o *smartphone na mesma distância* de modo a enquadrar o objeto, logo, os detalhes do mesmo podem não ficar muito visíveis nas fotos. Não tendo boa visibilidade a reconstrução pode ser feita sem muita resolução, posto que o algoritmo não terá informações suficientes para a reconstrução!

Qual seria a solução para esse problema?

A solução é fotografar mais de perto, não apenas a região de interesse da arcada e gengiva, mas também alguns dentes.

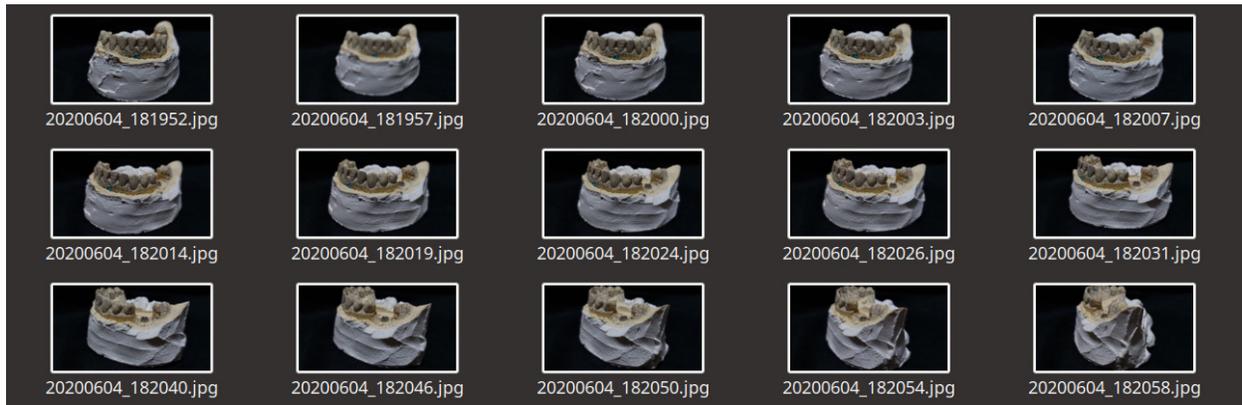


Fig. 25: Tomadas com o protocolo simples.

Nas tomadas com o protocolo simples (Fig. 25) o objetivo é enquadrar todo o objeto, ao fazer isso o algoritmo reconstruirá não apenas a região de interesse, mas toda a estrutura, reduzindo a resolução dos elementos menores e dos próprios dentes.

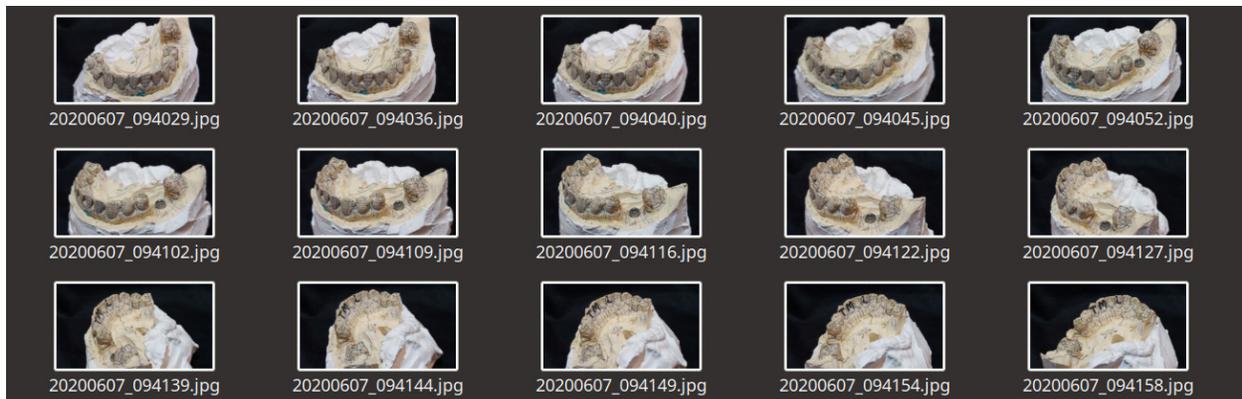


Fig. 26: Tomadas gerais mais próximas.

Nas novas tomadas as fotografias são feitas mais próximas à região de interesse, utilizando o zoom do equipamento (Fig. 26).

Além das duas rotações gerais o usuário pode fazer pequenas outras rotações, como nos molares (Fig. 27) e pequenos arcos em torno de estruturas de interesse específicas.

Para essa fotogrametria foram feitas 116 tomadas que levaram um tempo total de **2 minutos e 11 segundos**, um pouco mais do que 1 minuto e 52 segundos da tomada inicial com 64 fotos.

O modelo resultante, a partir do OpenMVG apresentou uma significativa melhora de detalhes (Fig. 28).

O detalhamento é evidenciado quando comparado com o cálculo anterior (à direita) com menos fotos (Fig. 29). Até o pino do primeiro molar, que não era foco do escaneamento foi digitalizado com significativo incremento de resolução.

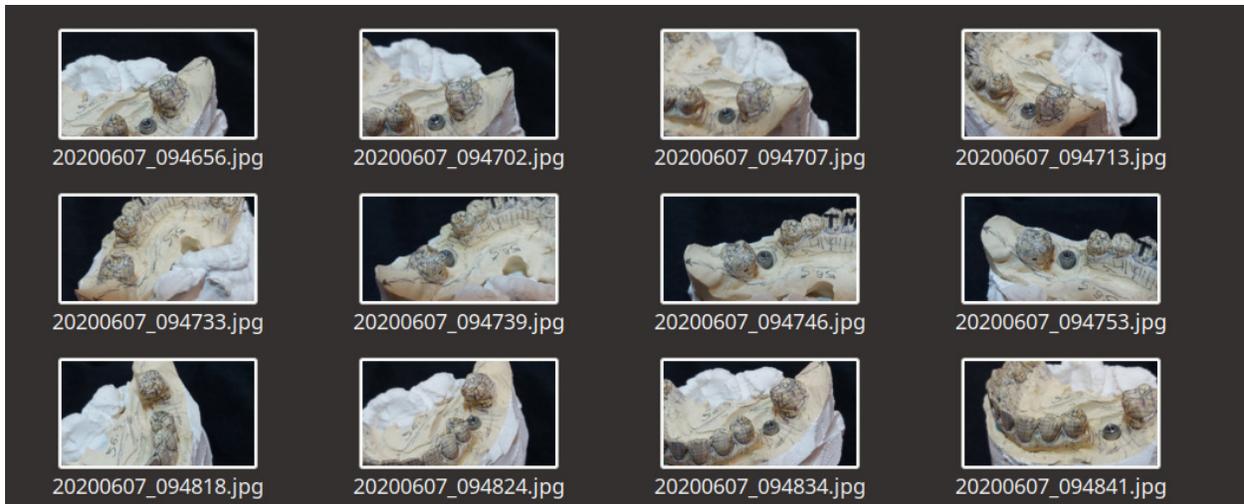


Fig. 27: Rotação na região do segundo molar.

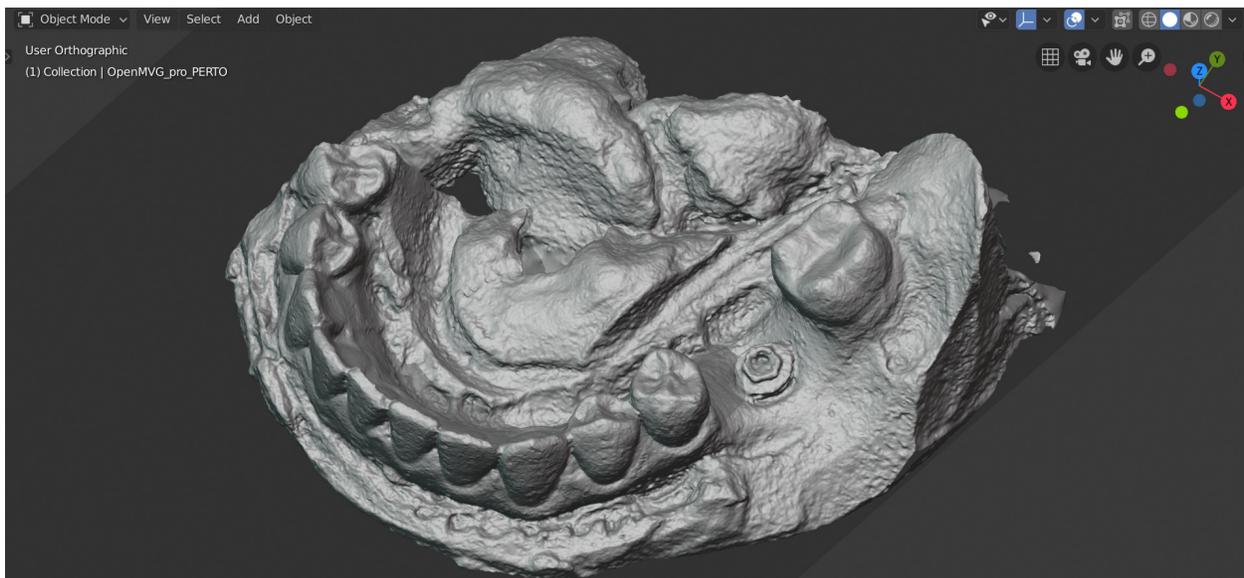


Fig. 28: Modelo resultantes das 116 fotografias - sem smooth.

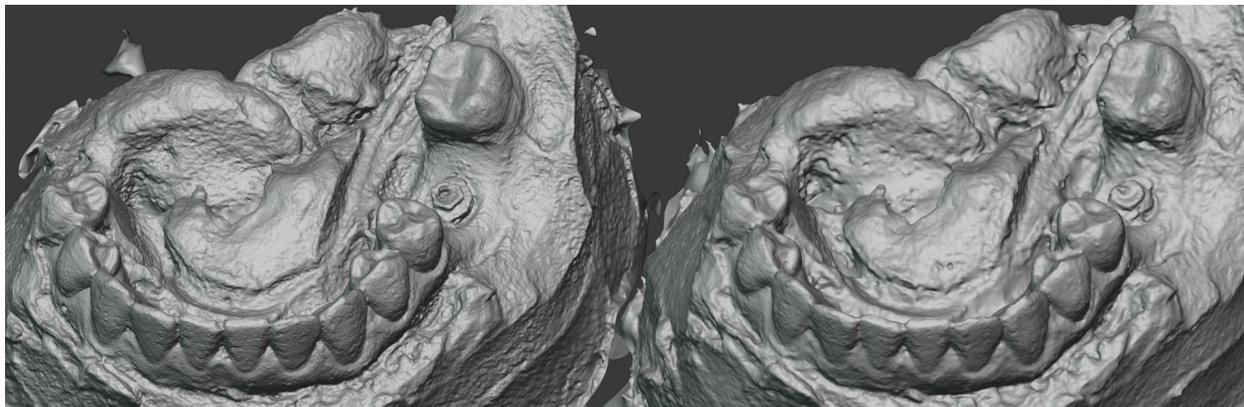


Fig. 29: Comparação de 116 (próximas) vs. 64 fotos (distantes).

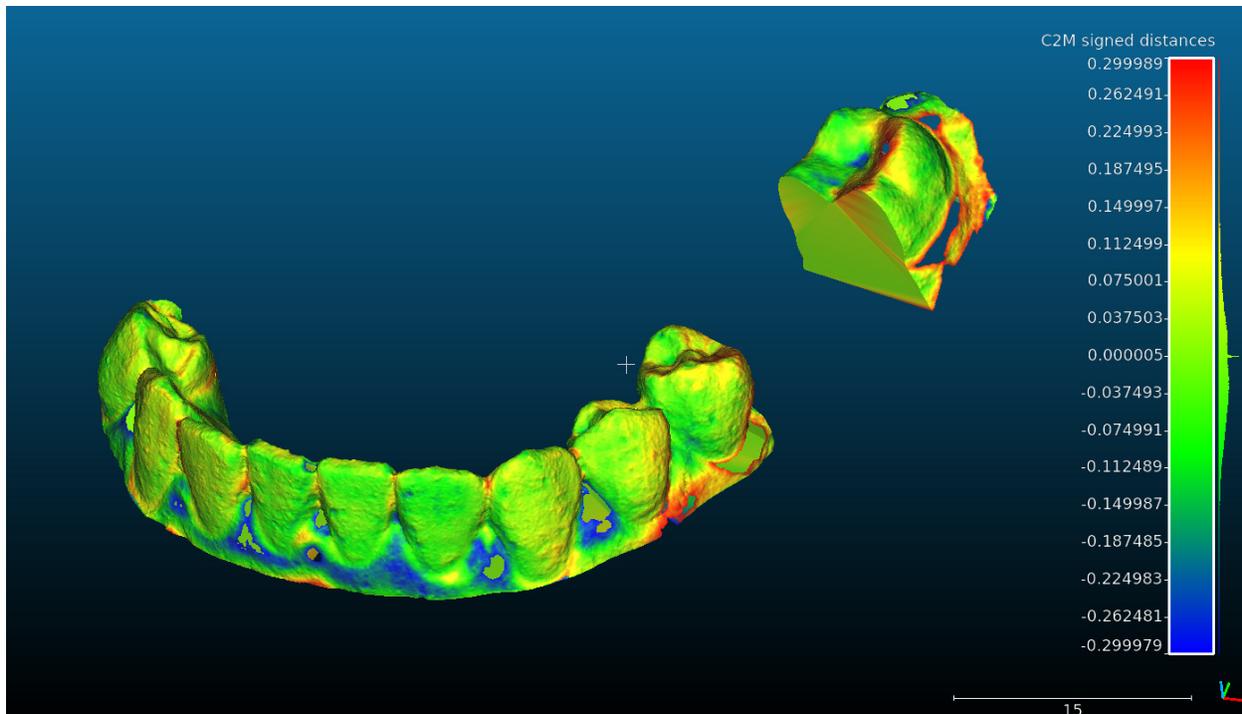


Fig. 30: OpenMVG vs. Escaneamento intraoral.

Ao compararmos o modelo da fotogrametria com o proveniente do escaneamento intraoral, já não vemos as falhas nos pré-molares e molares (Fig. 30).

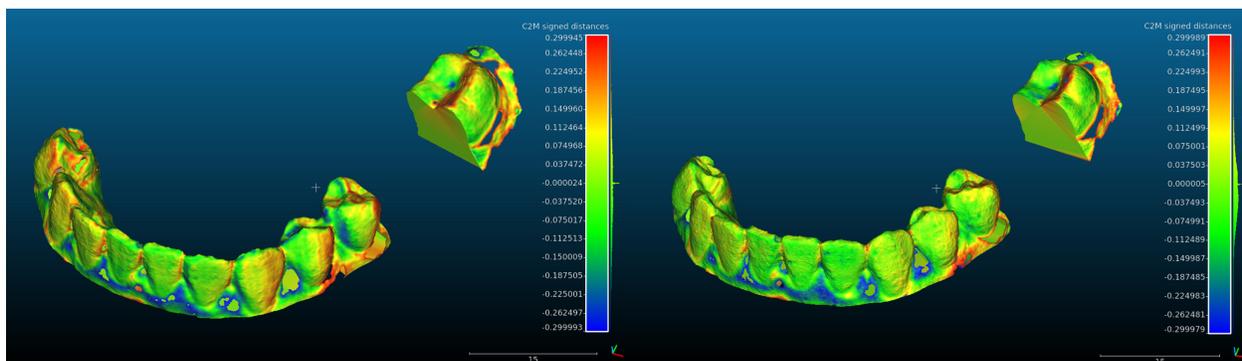


Fig. 31: Comparações perfiladas.

As perfilarmos as comparações de malhas (Fig. 31) vemos que a tomada de 64 fotos mais distantes tinha um gráfico de distanciamento mais distribuído (à esquerda), já a comparação com o modelo proveniente das 116 fotos próximas gerou um gráfico com distanciamento menor com mais resultados próximos ao zero.

Para ilustrar melhor o ocorrido, basta alinhar os dois gráficos (Fig. 32). Na parte superior temos o modelo proveniente as 64 fotos, perceba que o gráfico das diferenças está mais distribuído ao longo do +0.30 e do -0.30 mm. Já o gráfico do modelo proveniente das 116 fotos próximas tem uma maior concentração de distâncias em espaços menores, isso significa que o modelo é mais compatível com o escaneamento intraoral.

Como a digitalização mostrou-se mais compatível com o modelo proveniente do escaneamento intraoral, esperava-se que os dentes não apresentassem falhas ocorridas anteriormente, com as 64 fotos. No entanto, é possível verificar que elas ocorreram em um dos incisivos e as mesmas não estavam presentes na fotogrametria anterior que contava com menos precisão (Fig. 33).

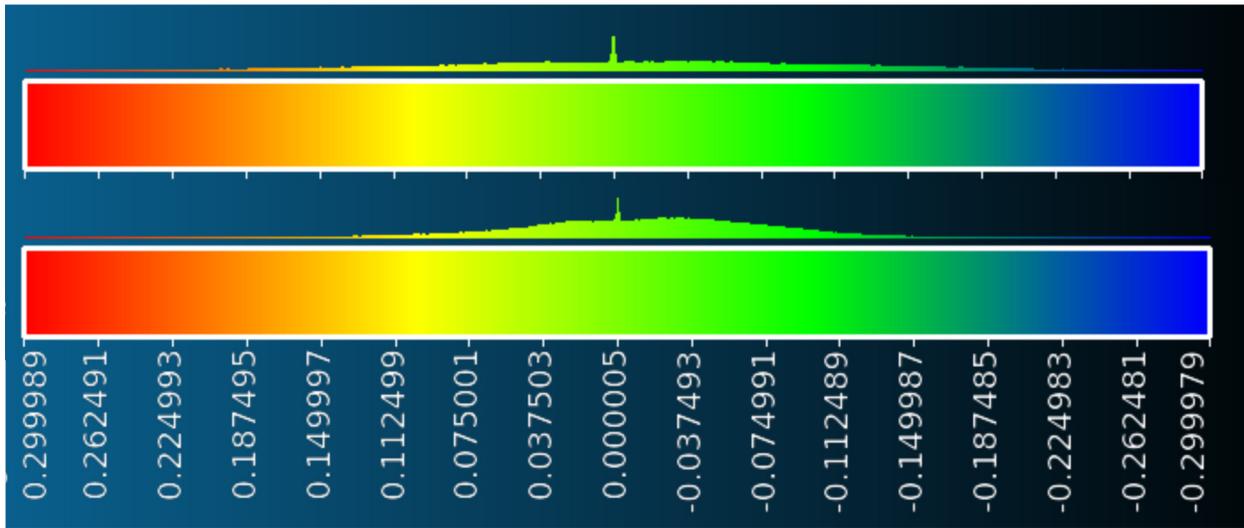


Fig. 32: Comparação dos gráficos.

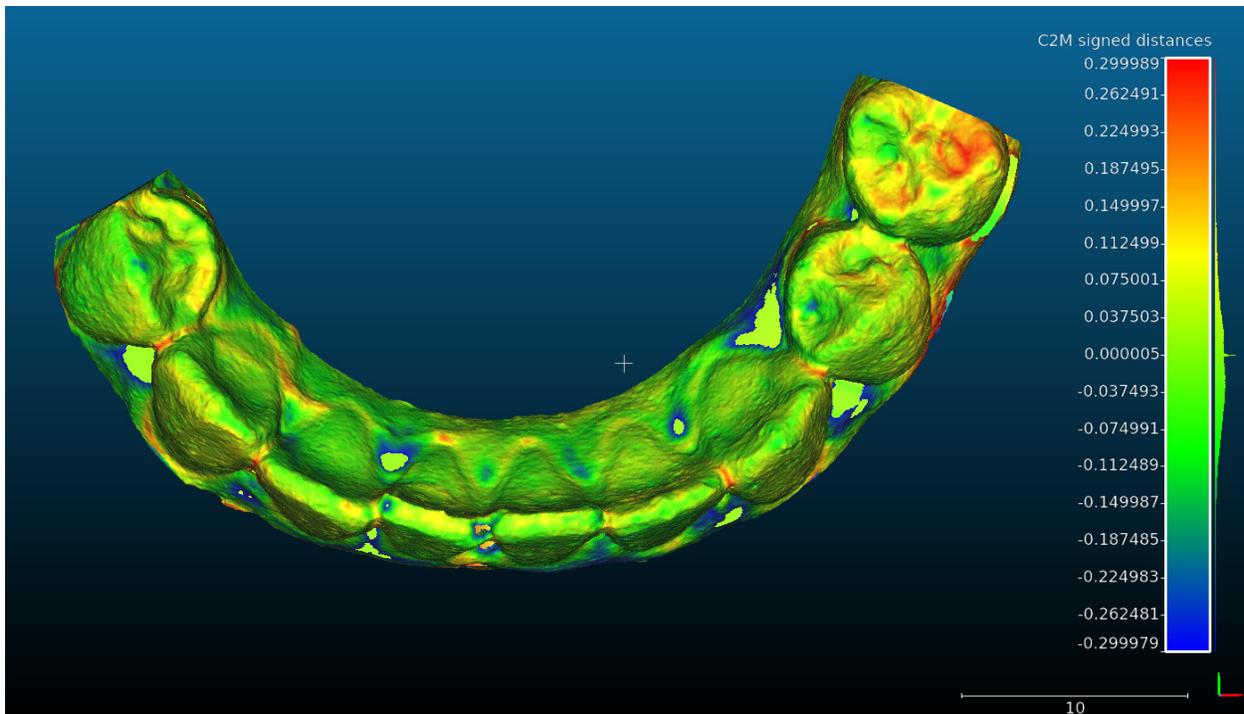


Fig. 33: OpenMVG vs. Escaneamento intraoral - visão em topo.

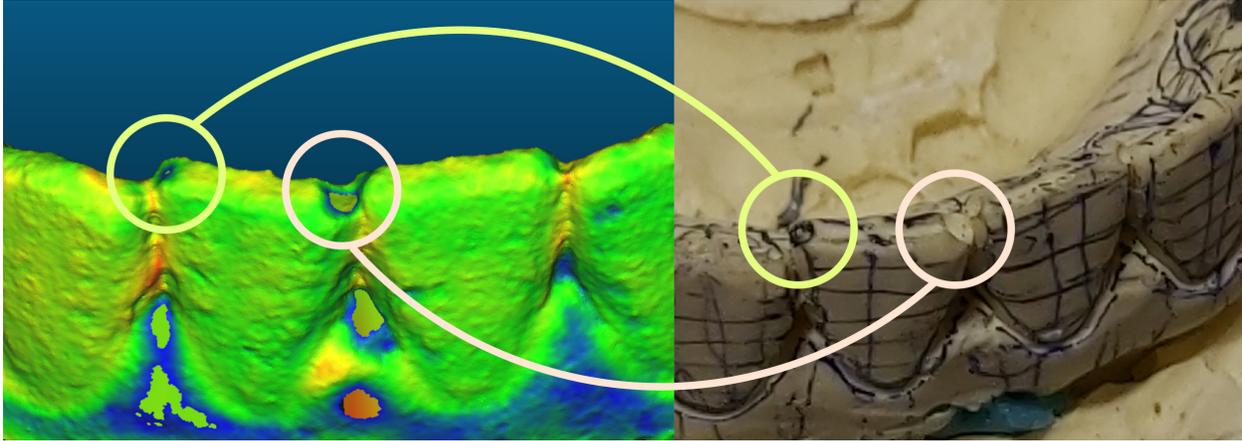


Fig. 34: Bolhas de ar evidenciadas na comparação de malhas.

O fato é que as falhas atestam a precisão do escaneamento (Fig. 34). Ao analisarmos mais de perto o modelo de gesso, percebemos pequenas bolhas e estas foram capturadas pela fotogrametria! Basta lembrar que o escaneamento intraoral está completo e que as bolhas foram criadas no momento da colocação do gesso, por isso a falha. A bolhas excederam o limite de 0,30 mm proposto na comparação.

12.7 Conclusão

O presente estudo evidencia a possibilidade de uso da fotogrametria na digitalização de modelos de arcadas dentárias utilizando tecnologia acessível a um grande número de indivíduos. O protocolo proposto para uma maior precisão envolve também um número maior de fotos, mais próximas a área de interesse geral, bem como de regiões específicas. Ao final o tempo da tomada não aumenta consideravelmente quando comparada com o protocolo simples de duas voltas, viabilizando a abordagem detalhada. Em trabalhos que demandam um grande número de digitalizações o processo de captura pode ser delegado a um dispositivo automático baseado em Arduino ou tecnologia afim.

12.8 Agradecimentos

Agradecemos a Clínica Santa Isabel³⁶ por proceder com o escaneamento intraoral que viabilizou a publicação deste estudo.

³⁶ <https://www.facebook.com/santaizabelradiologiaodontologia>

Protocolo de Tomografia para Planejamento de Cirurgia Ortognática

O uso da tomografia computadorizada (TC) é essencial para o planejamento de cirurgia ortognática e se o especialista tomar alguns cuidados no momento da captura dos dados, ele poderá ter menos trabalho e contar com mais precisão no decorrer do processo.

13.1 Dentes Unidos

Em muitas tomografias o paciente toca ou quase toca os dentes e isso pode ser um problema no momento da reconstrução em 3D.

Na figura 1 (Fig. 1) vemos uma malha que apresenta dentes “colados”, resultantes da abordagem utilizada pelo algoritmo de reconstrução 3D.

Uma forma de se evitar esse tipo de situação é separar um pouco os dentes no momento da tomada.

O paciente pode colocar uma estrutura de cera entre os dentes separando-os levemente (Fig. 2).

Na figura 3 (Fig. 3) vê-se um corte com o objeto de cera separando os dentes.

Isso permitirá que os dentes superiores e inferiores não se fundam quando a tomografia for convertida em uma malha 3D, facilitando assim a segmentação não apenas dos dentes, mas da mandíbula também (Fig. 4).

13.2 Correções nos Dentes e Artefatos

Outra situação que costuma dar muito trabalho para contornar são os chamados artefatos, que deformam a região onde se encontram como no caso dos braquetes, parafusos e afins.

Uma forma de resolver isso é digitalizar a réplica das arcadas em gesso. Na figura 5 (Fig. 5) vemos a diferença de resolução e também a ausência de artefatos no segundo molar da réplica, à esquerda.

No entanto, se por um lado a réplica em gesso facilita a obtenção de um modelo limpo, ela também exige etapas de trabalho complementares, bem como habilidade do especialista para evitar o surgimento de bolhas de ar que possam comprometer o modelo.

Felizmente podemos utilizar diretamente o molde que serviu de base para a geração do modelo (em roxo e alaranjado na imagem acima) como apresentado na figura 6 (Fig. 6).

Uma vez que temos os moldes foram digitalizados na tomografia, podemos reconstruí-los em 3D. O resultado é uma malha que funciona como uma casca de ovo, mas com a forma do molde. Para evidenciar os dentes precisamos apenas apagar a parte que oculta a estrutura da arcada (Fig. 7).

Uma das vantagens deste sistema podemos ver na figura 8 (Fig. 8), onde uma réplica de gesso (mais clara, na parte superior) digitalizada foi comparada ao molde dos dentes.

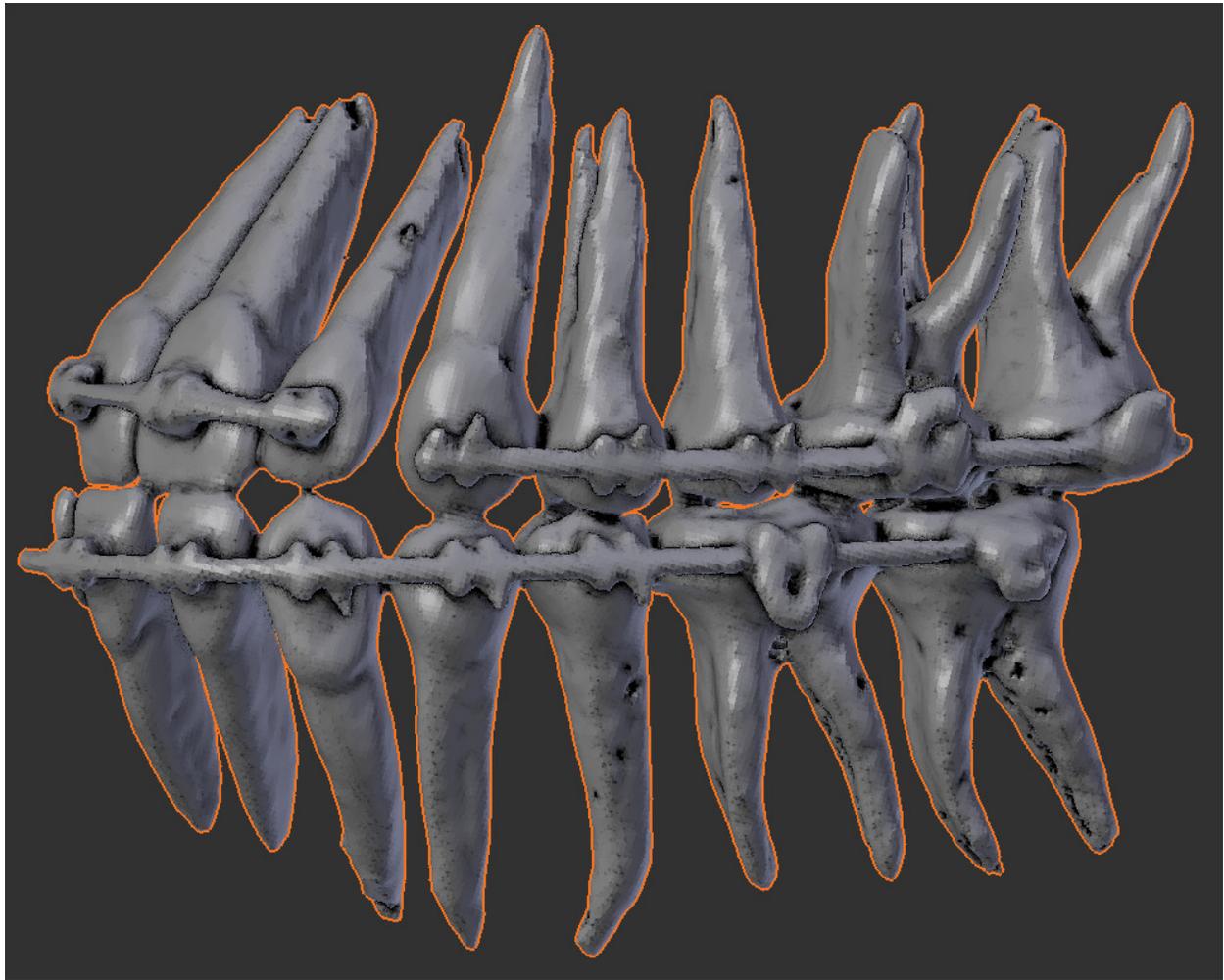


Fig. 1: Exemplo de dentes unidos na reconstrução 3D.



Fig. 2: Dentes afastados com estrutura de baixa densidade.

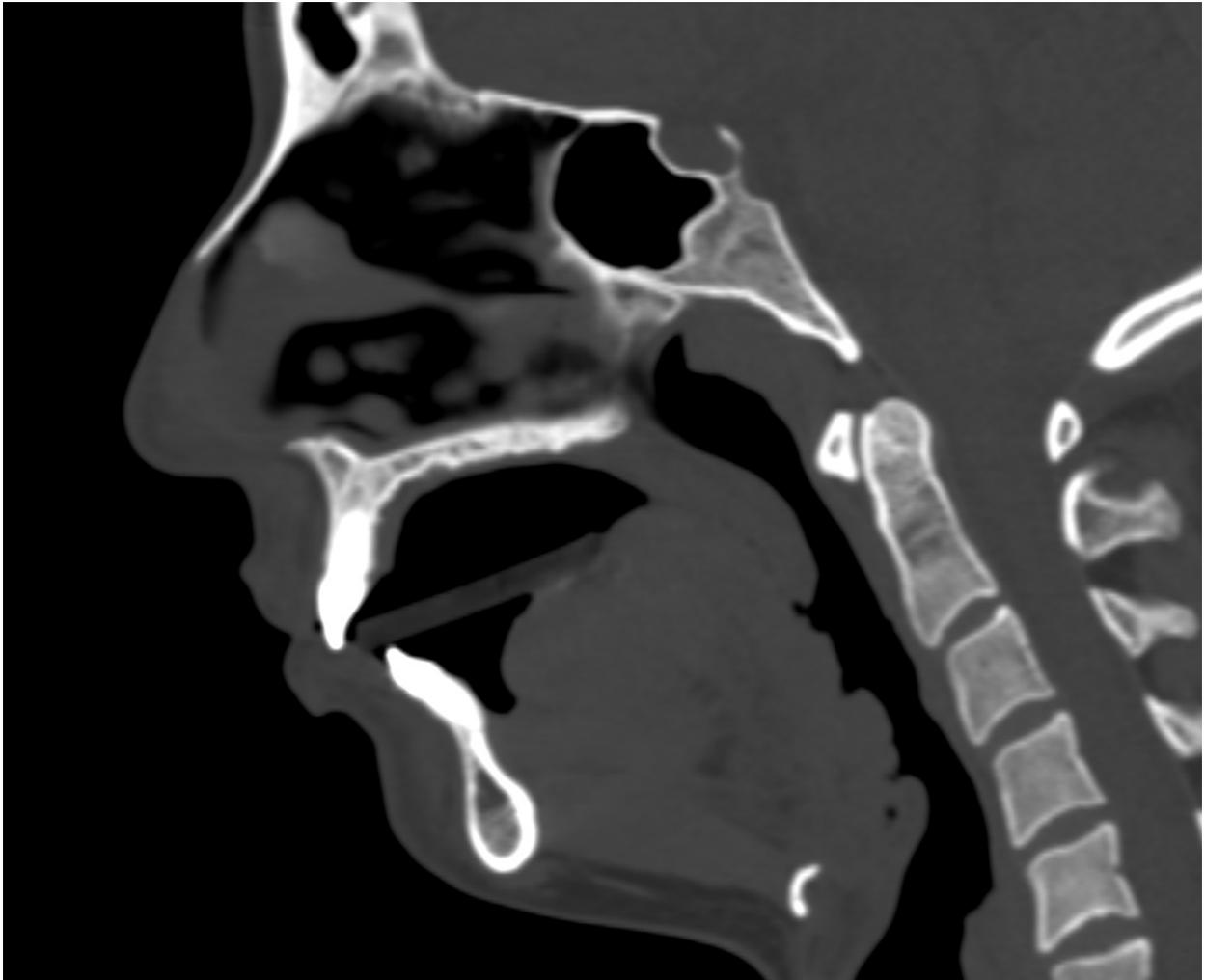


Fig. 3: Visualização da estrutura de baixa densidade na tomografia.

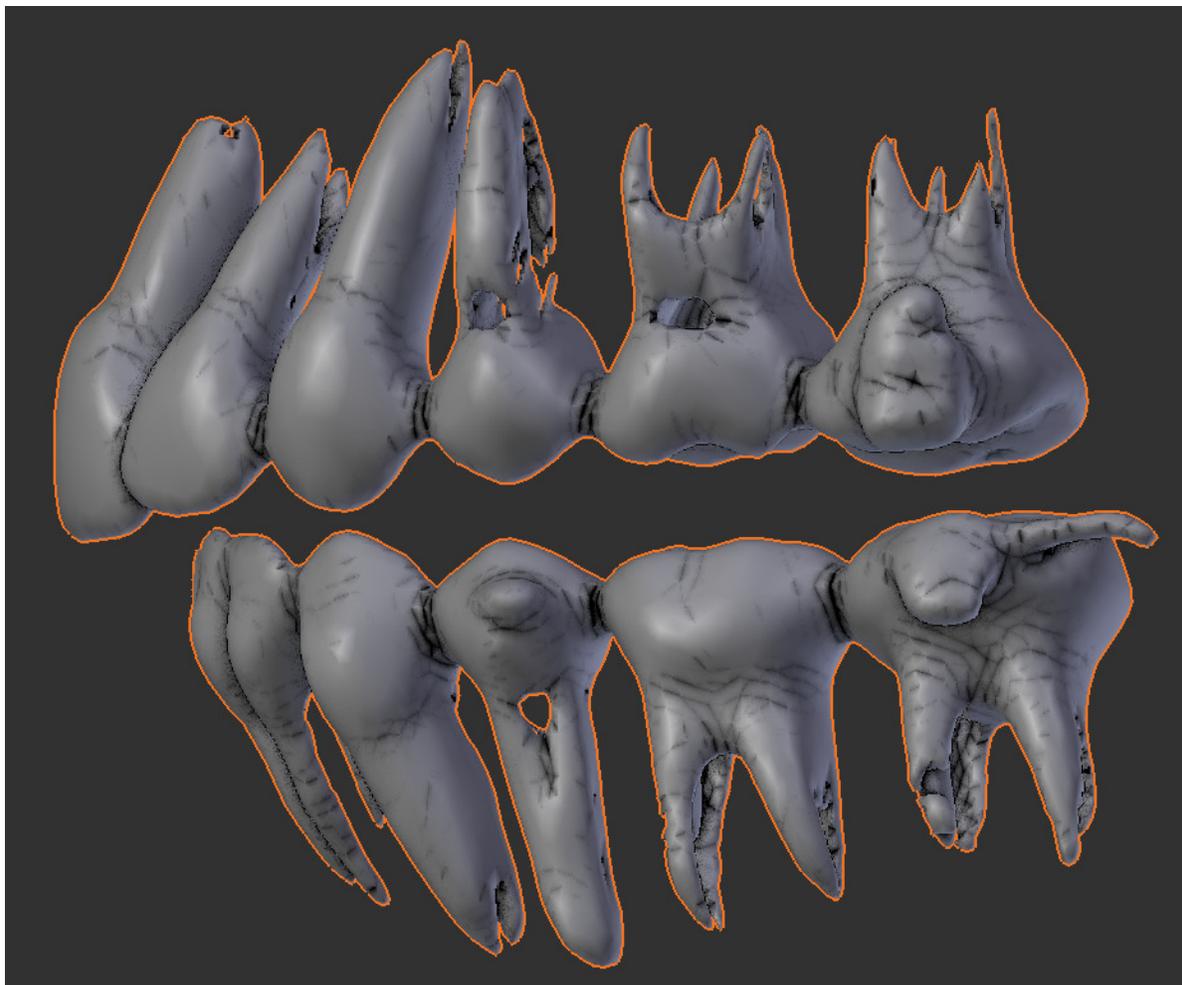


Fig. 4: Dentes resultantes de reconstrução a partir do afastamento efetuado com a estrutura de baixa densidade.

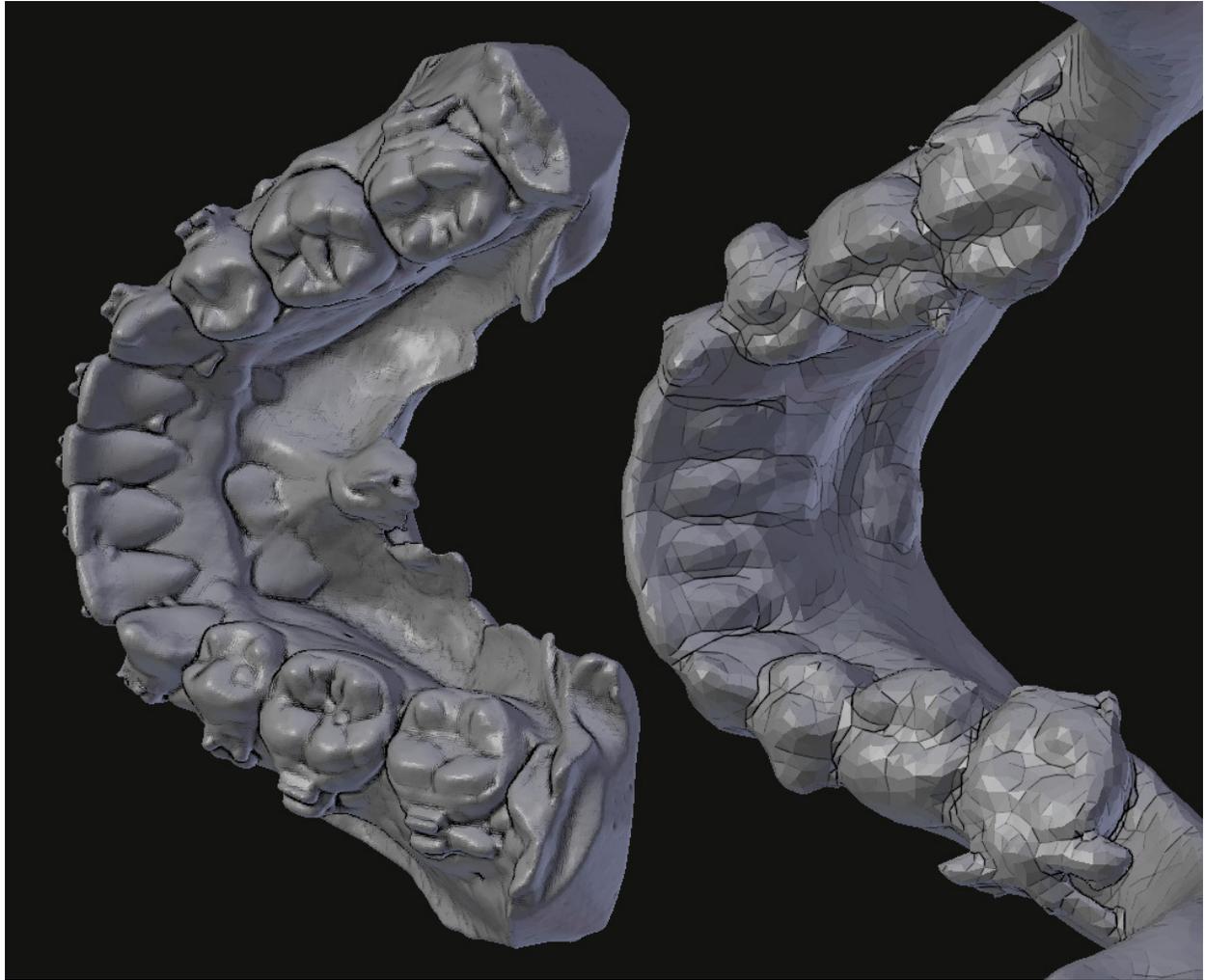


Fig. 5: Arcada advinda de um modelo de gesso (à esquerda) e outra reconstruída por tomografia (à direita).



Fig. 6: Modelos em gesso e negativos.

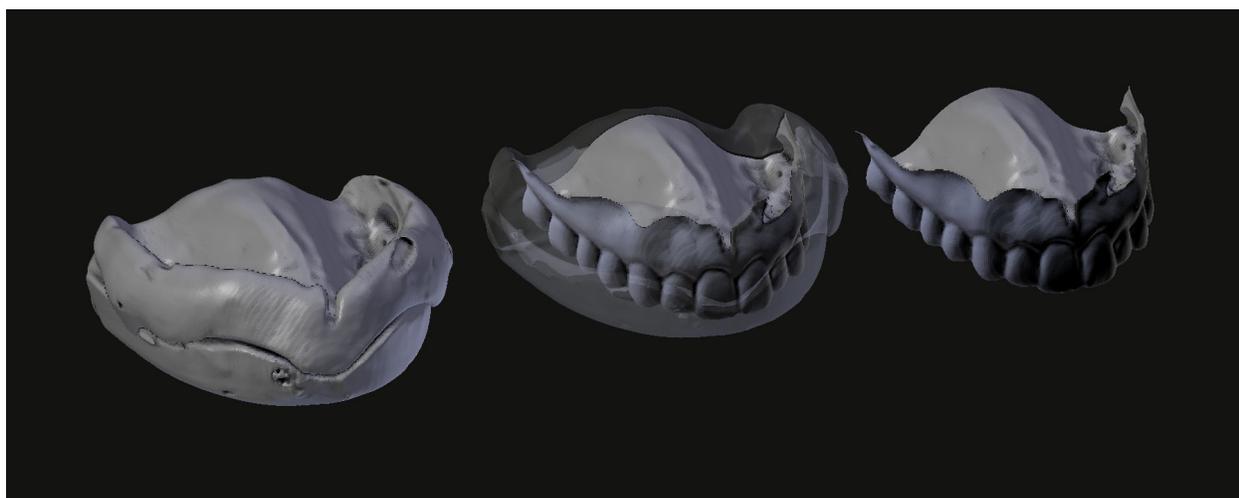


Fig. 7: Passo a passo de um recorte de negativo e conversão em positivo.



Fig. 8: Modelo reconstruído a partir de gesso com pequenas bolhas de ar (acima) e modelo reconstruído a partir de um negativo, sem as bolhas (abaixo).

É fácil perceber que na réplica em gesso algumas bolhas de ar que comprometeram a estrutura dos incisivos, o que não aconteceu com o molde logo abaixo, posto que neste os dentes se encontram inteiros.

Importante: No caso das réplicas das arcadas aconselhamos o uso de tomografia cone beam (CBCT).

13.3 Problemas de Importação da Sequência

O OrtogOnBlender oferece muitas facilidades em relação a importação das malhas a partir do DICOM, mas o sistema não funciona sempre, como nos casos de *slíces* contidos em um único DICOM. Em face desta situação o usuário pode precisar abrir a tomografia em um editor externo como o Slicer, por exemplo.

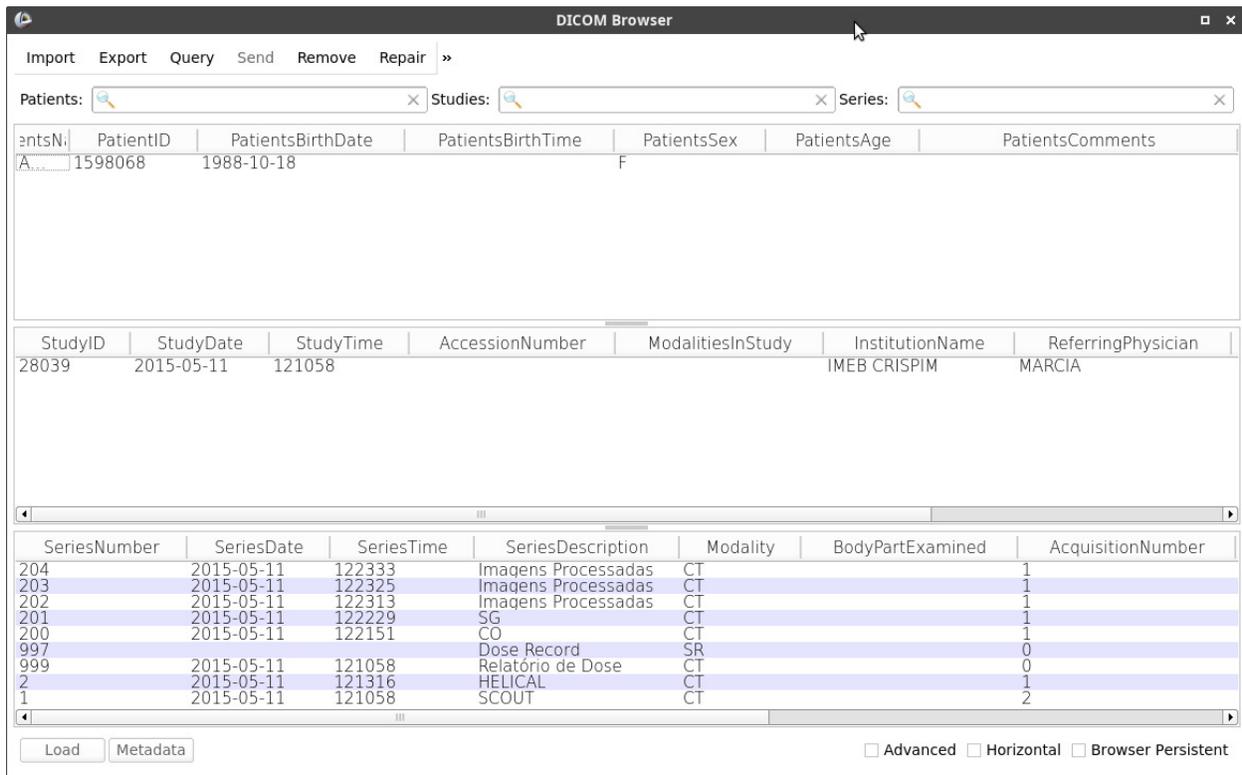


Fig. 9: DICOM Browser do software Slicer.

Na figura 9 (Fig. 9) temos um exemplo de tomografia que contém 9 séries diferentes dentro de sua estrutura, no entanto apenas uma será utilizada.

Uma vez que a sequência desejada foi aberta, o usuário pode exportá-la em um novo diretório contendo apenas os slices desejados, para isso basta utilizar o comando **Export to DICOM...** (Fig. 10).

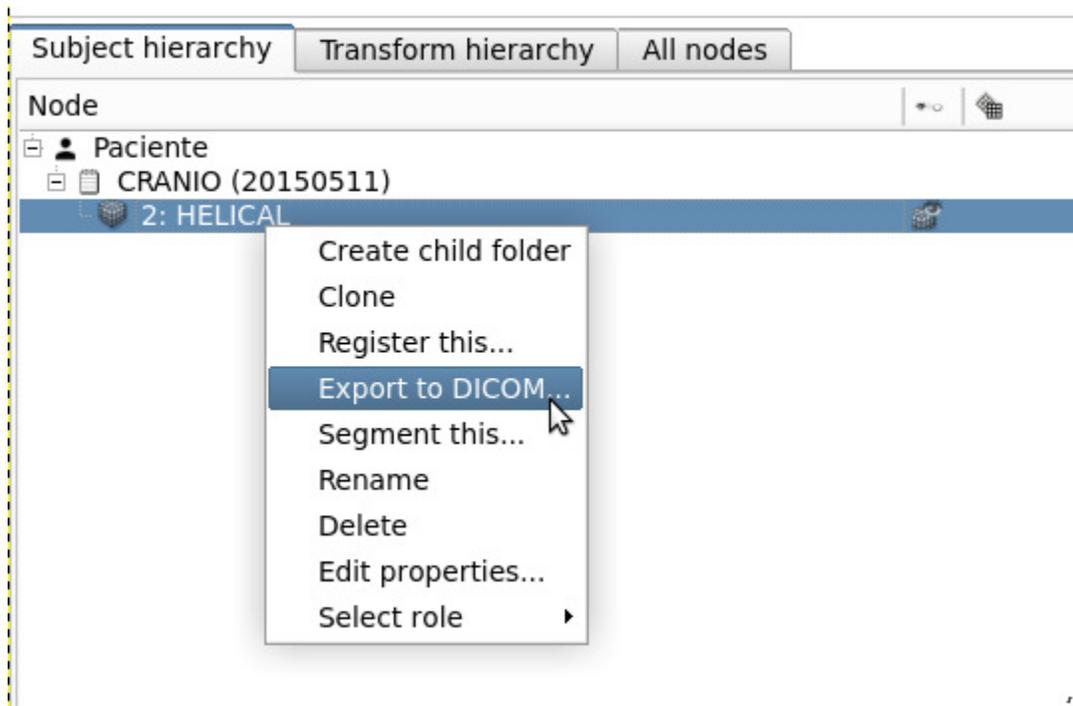


Fig. 10: Exportação de uma sequência DICOM no Slicer.

13.4 Importação dos Arquivos no OrtogOnBlender

O processo é extremamente simples e consiste apenas em setar o diretório da tomografia e ordenar a reconstrução.

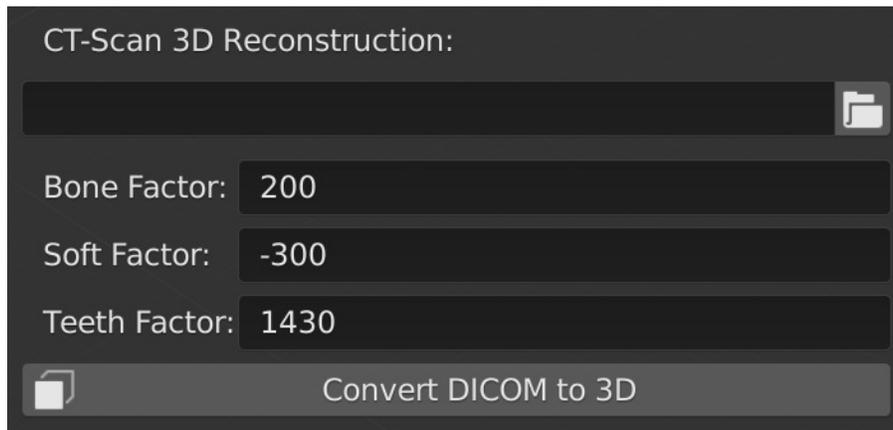


Fig. 11: Fatores de reconstrução de tomografia DICOM.

1. Em **CT Scan Preparing** é setado o local onde se encontram os arquivos DICOM.
2. Em **CT-Scan Reconstruction** o usuário pode selecionar o diretório onde se encontram os arquivos DICOM e clicar em **Convert DICOM to 3D** para proceder com a reconstrução. Os fatores originais da escala Hounsfield foram mantidos (Fig. 11).

Se tudo der certo o OrtogOnBlender importará três malhas distintas: mole (pele e vias respiratórias), ossos e dentes.

Na figura 12 (Fig. 12) as malhas foram posicionadas lado a lado para evidenciar as diferenças.

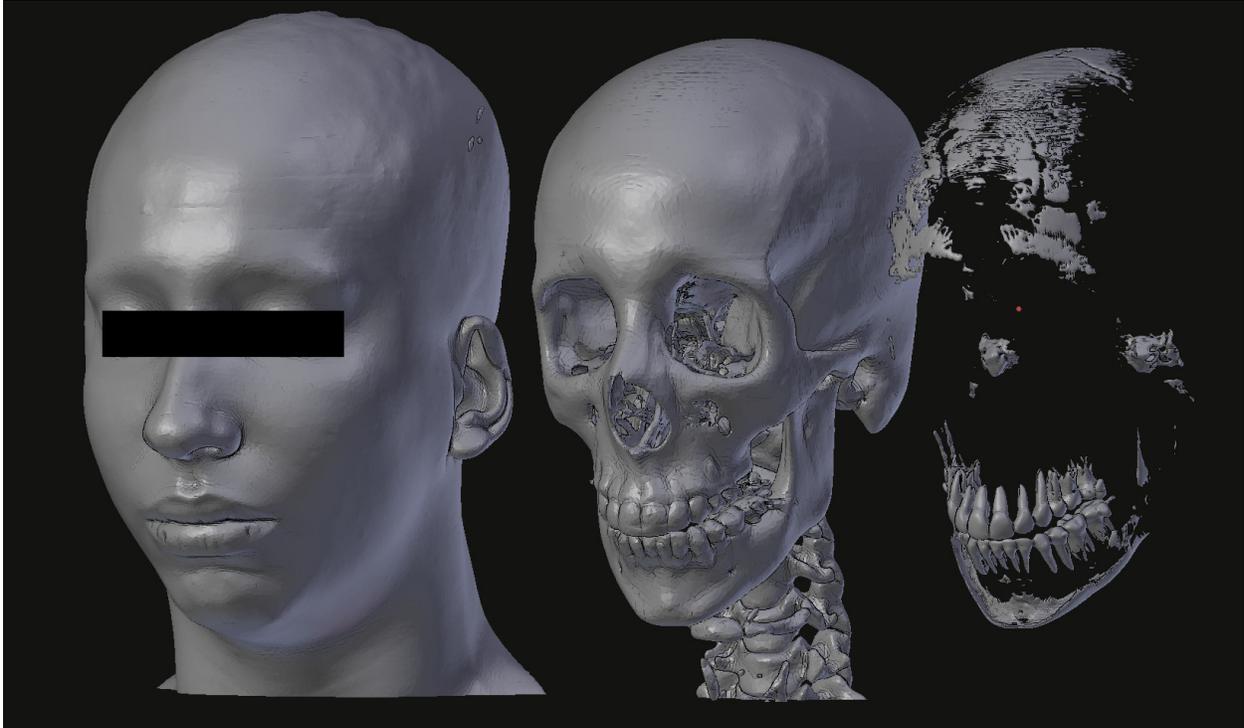


Fig. 12: Malhas reconstruídas conforme os fatores indicados.

No entanto, nem sempre o sistema funciona como o esperado e pode acontecer da reconstrução não corresponder às áreas desejadas.

Na figura 13 (Fig. 13), em outro exemplo, a reconstrução do centro que corresponderia aos ossos acabou por abranger parte do tecido mole.

Isso acontece muitas vezes devido a diferença entre as bibliotecas dos softwares ou por conta do modelo do tomógrafo.

Felizmente há uma forma de saber qual será o fator de reconstrução necessário, é aí que entra a seção **Threshold Setup**, ignorada no exemplo superior.

Uma vez que a tomografia fora organizada e o usuário indicou o diretório de interesse, basta clicar em **Open Slicer!** para abrir o editor de tomografias já com a sequência desejada.

Já com o Slicer aberto utiliza-se o **Threshold Range** da opção **Editor**. No exemplo, o valor é de **397** (Fig. 14).

Depois de descobrir o fator, o usuário pode fechar o Slicer e retornar ao OrtogOnBlender aonde informará o valor obtido em **Bone Factor** e assim gerar o modelo (Fig. 15).

Isso garante a reconstrução apenas da área desejada (Fig. 16). O problema dos artefatos será resolvido com os modelos das arcadas tomografadas separadamente.

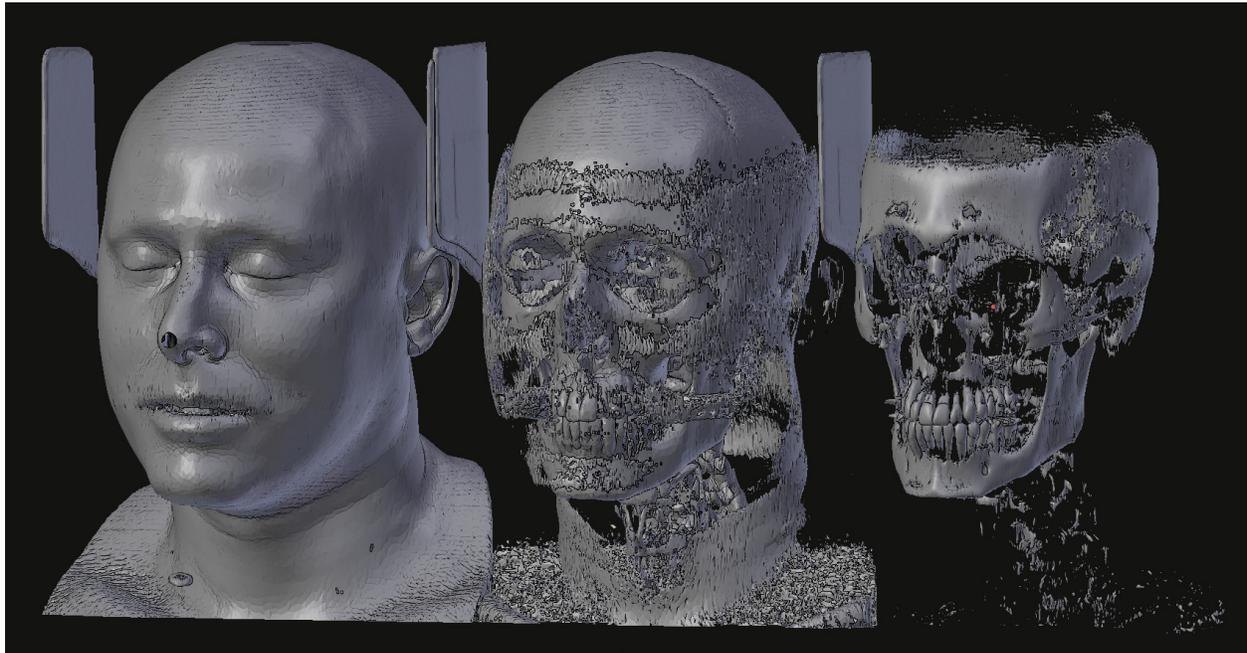


Fig. 13: Exemplo de fator incoerente com a região pretendida.

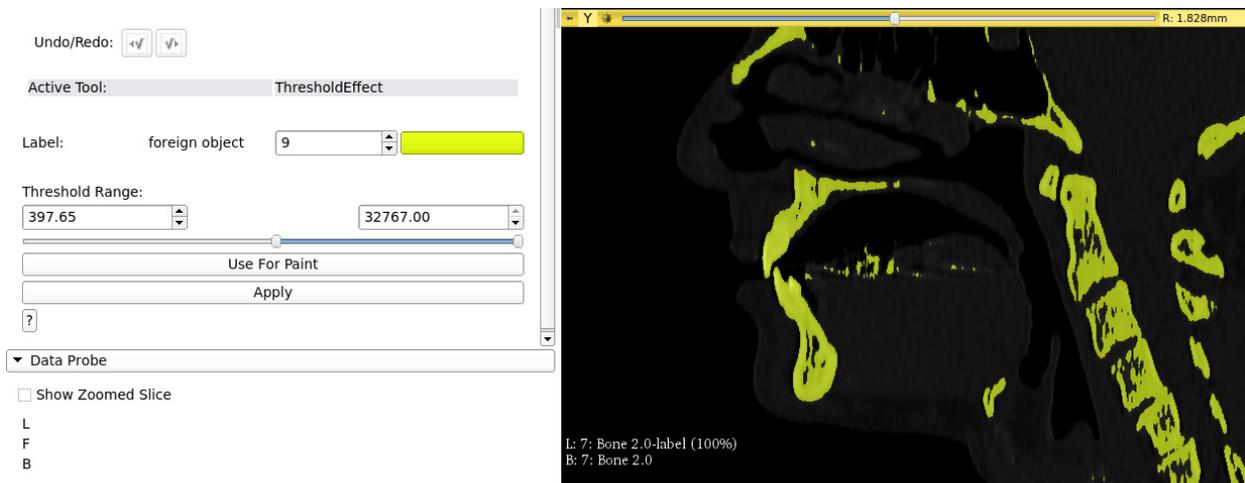


Fig. 14: Estudo do Threshold no Slicer para isolamento do volume pretendido.

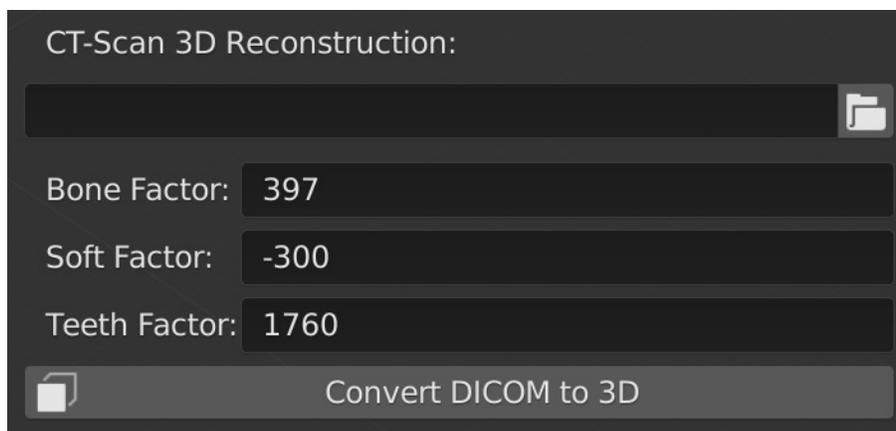


Fig. 15: Fatores corrigidos, segundo a região de interesse.

13.5 A Importância da Fotogrametria

Como abordado acima, no campo da radiologia há uma série de equipamentos e bibliotecas utilizadas para a geração dos dados digitais. Essa heterogeneidade muitas vezes pode gerar resultados que não estão de acordo com as necessidades do especialista.

Nas tomografias Cone Beam temos o caso da perda de dados na região que corresponde a ponta do nariz (Fig. 17) ou na região do côndilo.

Se o especialista optar por trabalhar na predição da dinâmica do tecido mole, ele encontrará alguns problemas relacionados à falta de dados.

Eventualmente o problema acontece até em tomografia médica, como podemos ver no exemplo da figura 18 (Fig. 18), com um pouco de atenção atestamos que a ponta do nariz foi cortada da área de captação da máquina.

Isso gerou um pequeno buraco na porção frontal do nariz (Fig. 19) e além deste problema, temos uma deformação na pele causada pela presença de artefatos nos dentes, bem como outra deformação causada pela posição do paciente (deitado) e a ação da gravidade sobre o tecido mole, no momento da captura dos dados.

O modelo gerado pela fotogrametria resolve os problemas da superfície ao passo que fornece dados complementares como a textura da pele e não sofre as deformações da gravidade, posto que o paciente é fotografado de pé (Fig. 20).

Para mais informações acerca da digitalização de faces acesse (online ou pelo índice geral): [Protocolo de Fotogrametria da Face](#).

13.6 Agradecimentos

Agradecimentos efusivos ao **Dr. Luciano Porto** que colaborou com essa publicação, cedendo uma das tomografias bem como a fotogrametria facial e fotos do processo, advindos dos seus estudos com o OrtoGOnBlender.



Fig. 16: Reconstrução bem-sucedida dos ossos após edição manual do fator.

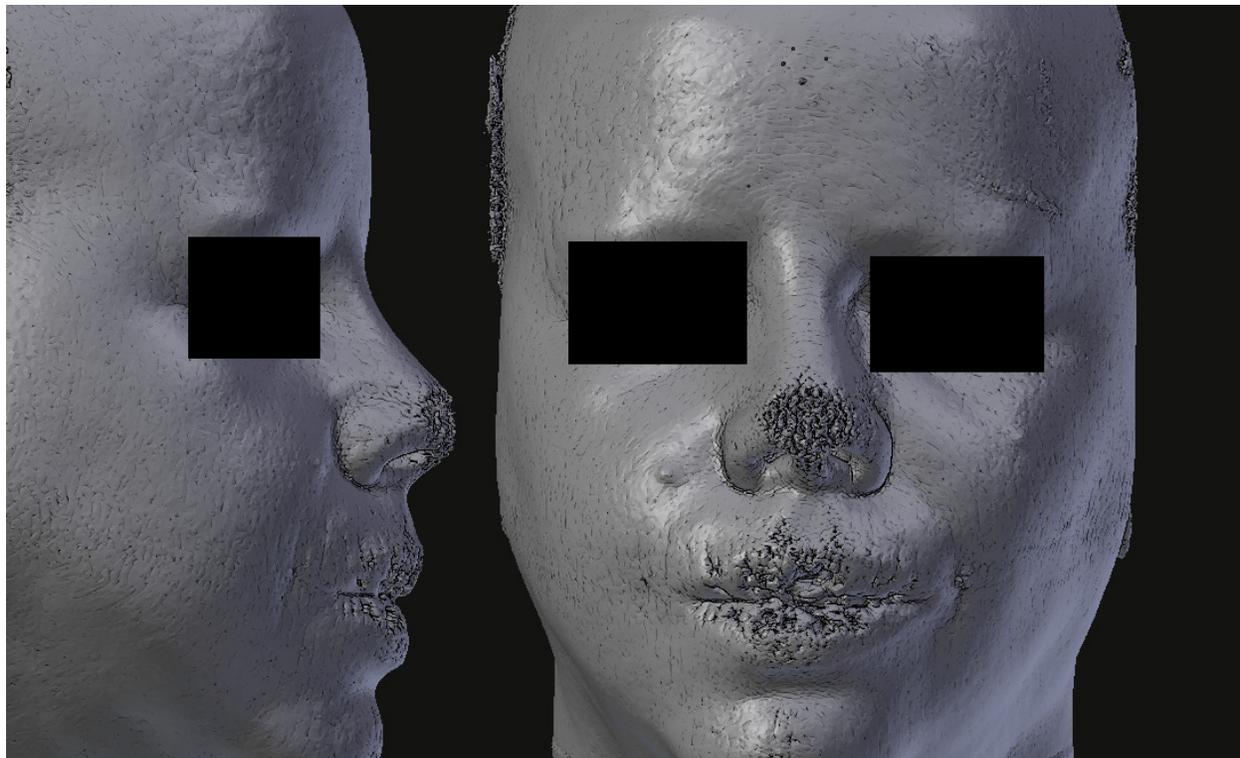


Fig. 17: Exemplo de perda volumétrica em uma tomografia cone beam.

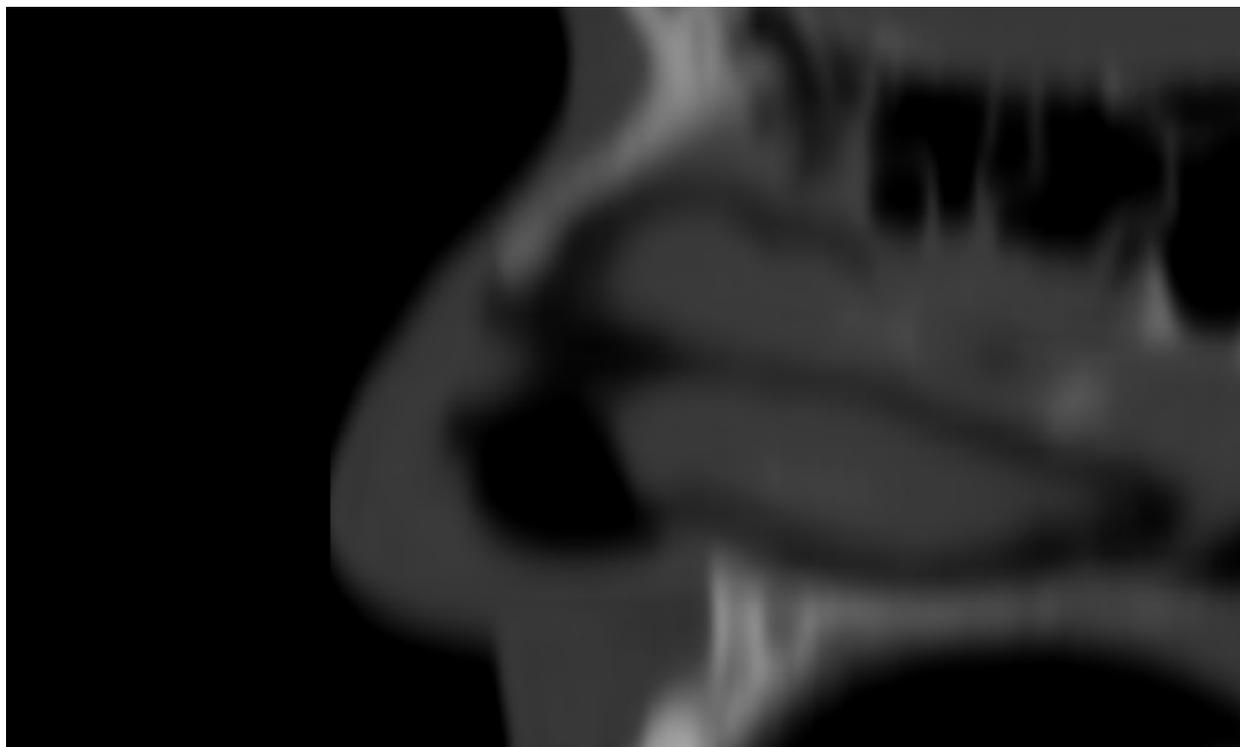


Fig. 18: Tomografia com discreta região faltante na ponta do nariz.



Fig. 19: Reconstrução 3D com buraco de região faltante na ponta do nariz.



Fig. 20: Comparação entre a fotogrametria (à esquerda) e a reconstrução da tomografia (à direita).

Protocolo de Planejamento Digital de Cirurgia Ortognática

Nesta seção você terá acesso ao protocolo de planejamento de cirurgia ortognática no OrtoGOnBlender. O documento foi estruturado de modo a fornecer um passo-a-passo, tomando com base os arquivos didáticos disponíveis na instalação do OrtoGOnBlender.

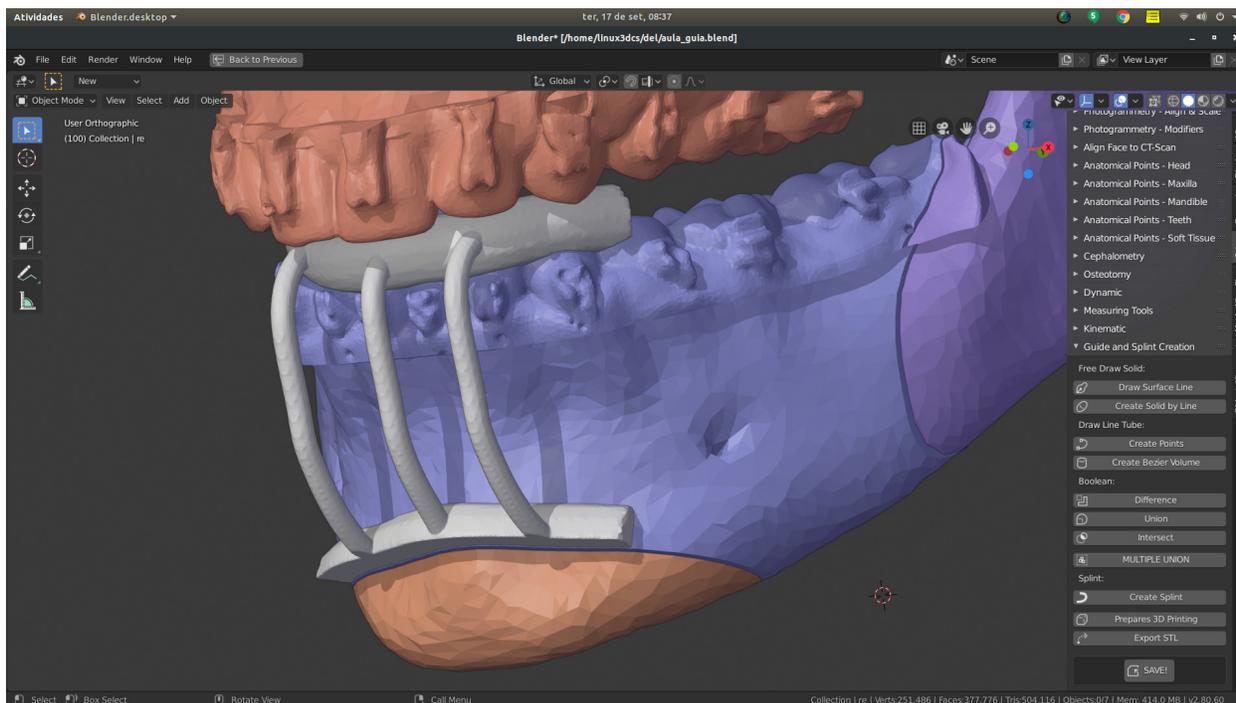


Fig. 1: Splint de corte do mento.

Para uma maior compreensão do sistema recomendamos aos interessados fazerem nossos cursos pagos³⁷, podendo escolher pela versão presencial ou mesmo aulas previamente gravadas.

³⁷ <https://ead.ortogonline.com/>

14.1 Upgrade Script

Ao abrir o OrtogOnBlender (doravante OOB), certifique-se que o addon esteja atualizado, clicando no **UPGRADE SCRIPT**.

14.2 Patient's Name

Uma vez atualizado o OOB faremos a colocação do nome do paciente seguindo as orientações descritas em *OrtogOnBlender - O que é e Aspectos Técnicos*.

Importante: Não se esqueça de salvar!

Observe que para expandir uma determinada seção você deverá clicar sobre a seção com o **Ctrl** pressionado.

14.3 CT-Scan Reconstruction

Agora vamos para a reconstrução da tomografia clicando em **CT-Scan 3D Reconstruction**.

A seguir, em **CT-Scan Preparing** clique no ícone da pasta branca que aparece ao lado do espaço e o programa abrirá uma janela com os arquivos para você selecionar a pasta com as imagens DICOM.

Na sequência, na janela que se abriu, proceda conforme o protocolo para o seu sistema operacional:

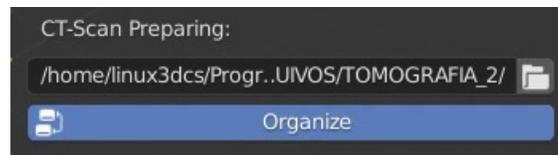


Fig. 2: Organize processando (em azul).

Windows: Clique em **C:** -> OrtogOnBlender -> ARQUIVOS -> TOMOGRAFIA_2, em seguida vá em **Accept** (na parte direita superior) e agora voltando na seção **CT-Scan Reconstruction** clique em **Organize**.

Endereço completo: **C:/OrtogOnBlender/ARQUIVOS/TOMOGRAFIA_2**

Mac OS X: Clique em **/** -> Users -> clique no nome do seu usuário -> Programs -> OrtogOnBlender -> ARQUIVOS -> TOMOGRAFIA_2, em seguida vá em **Accept** (na parte direita superior) e agora voltando na seção **CT-Scan Reconstruction** clique em **Organize**.

Endereço completo: **/User/nome_do_usuario/OrtogOnBlender/ARQUIVOS/TOMOGRAFIA_2**

Linux: Clique em **/** -> home -> clique no nome do seu usuário -> Programs -> OrtogOnBlender -> ARQUIVOS -> TOMOGRAFIA_2, em seguida vá em **Accept** (na parte direita superior) e agora voltando na seção **CT-Scan Reconstruction** clique em **Organize**.

Endereço completo: **/home/nome_do_usuario/OrtogOnBlender/ARQUIVOS/TOMOGRAFIA_2**

Aviso: O botão ficará azul enquanto estiver processando a função.

Foi criada uma pasta temporária com os arquivos selecionados. Você então vai clicar na pasta branca com os arquivos temporários e uma nova janela se abrirá e você vai selecionar a pasta **1** e clicar em **Accept**. Automaticamente o programa volta para seção e você definirá os

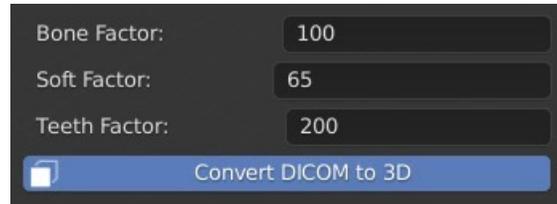


Fig. 3: **Convert DICOM to 3D** processando (em azul).

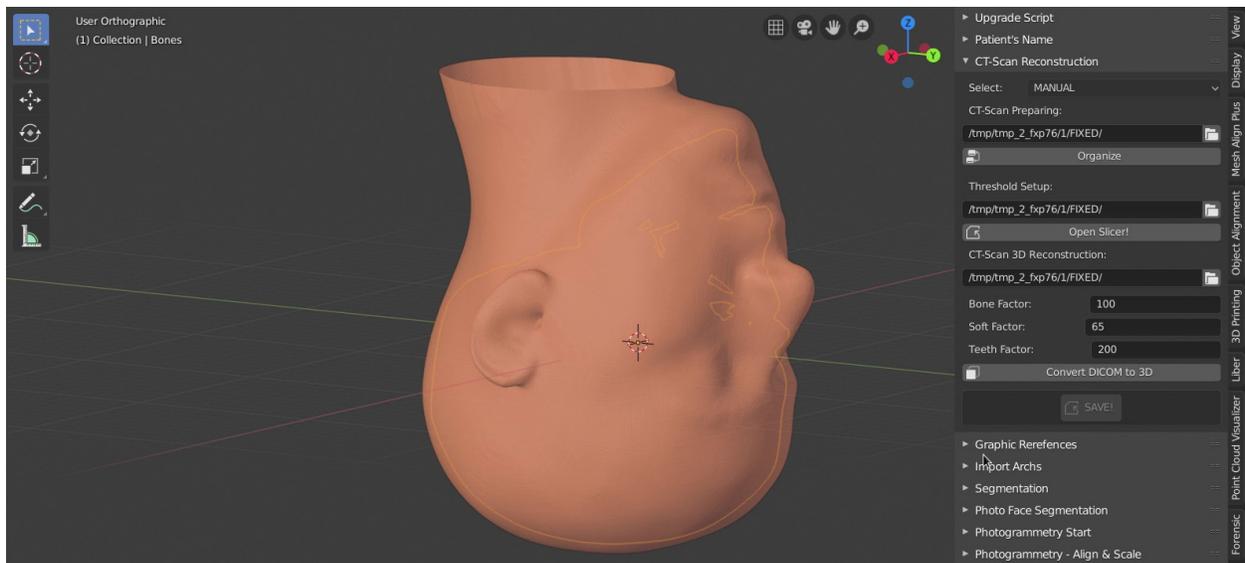


Fig. 4: Reconstrução em 3D da tomografia computadorizada.

valores **100** para **Bone Factor**, **65** para **Soft factor** e **200** para **Teeth Factor**. Agora clique em **CONVERT DICOM TO 3D**. Esta etapa leva algum tempo e você pode acompanhar a reconstrução no terminal.

Após reconstruídas as estruturas 3D que aparecerão na 3D View, clique em **SAVE!**.

14.4 Graphic References

Agora o crânio precisa ser alinhado. Para o alinhamento ao Plano de Frankfurt você deverá clicar em **Graphic References - Cursor** (aparece ativado em azul na aba esquerda) - **Hide Face (CT Scan)** - orbitar o crânio selecionado com o *scroll* do mouse deixando-o com a face voltada para frente.

Com o botão esquerdo do mouse (**BEM**) você clicará no canto externo da órbita direita e a seguir no botão **Orbital Right**, após clique no canto externo da órbita esquerda e no botão **Orbital Left**. Faça o mesmo clicando no ponto N do crânio e no botão **N Point**.

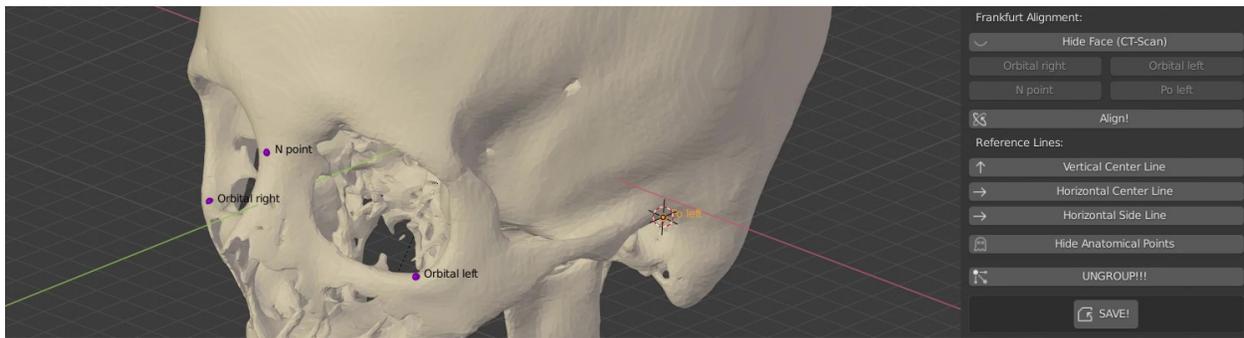


Fig. 5: Pontos posicionados, aguardando o alinhamento em Frankfurt.

A seguir orbite o crânio com o *scroll* apertado girando o mesmo para mostrar a sua superfície lateral esquerda e clique com o **BEM** na região do ponto pório esquerdo e em seguida clique no botão **Po left**. Agora clique no botão **Align!** para o crânio ficar alinhado.

Observe que o crânio está alinhado mas precisa ser posicionado voltado para frente pois você o posicionou com o *scroll* do mouse (orbitou). Para isso, clique no teclado em **NumLock 1** numérico ou clique nos eixos na parte direita superior esfera verde (sem o Y). Mais abaixo clique no botão **Hide Anatomical Points** para ocultar os pontos anatômicos.

Importante: O operador poderá escolher outro plano horizontal para alinhar o crânio no lugar do plano de Frankfurt. O plano de Frankfurt foi escolhido por ser muito utilizado por um grande número de profissionais.

Agora vc vai desparentear/separar o crânio do tecido mole da face, para isto clique em **UNGROUP!!!**. Depois disso, volte um pouco acima e oculte o tecido mole novamente em **Hide Face (CT Scan)**, posto que não precisaremos visualizá-lo na etapa seguinte. Logo a seguir clique no botão **SAVE!**.

14.5 Import Archs

Nesta importante etapa você irá alinhar aos dentes do crânio os arquivos STL das arcadas dentárias provenientes do escaneamento dos modelos de gesso ou das arcadas dentárias do paciente.

14.5.1 Importando a Arcada Superior

Aperte **Ctrl** e clique **Import Arch**, a seguir clique na pasta branca à direita. Isto abrirá uma janela e você seguirá clicando nos seguintes passos:

C: -> **OrtogOnBlender** -> **ARQUIVOS** -> **ARCADAS** -> **ARCADAS_TOMO** -> **SUPERIOR** e **Accept**. A seguir clique no botão **Arch Generator** e em alguns segundos a arcada dentária aparecerá na 3D View próximo ao crânio.

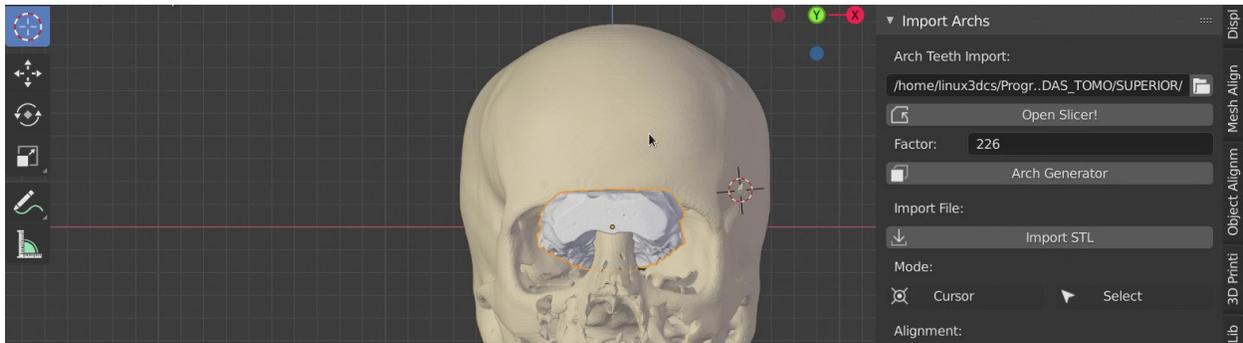


Fig. 6: Arcada superior reconstruída e importada ao centro do crânio.

Como arcada dentária é importada fora da posição de trabalho você terá que girá-la digitando no teclado: **R, Z, 180** e **Enter**.

A seguir com a arcada selecionada, clique em **G** (Grab) no teclado e arraste a arcada dentária para uma posição ao lado do crânio facilitando a visualização dos dentes a serem selecionados em ambos os modelos. Observe que o objeto selecionado é a arcada dentária e não o crânio pois ela que vai ser alinhada ao crânio, lembrando que o crânio já está alinhado.

Para facilitar a visualização dos dentes do crânio sugere-se que você vá em **Collection** (aba da direita) e oculte o **Bones** clicando no ícone de um olho. Assim você irá ocultar os ossos do crânio deixando na 3D View apenas os dentes.

Agora vamos para o passo-a-passo do alinhamento da arcada dentária superior com os dentes superiores do crânio.

14.5.2 Pré-Alinhando das Arcadas Superiores

- Clique em **Cursor** (para certificar-se que está ativado olhe o ícone do cursor na aba à esquerda que estará ativado na cor azul). Lembrando novamente que a arcada dentária deve estar selecionada e não o crânio.
- Clique e marque na cúspide méso-lingual do primeiro molar superior esquerdo do crânio e a seguir no botão **Point 1a-Origin**.
- Clique e marque na cúspide méso-lingual do primeiro molar superior esquerdo da arcada dentária e a seguir clique no botão **Point 1b-Align**.
- Clique e marque na cúspide méso-lingual do primeiro molar superior direito do crânio e a seguir clique no botão **Point 2a-Origin**.
- Clique e marque na cúspide méso-lingual do primeiro molar superior direito da arcada dentária e a seguir clique no botão **Point 2b-Align**.
- Clique e marque na borda incisal de um incisivo superior do crânio e a seguir em **Point 3a-Origin**.
- Clique e marque na borda incisal de um incisivo superior da arcada dentária e a seguir em **Point 3b-Align**.
- Clique no botão **ALIGN!** para que ocorra o alinhamento das arcadas entre si.
- Caso haja diferenças entre os dentes (alinhamento deficiente) podemos lançar mão da ferramenta **Force ICP Align** que dá um refinamento na qualidade do alinhamento.

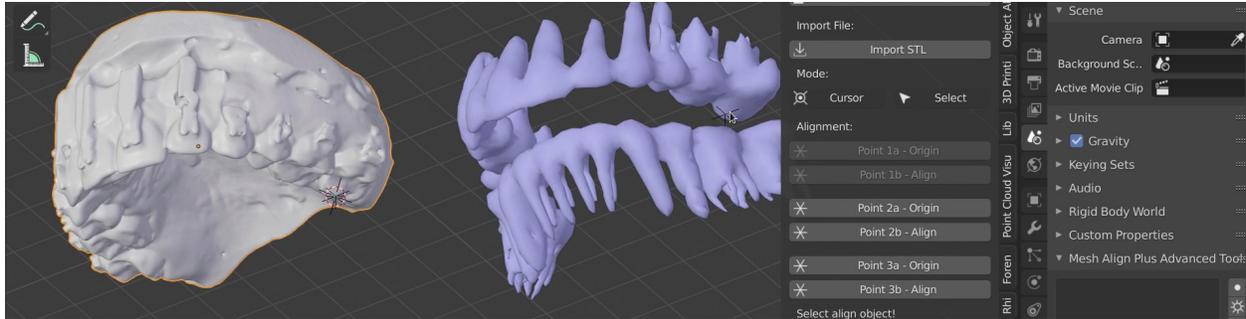


Fig. 7: Arcadas posicionadas lado a lado e pontos sendo inseridos.

14.5.3 Usando a Ferramenta Force ICP Align

- Clique em **Select** para poder selecionar o objeto (note que a seta do Select ficará azul no canto superior da aba à esquerda).

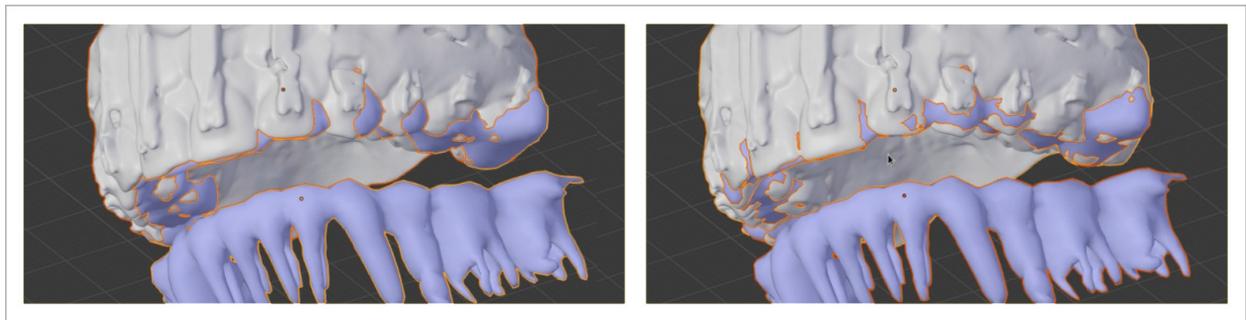


Fig. 8: Antes do **ICP Align** (à esquerda) e depois (à direita).

- Para habilitar o **Force ICP Align** clique/marque a arcada dentária e a seguir pressione **Shift** no teclado e após clique nos dentes (**Teeth** lilás). Logo a seguir clique em **Force ICP Align** que agora está com a cor azul indicando a sua habilitação. Você verá que haverá uma melhor adaptação das arcadas dentárias entre si.

14.5.4 Pré-Alinhando das Arcadas Inferiores

Agora vamos para o passo-a-passo do alinhamento da arcada dentária inferior com os dentes inferiores do crânio importando a arcada inferior:

- Ocultar o modelo superior na coleção (aba à direita) clicando no ícone do olho correspondente ao Arch;
- Clicar na pasta branca acima próxima do item **Arch Teeth Import**;
- Na aba que se abre você acessa o diretório onde estão os slices da arcada inferior e basta clicar em **Accept** para que se inicie a importação, como foi feito anteriormente para a arcada superior;
- A seguir clique em **Arch Generator**;
- Como a arcada inferior foi importada em posição invertida você necessita reorientá-la para que possa marcar os pontos visando o alinhamento: Clique e digite **R, X, 180, ENTER**;
- Agora arraste a arcada inferior importada para próximo da arcada dentária do crânio;
- Sempre orbitando, marque os pontos primeiro nos dentes do crânio e depois na arcada dentária;
- Clique e marque na cúspide méso-vestibular do primeiro molar inferior esquerdo do crânio e a seguir no botão **Point 1a-Origin**;

- Clique e marque na cúspide méso-vestibular do primeiro molar inferior esquerdo da arcada dentária e a seguir clique no botão **Point 1b-Align**;
- Clique e marque na cúspide méso-vestibular do primeiro molar inferior direito do crânio e a seguir clique no botão **Point 2a-Origin**;
- Clique e marque na cúspide méso-vestibular do primeiro molar inferior direito da arcada dentária e a seguir clique no botão **Point 2b-Align**;
- Clique e marque na borda incisal de um incisivo inferior do crânio e a seguir em **Point 3a-Origin**;
- Clique e marque na borda incisal de um incisivo inferior da arcada dentária e a seguir em **Point 3b-Align**;
- Clique no botão **ALIGN!**

Como exposto anteriormente, caso haja diferenças entre os dentes (alinhamento deficiente) podemos lançar mão da ferramenta **Force ICP Align** que permite um refinamento na qualidade do alinhamento. Você vai fazer os mesmos procedimentos realizados na arcada superior.

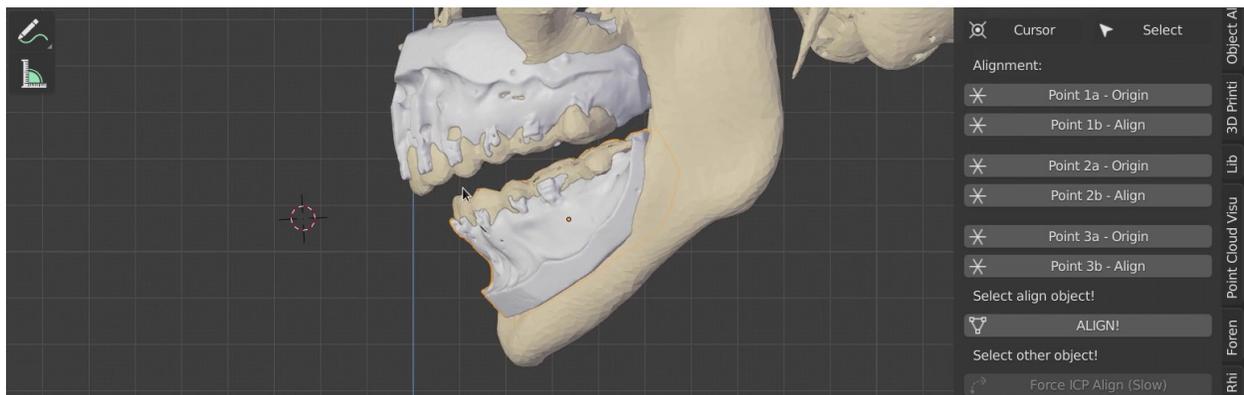


Fig. 9: Arcadas alinhadas com o crânio (**Bones**) visível.

Caso ainda persista um desalinhamento pode-se recorrer ao alinhamento manual que significa arrastar a arcada dentária até o melhor alinhamento possível com os dentes do crânio,

Importante: Durante o alinhamento a escolha do número de pontos e a sua localização nos dentes são da escolha do operador mas deve ser ressaltado que a geometria final terá que ser no mínimo tripoidal (ex.: ponto molar direito, ponto molar esquerdo e ponto nos incisivos).

Em cada ponto na região do dente selecionado orbite a cena para verificar se o ponto está corretamente posicionado na região anatômica definida daquele dente. Lembrando que para orbitar você deve pressionar o *scroll* e arrastar o mouse.

14.5.5 Preparo e União dos Dentes Alinhados ao Crânio

Agora você vai a **Collection** e ativa o **Bones**, ativa as arcadas dentárias e desativa **Teeth** que ficará invisível (ativar/desativar= em Collection clicar no ícone do olho). Assim temos três elementos na cena: o crânio com dentes em baixa resolução, a arcada superior e a arcada inferior.

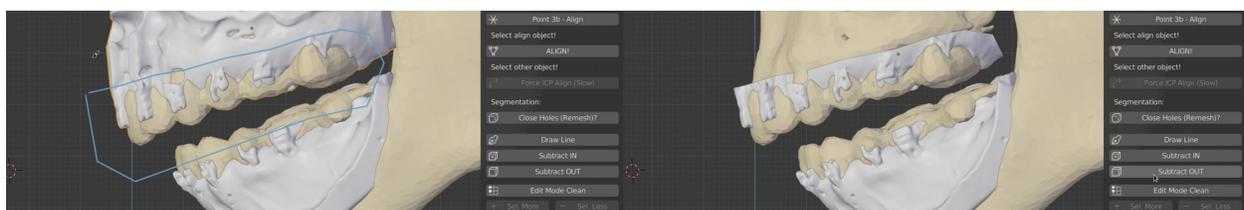


Fig. 10: Desenho do corte na arcada superior (à esquerda) e **Subtract OUT** (à direita).

a) Preparo da arcada superior para união ao crânio:

- Com o crânio numa visão lateral direita e em ortographic (você pode clicar no **NumLock 3** do teclado para posicionar);
- Selecione a arcada superior com o **BEM**, vá em **Segmentation** e a seguir clique no botão **Draw Line** e desenhe, com a caneta digital que aparece automaticamente na 3D View, uma elipse ou retângulo com os dentes superiores no seu interior; A seguir, clique no botão **Subtract Out** para retirar a parte do modelo que não será utilizada mantendo somente os dentes.

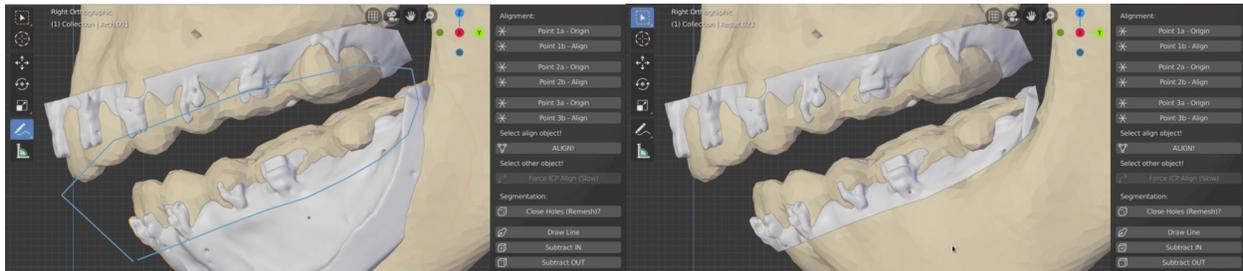


Fig. 11: Desenho do corte na arcada inferior (à esquerda) e **Subtract OUT** (à direita).

b) Preparo da arcada inferior para união ao crânio. Você seguirá os mesmos passos executados na arcada superior:

- Selecione a arcada inferior com o **BEM**, vá em **Segmentation** e a seguir clique no botão **Draw Line** e desenhe, com a caneta digital que aparece automaticamente na 3D View, uma elipse ou retângulo com os dentes inferiores no seu interior;
- A seguir, clique no botão **Subtract OUT** para retirar a parte do modelo que não será utilizada mantendo somente os dentes.

c) Remoção dos dentes do crânio. Ainda temos três elementos: crânio com dentes em baixa resolução, arcada superior e arcada inferior ambos em alta resolução.

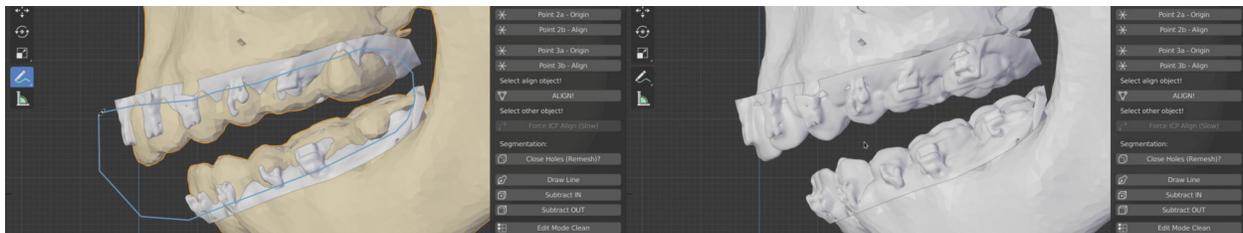


Fig. 12: Desenho de corte (à esquerda) e resultado (à direita).

- Agora você vai selecionar o crânio com o **BEM**;
- Clique em **Draw Line** e desenhe uma elipse ou retângulo com os dentes superiores e inferiores do crânio no seu interior. Isto feito, clique no botão **Subtract IN**;
- Neste passo você deve observar que a linha de corte passará logo abaixo da zona de união entre os dentes do crânio superiores e inferiores e dos dentes das arcadas com alta resolução, isso evitará a formação de espaços ou cavidades entre as malhas.

d) Segmentação da mandíbula:

- Selecione o crânio com **BEM**, ainda em **Segmentation**, clique no botão **Edit Mode Clean** o que ativa o modo **Edit Mode** no crânio;
- Clique com o **BEM** em um vértice centralizado na região mental da mandíbula;
- A seguir clique sucessivamente no botão **Sel. More** até a mandíbula ficar totalmente selecionada (cor amarela);
- Caso a seleção ultrapasse os limites da cabeça mandibular indo até o osso temporal você pode lançar mão de uma ferramenta de seleção clicando na tecla **C** do teclado;
- Esta função fará aparecer na 3D View um círculo móvel com um ícone **+** no seu interior. Para pintar você utiliza o **BEM** e para apagar utilize o **skroll** apertado. Caso seja necessário orbitar o crânio durante o trabalho, aperte o **BDM** ou tecle **ESC**;

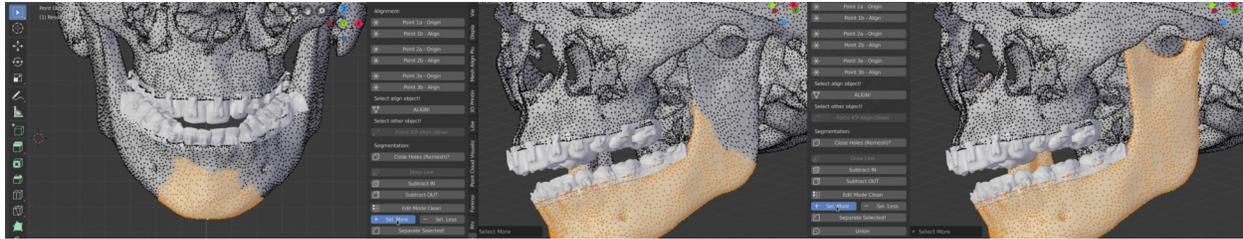


Fig. 13: Processo de seleção de vértices da mandíbula pelo **Sel. More**.

- A seguir aperte o botão **Separate Selected**. Isso automaticamente altera o modo de apresentação do crânio para Objeto e a mandíbula estará separada.

e) União dos dentes da arcada inferior a mandíbula:

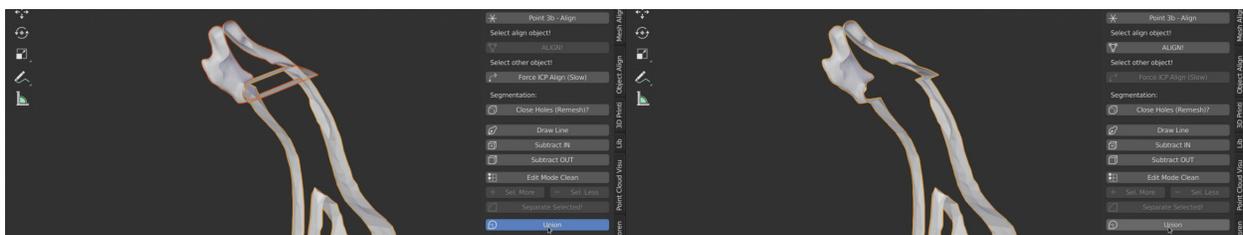


Fig. 14: Modelo da arcada e mandíbula com interseção de volume (à esquerda) e modelos unidos sem intersecção (à direita).

- Aperte **Shift** e clique na mandíbula e nos dentes da arcada inferior e a seguir no botão **UNION**.

f) União dos dentes da arcada superior a maxila:

- Aperte **Shift** e clique na maxila e nos dentes da arcada superior e a seguir no botão **UNION**;
- Caso queira abrir e fechar a mandíbula clique no botão **Cursor**, marque no crânio a região do côndilo com o **BEM**, vá em **Pivot Rotation** e troque de **Median Point** para **3D Cursor**;
- A seguir aperte a tecla **R** (Rotation) e movimente o mouse para cima e para baixo para abrir testar a rotação da mandíbula;
- Caso seja necessário remover fragmentos de malhas indesejáveis, aperte **Shift** e seleccione com o **BEM** todos os objetos (crânio, arcadas dentárias e mandíbula) a seguir aperte **Ctrl + I** o que inverte a seleção e você poderá apagar estes elementos com **Del** ou **X, Delete**.

14.6 Photogrammetry Start

Agora você vai aprender como utilizar a fotogrametria no OOB. A fotogrametria permitirá que você personalize cada caso clínico pois esta técnica possibilita que a malha com a textura da face do paciente seja alinhada a malha de tecidos moles da tomografia computadorizada.

Na aba do OOB você vai expandir o botão **Photogrammetry Start** e a seguir clique logo abaixo no ícone da pasta (branca) ao lado de uma barra de espaço. Ao clicar nesta pasta abrirá uma nova janela e nela você deverá localizar o diretório onde estão as fotos para a fotogrametria. Após a localização, abra a pasta certificando-se que somente as fotos estejam nela. Se desejar visualizar as fotos clique no **thumbnails** e elas aparecerão. Uma vez certificado que sejam as fotos desejadas, clique em **Accept**. O programa automaticamente volta para aba do OOB. Nesta aba clique no botão **Start Photogrammetry**. Caso queira acompanhar a reconstrução 3D da tomografia, você pode visualizar o passo a passo pelo Terminal.

Assim que o processo de importação e criação do modelo 3D estiver concluído automaticamente ele aparecerá na 3D View. Inicialmente a malha estará fora da escala.

A seguir orbite o modelo 3D da face para verificar possíveis alterações ou deformações do mesmo. Clique no **SAVE!** e após deverá ser iniciado o processo de alinhamento e redimensionamento.

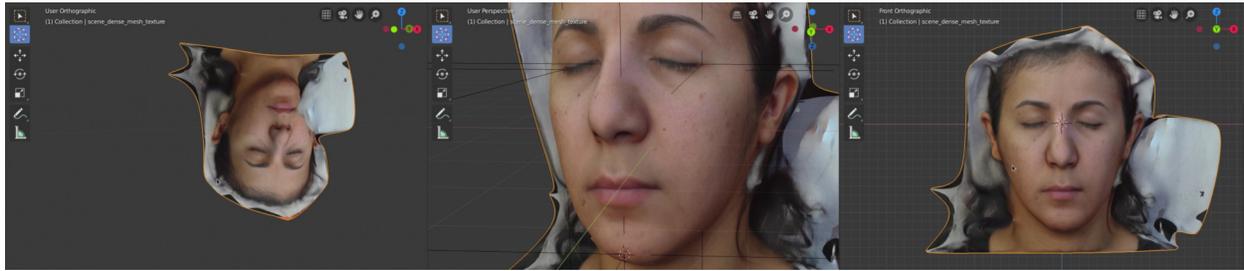


Fig. 15: Posição original do modelo (à esquerda), colocação dos pontos (centro), após o alinhamento (à direita).

Com o modelo em posição frontal você vai fazer o alinhamento e redimensionamento do modelo 3D da face:

- Clique em **Cursor** localizado no **Mode** na barra do OOB para habilitá-lo;
- Marque no modelo 3D o canto externo do olho direito com o **BEM**;
- Clique no botão **Cantal Lateral Right**;
- Marque no modelo 3D o canto externo do olho esquerdo;
- Clique no botão **Cantal Lateral Left**;
- Marque no modelo 3D o centro inferior do mento;
- Clique no botão **Down Point**;
- Mensure com paquímetro no paciente a distância intercantal lateral;
- Digite o valor mensurado no paciente no espaço do **Real Size**, tecle **ENTER**;
- Clique no botão **Align and Resize!**;

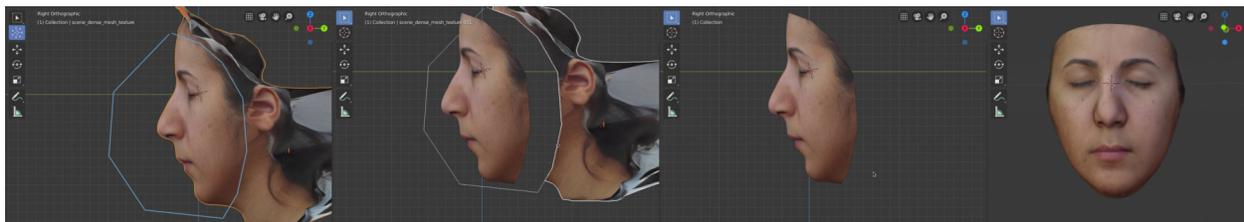


Fig. 16: Passo-a-passo da segmentação da porção frontal da face com o **Cut Through**.

- Com o modelo alinhado e redimensionado, clique na tecla **NumLock 3** para girar o modelo 3D lateralmente, visando cortar a região de interesse. Em **Segmentation Cut Through** clique no botão **Draw Line**;
- Vá até o modelo 3D e desenhe com a caneta a área de interesse, fazendo pontos na região da malha, contornando a área que deseja o corte;

Dica: Caso resolva mudar o traçado ou reajustá-lo, vá até a aba view, desça até a barra **Annotations** e clique no botão de - (menos) para apagar a linha.

- Após ter desenhado uma linha abrangendo a região desejada, aproximando as duas extremidades, clique no botão **Cut Draw + ENTER**. Este comando vai separar a parte do modelo 3D que deve ser removida;
- Agora clique em **Shift** e selecione tanto a parte a ser removida quanto a linha utilizada para o corte do modelo 3D;

- Para remover definitivamente os dois pressione a tecla **Delete** ou **X, Delete**. A seguir clique em **SAVE!**

14.7 Align Face to CT Scan

Agora você vai aprender a alinhar a fotogrametria aos tecidos moles da tomografia computadorizada da face.

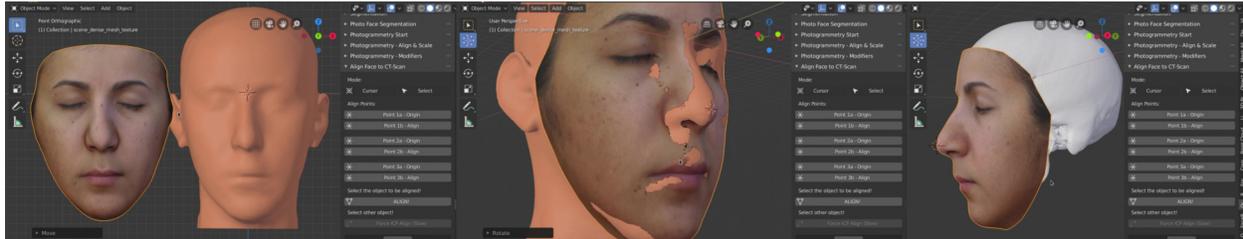


Fig. 17: Faces lado a lado (à esquerda), faces alinhadas (centro) e mole da tomografia oculo (à direita).

- Pressione **CTRL** e clique na seta para expansão dos botões do **Align Face to CT-Scan**;
- Vá em **Collection** e ative **SoftTissue** (lembra-se do ícone do olho, ele vai voltar a aparecer ao clicar no ícone);
- Ao ativar o **SoftTissue** haverá uma superposição automática da face da fotogrametria sobre o tecido mole do crânio vistos na 3D View. Mas estes dois objetos não estarão alinhados;
- Selecione a face da fotogrametria com o **BEM** e arraste-a com o mouse deixando os dois objetos lado a lado.

Agora siga os seguintes passos:

- Na aba do OOB clique em **Cursor**;
- Marque na malha da pele do crânio 3D o canto externo do olho direito;
- Clique no botão **Point 1a-Origin**;
- Marque na face da fotogrametria o canto externo do olho direito;
- Clique no botão **Point 1b-Align**;
- Marque malha da pele do crânio 3D o canto externo do olho esquerdo;
- Clique no botão **Point 2a-Origin**;
- Marque na face da fotogrametria o canto externo do olho esquerdo;
- Clique no botão **Point 2b-Align**;
- Marque malha da pele do crânio 3D o ápice nasal;
- Clique no botão **Point 3a-Origin**;
- Marque na face da fotogrametria o ápice nasal;
- Clique no botão **Point 3b-Align**;
- Clique em **ALIGN!** e ocorrerá o alinhamento dos dois modelos;
- Caso o alinhamento dos dois modelos ainda esteja deficiente clique em **Shift** e no crânio 3D e a seguir no botão **Force ICP Align**;
- Se ainda assim o alinhamento não estiver perfeito você pode fazer um ajuste manual.

Importante: A tomografia helicoidal é feita com o paciente deitado enquanto a fotogrametria é feita com o paciente em pé. A posição do indivíduo (supino ou em pé) promove alterações nos tecidos moles da face (N. Iblher, E. Gladilin, B.G. Stark, Soft-tissue mobility of

the lower face depending on positional changes and age: a three-dimensional morphometric surface analysis, *Plast Reconstr Surg.* 131 (2013) 372-81.)

Devido a variação do posicionamento dos tecidos moles entre a posição ortostática da fotogrametria e do decúbito dorsal horizontal da tomografia *multislícer*, é possível que haja diferenças nas superfícies das malhas. Quando isto acontece devemos fazer o alinhamento fino de forma manual da seguinte maneira:

- Com as malhas vistas pela posição frontal (**Num Lock 1**), deve-se observar o alinhamento das asas nasais, caso haja diferença no alinhamento, vamos reposicionar a malha da fotogrametria, utilizando o botão G com o eixo X e achar um melhor alinhamento;
- Feito isto, modifica-se a visualização para lateral (**NumPad 3**), usa-se os mesmos comandos anteriores, porém agora no eixo Y, para alinhar a ponta do nariz da malha da fotogrametria com a da tomografia;
- Novamente com a visão frontal (**Num Lock 1**), clique no botão **Cursor** do OOB e posicione-o na ponta nasal para que ele se torne o fulcro das rotações necessárias;
- Em seguida use os comandos **Alt+B** que será uma opção de *clipping* e estabeleça uma janela envolvendo a linha média da face e a lateral direita, com isto será feito um corte;
- Voltando à visão lateral (**Num Lock 3**), verifique se será necessário rotacionar a malha da fotogrametria para ajustar a região frontal e a do mento, constatando isto com o desalinhamento das malhas;
- Caso necessário, mudar o **Pivot Point** para **3D Cursor**, isto fará que o cursor colocado na ponta do nariz seja o fulcro dos movimentos da malha selecionada;
- Desta forma ao pressionar o **R**, a rotação da malha respeitará a ponta nasal que já estará alinhada e possibilitará completar o alinhamento da região frontal e do mento;
- Vá em **Collection** e desabilite o **Soft Tissue** (lembra-se do ícone do olho ou corrente aberta, ele vai voltar a desaparecer ao clicar no ícone);
- Podemos então salvar (**SAVE!**).

14.8 Cephalometry

- Para iniciar, pressione **Ctrl** expansão no OOB da **Cephalometry**;
- Selecione a face da fotogrametria e clique **H** para ocultá-la, ou ainda ir na hierarquia da **Collection** e procurar por **scene_dense_mesh_texture**, que é o nome padrão da malha obtida pela fotogrametria, e clicar no ícone para ocultá-la;
- Antes de colocar os pontos da cefalometria devemos visualizar os pontos previamente colocados, abrindo a **Cephalometry** no OOB com **Ctrl** e a seta para baixo da **Cephalometry** e após clicar em **Show Anatomical Points**, pois é importante que eles fiquem visíveis;
- Devemos então orbitar o crânio de modo a visibilizar a arcada superior;
- Clicar em **Cursor** no OOB;
- Clíca-se sobre a incisal do dente (11) e após no respectivo botão no OOB e assim sucessivamente com os outros elementos dentários (21),(16) e (26);
- Após a colocação, clique no **Calculate** e o **Maxillary Occlusal Angle** irá ser calculado. Sendo a variação da normalidade fixada no OOB;
- Em seguida para posicionar o ponto S (sela túrcica), que está oculto ao observador, devemos utilizar a ferramenta de clipping **Alt+B**;
- Duas linhas pontilhadas irão aparecer na cena do 3d View, devemos posicionar com o mouse a vertical na região parassagital direita (use como parâmetro a metade do incisivo) e arrastá-la pressionando o **BEM** até a região parassagital contralateral, de maneira formar um retângulo englobando um filete central na face;
- Ao soltar o **BEM** as regiões laterais ao filete serão ocultas e desta forma, ao orbitar o crânio, as estruturas internas ficarão visíveis;

- Devemos então mudar a visão rotacionando o crânio de maneira a expor a sela túrcica, posicionar o cursor na margem óssea, após posicionar a cena com o número **3** do **NumPad** e mover o cursor com o **G** para o que seria o centro espacial da sela túrcica;
- Clicar no **S Point** no OOB.

Importante: Para otimizar a colocação do cursor sobre os pontos posicionados na linha média, inicie com uma visão lateral (**Num Lock 3**) e posicione o cursor logo a frente da malha na região desejada e não sobre ela clicando com o **BEM**, volte à visão frontal (**Num Lock 1**) e clique novamente sobre o cursor, desta forma o ponto estará sobre a malha exatamente no local desejado.

- Para retornar a visualização das estruturas ocultas, pressionar **Alt+B**;
- Posicionar o cursor na região do ponto e em seguida clicar no **A Point**;
- Ao clicar em **Calculate**, aparecerá o valor do ângulo referente ao **SNA**;
- Siga a mesma seqüência de posicionamento para os demais pontos e gere os cálculos dos ângulos desejados.

14.9 Osteotomy

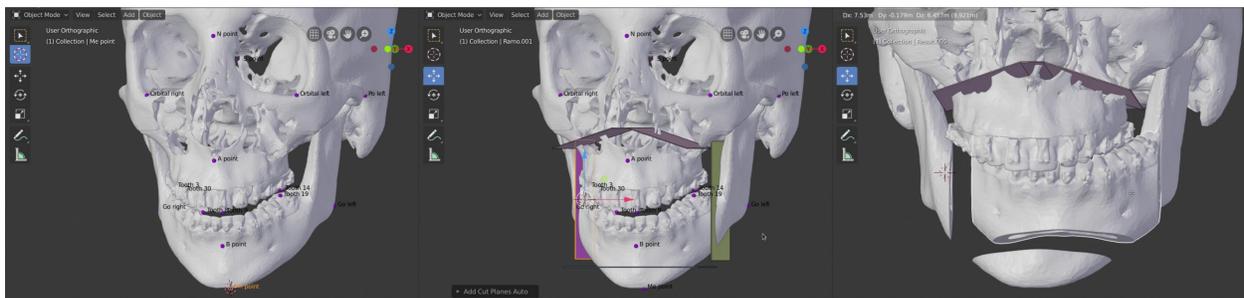


Fig. 18: Colocação dos pontos (à esquerda), posicionamento automático dos cortes (centro) e teste de movimentação após booleana (à direita).

- Para iniciar, pressione **Ctrl** expansão no OOB da **Osteotomy**;
- Se existirem pontos ocultos, clicar no **Show Anatomical Points**;
- Para auxiliar no posicionamento semi automático dos planos de corte, os demais pontos deverão ser posicionados, seguindo a mesma seqüência de comandos anteriormente descrita para posicionamento e criação dos mesmos;
- Após a criação dos pontos, clicar em **Create Cut Planes**;
- Inicialmente eles aparecerão sem estarem nas posições corretas, o que exigirá um posicionamento manual por parte do usuário;
- Para tornar a cena no 3d View mais limpa, clicar no **Hide Anatomical Points** para ocultá-los tornando a cena menos poluída;
- Devemos, então, orbitar a cena para visibilizar todos os detalhes do posicionamento de cada plano e a região de interesse que cada um vai osteotomizar;
- Para iniciar o correto posicionamento dos planos de osteotomia, é importante trocar o *pivot* para *median point* no OOB, o que levará a movimentação de cada plano a partir do ponto médio;
- Quando o plano estiver selecionado, aparecerão na cena flechas correspondentes aos eixos X, Y e Z que irão orientar a movimentação do plano para o posicionamento correto;

S * Para movimentá-lo, clique sobre a flecha do eixo desejado com o **BEM** e isto travará a movimentação exclusivamente naquele eixo;

- Em caso de necessidade de rotação do plano, deverá ser escolhida a rotação desejada, seja na visão frontal ou lateral e colocar a cena a partir do **Num Lock 1** ou **3** para efetuar a órbita;

- A rotação poderá ser efetuada clicando em **R** e **BEM**, movimentando até a nova posição ou clicando no botão rotate da barra lateral esquerda do Blender, o que gerará na cena no ponto médio do plano círculos referentes aos eixos de rotação desejado. Se for optado o comando de *rotate*, após efetuar o movimento, deverá ser retornado a opção do botão move na barra lateral do Blender;
- O plano deverá trespassar a totalidade da estrutura óssea a ser osteotomizada;
- Portanto, é muito importante que o usuário orbite a cena periodicamente para poder observar de todos os ângulos;
- Para otimizar o posicionamento do plano horizontal da maxila, sugere-se isolá-la com o uso do comando **Alt+B**, já anteriormente utilizado, porém posicionando, a partir da visão frontal, o retângulo de seleção na região de osteotomia, desta forma, sem a porção cranial e caudal visíveis ficará mais limpa a cena no 3d view para o posicionamento do plano de osteotomia;
- Pressionar o **Alt+B** para tornar o resto da cena visível;
- Para realizar as osteotomias na mandíbula com um sequência única de comandos, será necessário unir os planos de corte em um objeto único, desta forma o comando booleano poderá ser executado com o princípio de A-B;
- Para uní-los, então, devemos clicar como **BEM** sobre um dos planos, segurar o comando **Shift** e clicar nos demais planos que deverão ser unidos;
- Clicar no botão **Joint All (Union)** no OOB;
- Após devemos selecionar a mandíbula com o **BEM + Shift** + planos de osteotomia da mandíbula;
- Podemos agora clicar no botão de **Cut Boolean**;
- Com estes comandos, a mandíbula será osteotomizada e os segmentos ósseos serão separados de forma independente.

Importante: Para facilitar a manufatura dos guias de corte, será interessante procurar pelo **result** desta operação no **Collection** referente a mandíbula inteira que estará oculto e modificar o nome dele para mandibula_completa. Para fazer esta mudança, basta clicar com o **BEM** no nome, que a caixa aparecerá e permitirá editar o novo nome.

- Como o plano de osteotomia da maxila é uma peça única, não será necessário utilizar o **Joint All**, somente selecionar o crânio com o **BEM + Shift** + plano de osteotomia da maxila, em seguida o **Cut Boolean**;
- Devido às características da malha orgânica do crânio, devemos apagar fragmentos ósseos que porventura ainda existam na cena. Para isto, os segmentos de osteotomia resultantes, ou seja, o crânio, a maxila, o ramo mandibular esquerdo e direito, o corpo mandibular e o mento deverão ser selecionados, basta selecionar um primeiro + **Shift** e sequencialmente cada um dos restantes;
- Para certificar-se de que todos estão juntos na seleção, usa-se o botão **G** para modificar a posição do conjunto e visibilizar se todos estão juntos, logo após o comando **Esc** para que volte tudo à posição original;
- Caso algum segmento tenha ficado de fora da seleção fazer o processo novamente;
- Colocar a cena em *wireframe* por meio do comando do botão **Tab**, o que facilitará a percepção dos fragmentos que serão deletados;
- Para evidenciá-los, deve-se aplicar o comando **Ctrl+I**. Assim as impurezas da cena ficarão visíveis, para apagá-las, clique no **X** e confirmar com **Delete**;
- Clicar em **Z** e optar por *solid*, o que voltará a cena do crânio em malha sólida;
- Verificar se o 6 objetos estão presentes na cena e clicar em **SAVE!**

14.10 Osteotomy Configuration

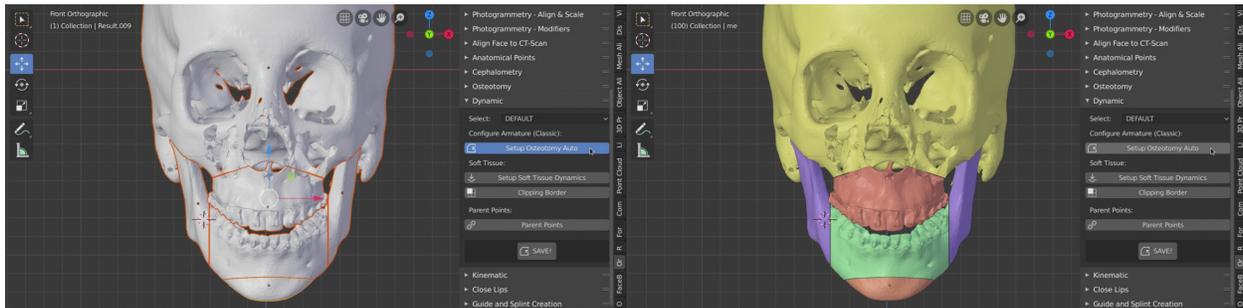


Fig. 19: Antes da configuração da osteotomia (à esquerda) e depois (à direita).

- Para iniciar, pressione **Ctrl** expansão no OOB da **Dynamic**;
- Selecionar os seis elementos da osteotomia, selecionando um primeiro + **Shift** e sequencialmente cada um dos restantes;
- Para certificar-se de que todos estão juntos na seleção, usa-se o botão **G** para modificar a posição do conjunto e visibilizar se todos estão juntos, logo após o comando **Esc** para que volte tudo à posição original;
- Clicar então no **Setup Anatomy Auto** no OOB. Com este comando haverá mudança nas cores dos segmentos da osteotomia e nos nomes, individualizando-os.

14.10.1 Soft Tissue Dynamics

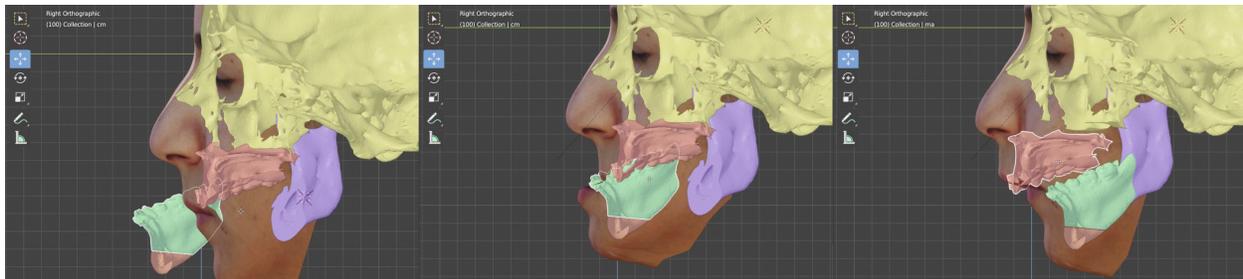


Fig. 20: Movimentação de uma osteotomia antes do **Soft Tissue Dynamics** (à esquerda) e depois (centro e à direita).

- Habilitar a visualização do **scene_dense_mesh_texture** na **Collection** clicando no ícone relacionado ao **view/hide**;
- Selecionar na cena a malha da fotogrametria;
- Clicar no **Setup Soft Tissue Dynamics**. Com isto o nome da malha mudará para **SoftTissueDynamics** ela terá sofrido as modificações;
- Para se certificar das modificações, na visão frontal (**Num Lock 1**), faça a seleção da hemiface direita com o **Alt+B**, mude para visão lateral (**Num Lock 3**), o que permitirá visibilizar as estruturas internas da cena;
- Selecione um segmento da osteotomia e mobilize-o com o **BEM**, ao arrastá-lo, poderá notar que haverá uma deformação das partes moles correspondente ao segmento;
- Clique **BDM** para retornar à posição inicial;
- Clicar no **SAVE!**

14.11 Kinematics

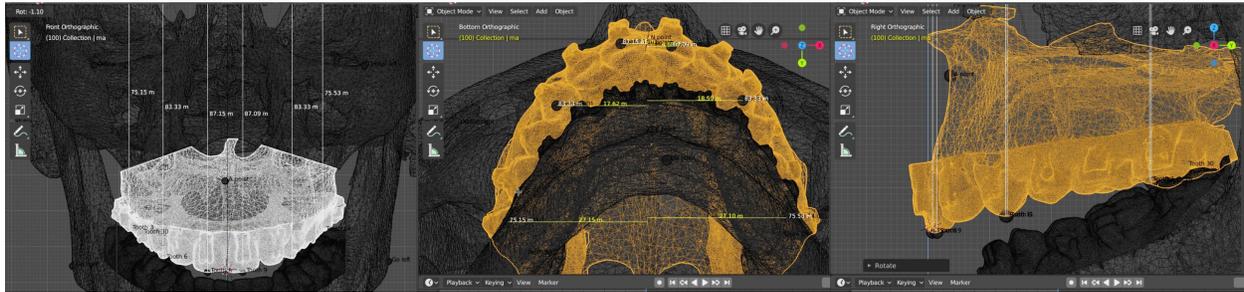


Fig. 21: Correção dos alinhamentos nos eixos Y (à esquerda), Z (centro) e X (à direita).

- Para iniciar, pressione **Ctrl** expansão no OOB da **Kinematic**;
- Ocultar o tecido mole, selecionando-o e clicando no **H**. Ficarão visíveis somente os ossos;
- Clicar em **Vertical Center Line** e será criada uma linha que passará pelo **N** anteriormente posicionado;
- Abrir a **Cephalometry** e clicar no botão **Show Anatomical Points**, o que possibilitará visibilizar todos os pontos já colocados;
- Voltar a **Kinematic** e complementar os pontos dos botões que estão habilitados, ou seja, ainda não estão configurados;
- A criação dos pontos seguem a mesma sequência anteriormente descrita;
- Após a finalização da criação dos pontos restantes, devemos solidarizar os pontos à movimentação do segmento, clicando em **Parent Points**, com isto os pontos ficarão parenteados, o que significa que acompanharão a movimentação de cada segmento ao qual cada um pertence;
- Com a visão frontal (**Num Lock 1**), Clicar no botão **Vertical Measurements** no OOB, o que criará linhas de medidas de cada ponto em relação a uma linha horizontal;
- Criar um fulcro central de rotação, mudando para cursor e posicioná-lo na linha média na interincisal;
- Trocar o **Pivot Rotation** para 3d **Cursor** e com isto estabelecer o fulcro;
- Certifique-se, indo para a visão lateral (**Num Lock 3**) e rotacione a maxila, se tudo estiver certo a rotação respeitará o fulcro do posicionamento do cursor;
- Mude a visão para frontal (**Num Lock 1**), aplique *wireframe* com o botão **Tab** (ou clicando no **Z** e optando por *wireframe*);
- Aplique a rotação, clicando no **R** e ao rotacionar acompanhe as mudanças que ocorrerão nas medidas, buscando o posicionamento desejado, minimizando as diferenças;
- Depois que efetuar este primeiro ajuste, clique no ícone da câmera no **Controllers** da opção **Kinematics** do OOB, isto fará com que a animação comece a ser registrada;
- A animação poderá ser acompanhada pela **Timeline** que poderá ser acionada arrastando horizontalmente a linha inferior da 3d view;
- Para termo uma visão inferior e fazermos os ajustes necessários, a cena deve ser trocada com o comando **Ctrl + Num Lock 7**, ou ainda clicando sobre a esfera negativa ao eixo **Z** no View Point (esfera sem o eixo Z);
- Teremos a visão das medidas das vertentes da maxila em relação à linha média;
- Fazemos, então, o alinhamento das medidas com o controle **R** e ao terminar, clicar novamente no ícone da câmera no **Controllers** da opção **Kinematics** do OOB;
- Trocando para visão lateral (**Num Lock 3**), rotacionar com o botão **R** a maxila para ajustar a angulação do plano oclusal desejada;
- Reposicionar a maxila no eixo Y anterior ou posteriormente arrastando a maxila com o botão **G** e em seguida **Y**. Este deslocamento poderá ser acompanhado em tempo real no a variação de medidas que ocorrerá no canto superior esquerdo da 3d view;

- Clicar novamente no ícone da câmera no **Controllers** da opção Kinematics do OOB para travar o movimento;
- Voltar a posição frontal (**Num Lock 1**) e alinhar a maxila com a linha média utilizando o botão **G**, em seguida **X** e arrastando-a até o melhor posicionamento e clicar no **BEM** para finalizar o comando;
- Clicar novamente no ícone da câmera no **Controllers** da opção **Kinematics** do OOB.

14.11.1 Alinhamento Oclusal

Existem duas formas de fazer o ajuste oclusal, na sequência trabalharemos com ambas.

Semi-Automática

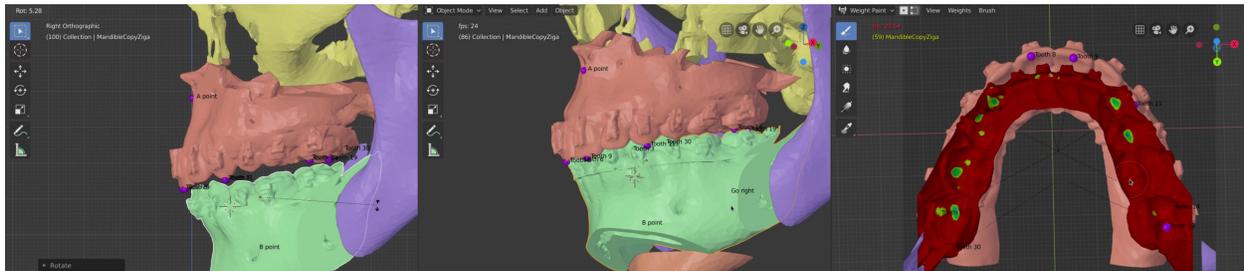


Fig. 22: Pré-posicionamento do ramo da mandíbula (à esquerda), colisão automática (centro) e pontos de contato (à direita).

É utilizada quando houve um preparo ortodôntico que permitirá uma intercuspidação adequada:

- Primeiramente, apague as medições para limpar mais a cena, por meio do botão **Delete Measures** na coluna Vertical Measurements do OOB;
- Após, ativar o **Mandible Collision** apertando o botão **Prepare Maxilla & Mandible**. O OOB fará o preparo desabilitando o botão;
- Trocar o **Pivot Point** para o **Median Point**, de modo a facilitar a rotação;
- Por meio dos controles de **R** e **G** e utilizando tanto a visão frontal (**Num Lock 1 e 3**), vamos então posicionar a mandíbula de modo a aproximá-la da superfície oclusal da maxila;
- Como a mandíbula já está selecionada, clique em **Shift + maxila** para selecionar ambas;
- Para que a melhor oclusão seja achada pelos algoritmos, o botão **Solve Collision Inverted** deverá ser clicado;
- Ocorrerá uma animação da cena demonstrando a acomodação da mandíbula em relação à maxila;
- Para saber a localização dos pontos de colisão, clique no botão **Contact Color** do **Mandible Collision** no OOB e aguarde. A mandíbula mudará de cor;
- Com o controle **Alt+B** de **Clipping Border**, faça uma seleção horizontal do plano oclusal, a partir da visão frontal (**Num Lock 1**). Novamente a porção cranial e caudal ficaram ocultas, o que possibilitará a análise das estruturas internas da oclusão;
- Mude a cena para visão inferior com **Ctrl + Num Lock 7** e poderá observar em verde os pontos de contatos;
- Clique em **Alt+B** para tornar visível o restante da cena;
- Clique em **Esc** e a animação irá parar;
- Clique em **Apply** no **Mandible Collision** para aplicar a modificação realizada.

Manual

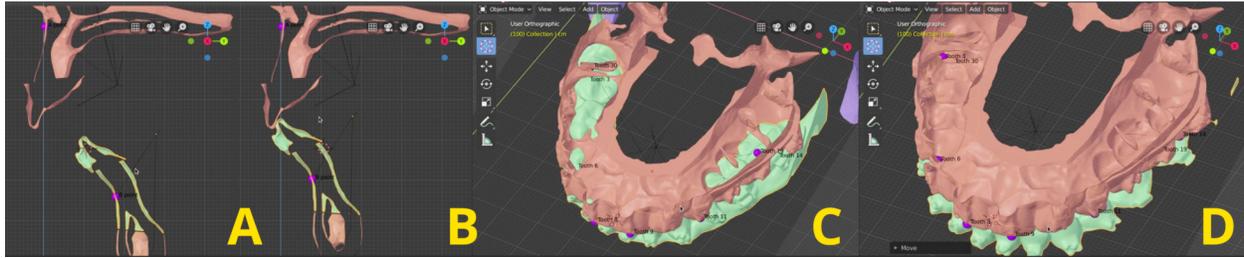


Fig. 23: Passo-a-passo do alinhamento manual: Alinhamento dos incisivos (A, B) e correção dos eixos X, Y e Z (C-D).

É o ajuste feito pelo operador, utilizada quando há dúvidas do preparo ou este não possibilita uma adequada intercuspidação

- Pela visão frontal (**Num Lock 1**), posicionar alinhada a linha média da mandíbula com a linha média da maxila, selecionando-a com o **BEM** e movendo-a no eixo **X**, clicando em **G** e em seguida no **X**;
- Com o controle **Alt+B** de **Clipping Border**, faça uma seleção vertical englobando a linha média da maxila e da mandíbula, as porções laterais ficarão ocultas;
- Mudar para visão lateral, clicando em **Num Lock 3** e, selecionada a mandíbula, posicionar a incisal da mandíbula na posição escolhida em relação à maxila, de maneira que haja um mínimo trespassse do incisivo mandibular no incisivo maxilar;
- Usar o comando **Alt+B** para tornar o resto da cena visível novamente;
- Voltar para a visão frontal com **Num Lock 1** e desabilitar a perspectiva clicando no ícone do grid na 3d view ou ainda no **Num Lock 5**;
- Realizar um *clipping border* do plano oclusal com o controle **Alt+B**;
- Rotacione a cena para ter a visão superior da porção interincisal e coloque o cursor neste ponto;
- Certifique-se que o **Pivot Point** esteja no 3d Cursor;
- Nesta mesma posição, rotacione-se a mandíbula no eixo X, por meio dos comandos **R** e em seguida **X**, até que a interferência das malhas que ocorrerá na porção posterior seja satisfatória. Neste momento poderá ocorrer o desaparecimento da interferência em um dos lados, enquanto se mantém do lado oposto;
- Para corrigir isto, deverá ser posicionado uma interferência mínima ou nula no lado que está mais alto e, por meio dos comandos **R** e em seguida **Y**, rotacionar a mandíbula no plano Y para que seja posicionado o lado da maxila que estava mais baixo, controlando pela interferência das malhas;
- Para um ajuste inferior da mandíbula, usa-se os comandos **G** e em seguida **Z**, movimentando a arcada até ficar o mínimo de interferência, o que pode ocorrer na porção anterior;
- Se isto ocorrer, será necessário reposicionar mais superiormente a porção superior da maxila, utilizando os comandos **R** e em seguida **X**, rotacionando-a superiormente até que haja uma oclusão posterior satisfatória das malhas;
- Se for necessário movimentos mais finos nos comandos, após realizá-los, acrescente o botão **Shift**;
- Repita os passos de posicionamento até este estar satisfatório;
- Clique em **Alt+B** para visualizar o modelo completamente;
- Clique no botão da câmera para gravar a posição na animação.

14.11.2 Dinâmica do Tecido Mole

Para que os tecidos moles sejam visibilizados durante a animação. Vá até a **Armature.Head** na **Collection** e habilite o **SoftTissueDynamics** no ícone de visualização. Desta forma ao arrastarmos a barra da animação no **Timeline**, poderemos acompanhar a deformação dos tecidos moles que ocorreu com o ajuste oclusal.

Para acompanhar as modificações que ocorrem em outros posicionamentos, como por exemplo, na mobilização do mento, podemos:

- Na visão frontal (**Num Lock 1**), com o **Alt+B** fazer um *clipping border* da hemiface direita;
- Mudar a visão para lateral (**Num Lock 3**);
- Habilitar o **Select Box** na coluna esquerda da 3d view, selecionar o mento e movimentá-lo;
- Para termos mais precisão, o movimento pode ser feito clicando em **G** e em seguida **Y** e estabelecer um valor milimétrico de deslocamento, negativo, se quiser avançá-lo ou positivo, se quiser retruí-lo. Ou, ainda, arrastar a barra da **Location** no OOB, controlando a quantidade de deslocamento pela medição que estará na barra. O segmento pode ainda ser reposicionado em outros eixos utilizando o comando de rotação **R**;
- Ao terminar os ajustes, clique na câmera para salvar a animação;
- Por meio dos botões **Start** e **End** na **Timeline**, poderá ser visibilizada a posição inicial e final, ou ainda arrastando a barra para acompanhar a animação;
- Para salvar sobre o arquivo Kinematics, clique em **Ctrl+S**, que salvará as alterações, mantendo o mesmo nome.

14.11.3 Posicionamento dos Ramos Mandibulares

- Habilitar para cursor e posicioná-lo no côndilo, pela visão lateral (**Num Clock 3**), trocar para visão frontal (**Num Clock 1**) e rotacioná-lo até que haja um posicionamento adequado;
- Clicar na câmera para salvar a animação;
- Repetir o processo pelo outro lado com o comando **Ctrl + Num Clock 3** e rotação pela visão frontal (**Num Clock 1**);
- Clique na câmera para capturar a animação do objeto.

14.12 Guide and Splint Creation

14.12.1 Splint Final

- Posicione a cena no 3d view na visão lateral com o controle **Num Lock 3**;
- Retorne à posição inicial (pré-operatório) clicando no botão **Start** no **Controllers** da **Kinematic**;
- Expandir o **Guide and Splint Creation** com os comandos **Ctrl** e expansão da seta no OOB;
- Troque para cursor e posicione os **Teeth Points** dos dentes que faltam ser posicionados, bem como do ponto de rotação do côndilo, seguindo os princípios de posicionamento anteriormente utilizado;
- Para parentear os novos pontos, clique no **Parent Points**. Durante o processo de parenteamento o botão permanece azul, ao finalizar voltará a ser cinza;
- Com o intuito de criarmos uma animação que permitirá criar *splint* intermediário e *splint* final, clique no botão **Maxilla-Origin Mandible-Final**, isto criará na **Timeline** dois novos momentos de animação após o existente, se arrastarmos a barra, será possível visibilizar o movimento da mandíbula com a maxila original e depois das duas juntas;
- Manter a **Timeline** na situação final, que será no momento **120**;

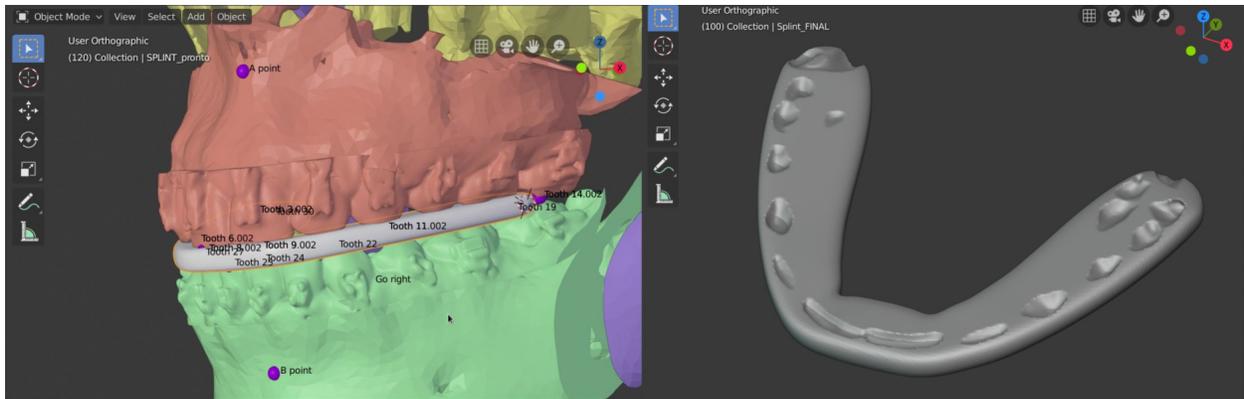


Fig. 24: Splint final.

- Posicionar a cena com visão lateral (**Num Lock 3**);
- Certificar-se que o cursor esteja no côndilo;
- Rotacionar a mandíbula de modo a abrir um pouco o plano oclusal, permitindo um *splint* mais estável, certifique-se disto, rotacionando e inspecionando a cena;
- Clique na câmera para registrar este novo estado final;
- Na posição frontal (**Num Clock 1**) e com os pontos anatômicos visíveis, clicar no botão **Create Splint**;
- Um *splint* será criado na intercuspidação, sulcando levemente as coroas dentárias;
- Avalie a criação, certificando-se que o *splint* toque os dentes, não concorra com os braquets;
- Caso julgue que não esteja adequado, selecione o *splint*, apague-o com o comando **X** e clique no **Delete**;
- Posicione o cursor no côndilo e rotacione novamente a mandíbula para atingir a posição desejada;
- Crie novamente o *splint*, com o comando **Create Splint**;
- Orbite a cena para nova análise;
- Para que o splint adquira os sulcos das coroas dentárias, usaremos o botão **Boolean Diference**;
- O *splint* ficará isolado na cena com a maxila e a mandíbula ocultas e os sulcos serão visibilizados;
- Para preparar para a impressão, ainda com o *splint* selecionado, clique no botão **Prepares 3D Printing**. Este transformará os polígonos da malha com 4 lados, com os Normals apontados para fora;
- O objeto criado ficará nomeado de **splint_result**. Para renomeá-lo, basta clicar em **F2** e trocar, como, por exemplo, para **Splint_Final** e clicar no **Enter**;
- Para dar continuidade, vamos ocultá-lo, desabilitando, na **Collection** o ícone do **Splint_Final**;
- Para retornar a maxila e a mandíbula à cena, clicar no botão **View Maxilla & Mandible**;
- Clicar em **SAVE!**

14.12.2 Splint intermediário

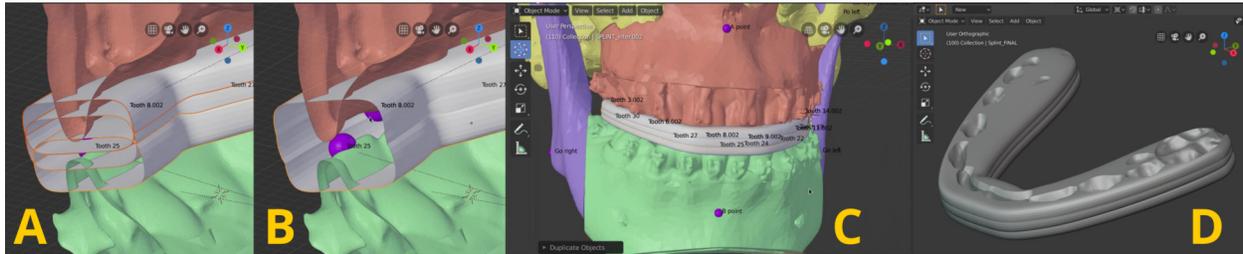


Fig. 25: Splint Intermediário: Sobreposição das bases de *splints* (A), **Multiple Union** (B), posição do *splint* (C) e aparência final do (D).

- Na parte de baixo da 3D View, na **Timeline**, clicar para deixar o quadro de animação no frame **110**, na posição lateral (**Num Lock 3**), será possível visibilizar a maxila na posição inicial e a mandíbula na posição final;

Importante: No frame **1** temos o estado inicial ou pré-cirúrgico; o **100** que é o estado pós-cirúrgico; o **100** que é a mandíbula na posição final e maxila na posição original e o **120** estão a maxila e a mandíbula na posição final com a rotação da mandíbula.

- Criar um fulcro rotação na cabeça do côndilo, mudando para cursor e posicionando-o no côndilo pela visão lateral (**Num Lock 3**);
- Trocar o **Pivot Rotation** para 3d Cursor e com isto estabelecer o fulcro;
- Certifique-se que haja espaço entre os dentes para a moldagem do *splint*. Para fazê-lo, clique em **R** pela visão lateral (**Num Lock 3**) e rotacione no sentido horário, de maneira a criar um espaço entre os dentes. Note que a rotação respeitará o fulcro e somente o corpo da mandíbula e o mento irão rotar. Uma vez que o objeto selecionado seja a mandíbula, clicar na câmera;
- Certifique-se que esteja na posição **110** na **Timeline**;
- Ainda na visão lateral (**Num Lock 3**), clique no botão **Create Splint** do OOB. Com isto, o splint será criado, já posicionado, porém ainda sem uma espessura adequada;
- Troque o nome do *splint*, por exemplo, de **splint_pronto** para **splint_inter**, clicando em **F2** e substituindo nome existente. Isto evitará erros no código pois iremos duplicar o splint e é importante que cada um tenha um nome exclusivo;
- Para adequar o tamanho do *splint* e melhorar o contato do mesmo com as coroas dentárias, deve-se posicionar mais inferiormente o *splint* de maneira a cobrir as coroas dos elementos da mandíbula, de modo a não trespassar os braquetes, se existentes, com o comando **G** e o objeto splint selecionado;
- Com o comando **Shift+D** e o objeto *splint* selecionado, vamos duplicar o *splint* e posicioná-lo superiormente de maneira que cubra as coroas dos elementos dentários da maxila;
- Deve-se orbitar na cena e observar se o *splint* está bem posicionado, sem trespassar os braquetes. Se isto estiver ocorrendo, devemos posicionar o cursor no ponto onde se deseja o fulcro, como por exemplo, na extremidade do *splint* que esteja com o posicionamento adequado e com o controle **R** mais o eixo desejado (**X**, **Y** ou **Z**) e rotacione o *splint* até o posicionamento ficar adequado;

Dica: Nesta rotação se for necessário um ajuste fino, clicar no **Shift** após o uso dos comandos de rotacionar e eixo.

- Caso haja resultado um espaço entre o *splint* inferior e a cópia superior, devemos fazer mais uma cópia com **Shift+D** e posicioná-la de modo a preencher o espaço, fazendo um "sanduíche";
- Para podermos observar a união dos *splints*, com a visão frontal (**Num Lock 1**), utilizando o controle **Alt+B**, posicionar o quadro de seleção de maneira que seja feito um corte na linha média e esteja englobado a maxila e mandíbula do lado direito;
- Com a visão lateral (**Num Lock 3**), selecionar os três *splints*, pressionando o **Shift** e clicando em cada um dos objetos. Após esta seleção clicar no **Multiple Union** do OOB, ao fazer isto, todos os elementos irão se juntar em apenas um. Clicar em **Alt+B** para retornar;

- O objeto *splint*, após a operação booleana, irá automaticamente trocar de nome para result. Devemos então renomeá-lo, utilizando o comando **F2** e trocando o nome para Splint_Pronto;
- Clicar em **Boolean Difference** no OOB e irá surgir na 3D view o splint já com a impressão das coroas dentárias e terão sido ocultadas a maxila e a mandíbula;
- Trocar o nome com **F2**, para Splint_INTERMEDIARIO;
- Oculte o Splint_INTERMEDIÁRIO, clicando no na **Collection**;
- Clique em **View Maxilla & Mandible** no OOB;
- Uma vez que a cena esteja salva e o botão **SAVE!** não esteja mais habilitado, podemos salvar com o comando **Ctrl+S** ou indo no **File -> Save**.

14.12.3 Guia de Corte

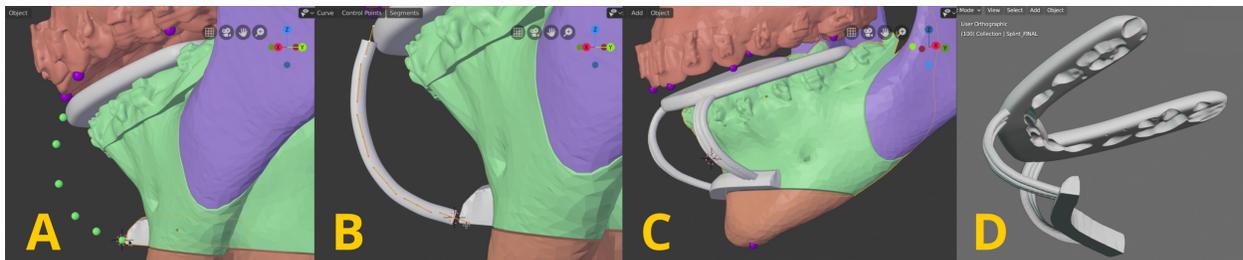


Fig. 26: Guia de Corte: **Create Points** (A), **Draw Line Tube** (B), posição do *splint* (C) e aparência final (D).

- Com a cena do crânio composto na 3D view clicar duas vezes no botão **A** para deselegionar todos os objetos;
- Posicionar no frame **1** a **Timeline**;
- Clicar em **Hide Names** no **Teeth Points** do OOB, com isto os nomes serão ocultos da cena, deixando mais limpa;
- Criar um *splint* no OOB e renomeá-lo para SPLINT_Trava, com o uso do botão **F2**;
- Movê-lo para baixo com o **G**, de modo a trespassar as coroas dos elementos dentários da mandíbula;
- Com o comando **Create Points** no **Draw Line Tube** do OOB;
- Com o **BEM** devem ser criados pontos acompanhando a linha de corte do mento (observando-se uma distância dos forâmens do nervo alveolar inferior);
- Ao terminar a sequência de pontos (7-10), clicar na tecla **Esc** ou no **BDM**, para interromper a criação dos pontos;
- Clicar em **Create Bezier Volume** no **Draw Line Tube** do OOB. No lugar dos pontos será criada uma estrutura tubular que será o guia de corte;
- Para adequar o tamanho do tubo, entrar em modo de edição com a tecla **TAB**, com isto os vértices da *bézier* estarão selecionados e com o comando **Alt+S** (para usar o Normal como referência) e escalonar o tubo para o tamanho desejado;
- Sair do modo de edição com a tecla **TAB**;
- Vá até o **Outliners**, onde ficam as **Collection** e habilite **Copied_Objects**, precionando no e depois habilite o mento, também com o ícone de *view/hide*;

Aviso: Para podermos aplicar uma booleana entre dois objetos, estes deverão estar na mesma **Collection**.

- Para movermos o mento para a **Collection**, devemos selecioná-lo no 3D view, clicar na tecla **M** e selecionar **Collection**;

- Aplicar a **Difference** entre o guia de corte e o plano do mento, selecionando primeiramente o tubo + **Shift** plane e clicar em e **Difference** na boolean do OOB. Com isto o tubo será cortado pelo plane;
- Selecionar a porção inferior do tubo e deletar, com o **X** e selecionar **Delete**;
- Para criar uma ligação entre o guia que está nos dentes da mandíbula e o tubo, devemos trocar para cursor e posicioná-lo, com o **BEM**, no guia. Como exemplo foi colocado no guia, na projeção do incisivo lateral esquerdo da mandíbula;
- Posicionar a visão lateral com **Num Lock 3** e iniciar um movimento teclando no **Num Lock 6**, isto fará que o crânio composto comece a girar no eixo Z para à direita. Para manter a visão em **Orthografic** deverá ser utilizado o **Num Lock 5** (ou ainda no ícone de um grid na 3D view), desta forma mover o crânio até o cursor ficar visível somente tangenciando o guia;
- No **Draw Line Tube** do OOB, clicar no **Create Points** e, com o **BEM**, vamos criar uma série de pontos que irão criar um tubo unindo o guia de oclusão ao guia de corte. Após a criação dos pontos, clicar em **Esc** ou **BDM** para parar de gerar os pontos;
- Clicar em **Create Bézier Volume** no **Draw Line Tube** no OOB. Um tubo aparecerá no trajeto dos pontos demarcados;
- Sem sair da visão lateral, clicar na tecla **Tab** para entrar em modo de edição e com **Alt+S**, escalonar o tubo para ficar de um tamanho adequado;
- Caso não haja contato do tubo de ligação com o de corte, ainda em modo de edição, selecionar com o **BEM** o vértice bézier (*node*) próximo ao objeto que se deseja unir, isto selecionará o bézier correspondente e movê-lo com **G** até que haja contato dos dois tubos;
- Para moldar a haste de ligação, em modo de edição, selecionar e mover cada um dos vértices bézier (*nodes*), como explicado acima, até a posição desejada;

Importante: Para movimentar de forma proporcional, devemos selecionar o vértice bézier (*node*) desejado, habilitar o **Proportional Editing**, clicando na tecla **O** ou habilitando o ícone na 3D view. Ajustar a área de influência do movimento com o *scroll* do mouse e ao movimentar o vértice bézier clicando na tecla **G**, outros vértices vizinhos do objeto irão se movimentar proporcionalmente. Para desabilitar o comando, pressionar novamente na tecla **O**.

- Para criar outras hastes, sair do modo de edição com a tecla **Tab**, selecionar o objeto criado, com o comando **Shift+D**, clicar no **Esc** e, para fazer um espelhamento no eixo X, usar o comando **Ctrl+M** e em seguida **X**. o objeto duplicado será espelhado e poderá ser posicionado com a tecla **G** e em seguida **X**;
- Fazer os mesmos ajustes anteriormente citados para posicionar a nova haste em contato com o guia de corte e de oclusão;
- Se quiser tornar a haste mais espessa, ela pode ser duplicada, selecionando-a, usando o comando **Shift+D**, e posicionando-a com **G** e em seguida **X** mais lateral ou medialmente, tomando-se o cuidado de manter uma sobreposição das mesmas;
- Repetir este mesmo processo na haste oposta para torná-la mais espessa;
- Para unirmos todos os objetos do guia de corte, selecionar um primeiro com o **BEM** e pressionando o **Shift** selecionar um a um os seguintes;
- Unir todos com o comando **Multiple Union** no boolean do OOB;

Importante: Para que seja realizada a booleana do guia de corte em relação à mandíbula, o objeto mandíbula a ser utilizado será aquele que não tenha sofrido ainda as alterações de corte no mento, para isto devemos procurar na **Collection** o objeto **result** relacionado a mandíbula. Uma alternativa será modificar o nome deste objeto para **mandibula_completa** como orientado na sessão **Osteotomy**. Mudar o local do objeto, selecionando-o na cena da 3D view e clicando no **M**, optando pela seleção **Collection**.

- Ocultar o **cm** (corpo da mandíbula) no **Outliner**, para que ao selecionar a mandíbula, estejamos selecionando a completa para efetuar o boolean;
- Selecionar o objeto guia + **Shift** + objeto mandibula_completa e clicar no **Difference** da Boolean do OOB;
- A mandibula_completa ficará oculta e o guia mostrará a modificação com o sulco das coroas dos elementos da mandíbula e o ajuste em relação à mandíbula. A mandíbula terá sido ocultada automaticamente;

- Restará uma porção localizada na parte interna do guia dentro da mandíbula, ela deve ser deletada, selecionando-a e clicando no **X** ou **Delete**;
- Para organizar os *splints*, modifique o nome do objeto, clicando em **F2** e substitua no nome por SPLINT_GUIA_CORTE;
- Ocultar o SPLINT_GUIA_CORTE clicando no ícone da **Collection** no **Outliner** e habilitar o corpo da mandíbula clicando no **cm** da **Collection** no **Outliner**;
- Usar o comando **Ctrl+S** para salvar esta etapa.

14.12.4 Guia de Posicionamento

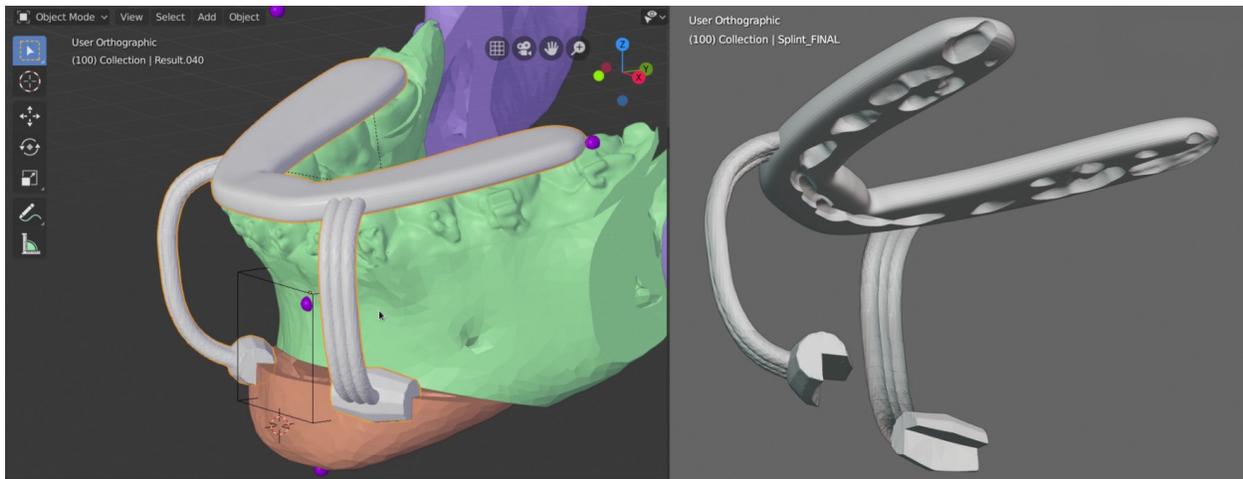


Fig. 27: Guia de Posicionamento: Posição do guia (à esquerda) e aparência final (à direita).

- Optar no **Timeline** pelo frame de pós-cirúrgico, posicionando no **100**, ou ainda clicando nas flechas de avançar da barra de comando, a linha será posicionada já neste local cultar a maxila, selecionando-a e clicando em **H**, para deixar a cena mais limpa;
- O mento estará na posição escolhida de avanço em relação ao corpo da mandíbula;
- Clicar em **Create Splint** em **Splint** do OOB;
- Modificar no nome. Com o *splint* criado selecionado, clique na tecla **F2** e modifique o nome para Splint_trava na caixa de edição;
- Para criar uma "área de segurança" onde preservamos o local de fixação da osteotomia sem que o guia interfira no intra-operatório, criaremos um objeto;
- Na visão frontal (**Num Lock 1**), posicionar o cursor na linha média, próximo a osteotomia da mandíbula em relação ao mento;
- Clicar em **Shift+A**, abrir-se-á uma caixa de seleção na 3D view e escolher o objeto cubo;
- Um cubo padrão de 2 X 2 X 2 mm surgirá na posição onde o cursor foi posicionado;
- Para nos certificarmos das dimensões, basta trocar para o modo de edição, com a tecla **Tab**, selecionar os dois vértices da aresta superior anterior do cubo, clicando em um vértice com o **BEM** para selecioná-lo + **Shift** e selecionar o outro vértice da aresta, optar pela aba View, ir até **MeasureIt Tools**, tornar visível clicando na tecla **Show** para habilitar (aparecerá Hide) e clicar em **Segment**. A medida do cubo surgirá na cena;
- Redimensionar para aumentar dez vezes e deixar com 20 mm. Clicar no **A** para selecionar todo o cubo. Clicar em **S** e digitar **10** no **Num Lock**. O cubo aumentará de tamanho, ficando com 20 X 20 X 20 mm;
- Se desejar um tamanho menor, clicar em S + Shift e adequar o tamanho para o escolhido. No exemplo foi utilizado 17,5 X 17,5 X 17,5 mm;
- Se for conveniente ocultar as faces do cubo, selecionar todo o cubo no modo de edição com **A** e **Deletar**, com o uso da tecla **X**, optando somente pelas faces. um contorno do cubo permanecerá na cena, mostrando somente os vértices e as arestas;

- Na visão lateral (**Num Lock 3**), retroposicionar o cubo com **G** e em seguida **Y**, deixando-o mais internamente à mandíbula;
- Clicar em Hide no **MeasureIt Tools** para ocultar as medidas;
- Para criar o tubo do guia, habilitar o **Create Point** no **Draw Line Tube** e posicionar os pontos na porção lateral do mento em relação ao cubo de segurança criado, tendo sempre em mente um afastamento seguro do forâmen do nervo mental.
- Clicar no **BDM** e clicar em **Create Bézier Volume** no OOB;
- Entrar em modo de edição com o **Tab**, certificar-se que todo o objeto esteja selecionado, aplicar o comando **Alt+S** e escalonar o tubo de maneira a ficar adequado ao campo cirúrgico da abordagem, trespassando os segmentos da mandíbula, ou ainda somente o segmento do mento;
- Para tornar o guia mais delicado, podemos estreitar os segmentos laterais, selecionando os vértices bézier (*nodes*) com **BEM + Shift** e o vértice contra lateral, usar o comando **Alt+S** e escaloná-los negativamente, tornando-os mais estreitos em relação ao corpo do guia;
- Repetir o passo-à-passo anterior para criar o segmento do guia contralateral;
- Criar as hastes de ligação entre o guia de oclusão, Splint_trava001, e os cones dos guias seguindo as orientações dos itens 6 à 13 das orientações do **Cut Guide**;
- Para criar uma ligação entre o guia que está nos dentes da mandíbula e os tubos do guia de posicionamento, devemos trocar para cursor e posicioná-lo, com o **BEM**, no guia;
- Posicionar a visão lateral com **Num Lock 3** e iniciar um movimento teclando no **Num Lock 6**, isto fará que o crânio composto comece a girar no eixo Z para à direita. Para manter a visão em **Orthografic** deverá ser utilizado o **Num Lock 5** (ou ainda no ícone de um grid na 3D view), desta forma mover o crânio até o cursor ficar visível somente tangenciando o guia;
- No **Draw Line Tube** do OOB, clicar no **Create Points** e, com o **BEM**, vamos criar uma série de pontos que irão criar um tubo unindo o guia de oclusão ao guia de corte;
- Após a criação dos pontos, clicar em **Esc** ou **BDM** para parar de gerar os pontos;
- Clicar em **Create Bézier Volume** no **Draw Line Tube** no OOB. Um tubo aparecerá no trajeto dos pontos demarcados;
- Sem sair da visão lateral, clicar na tecla **Tab** para entrar em modo de edição e com **Alt+S**, escalonar o tubo para ficar de um tamanho adequado;
- Caso não haja contato do tubo de ligação com o de corte, ainda em modo de edição, selecionar com o **BEM** o vértice bézier (node) próximo ao objeto que se deseja unir, isto selecionará o bézier correspondente e movê-lo com **G** até que haja contato dos dois tubos;
- Para moldar a haste de ligação, em modo de edição, selecionar e mover cada um dos vértices bézier (*nodes*), como explicado acima, até a posição desejada;

Importante: Para movimentar de forma proporcional, devemos selecionar o vértice bézier (*node*) desejado, habilitar o **Proportional Editing**, clicando na tecla **O** ou habilitando o ícone na 3D view. Ajustar a área de influência do movimento com o *scroll* do mouse e ao movimentar o vértice bézier clicando na tecla **G**, outros vértices vizinhos do objeto irão se movimentar proporcionalmente. Para desabilitar o comando, pressionar novamente na tecla **O**.

- Para criar outra haste no modo espelhado devemos posicionar o cursor na linha média do mento osteotomizado, sair do modo de edição com a tecla **Tab**, selecionar o objeto criado, com o comando **Shift+D**, clicar no **Esc** e, para fazer um espelhamento no eixo X, usar o comando **Ctrl+M** e em seguida **X**;
- O objeto duplicado será espelhado e poderá ser posicionado com a tecla **G** e em seguida **X**;
- Fazer os mesmos ajustes anteriormente citados para posicionar a nova haste em contato com o guia de corte e de oclusão;
- Se quiser tornar a haste mais espessa, ela pode ser duplicada, selecionando-a, usando o comando **Shift+D**, e posicionando-a com **G** e em seguida **X** mais lateral ou medialmente, tomando-se o cuidado de manter uma sobreposição das mesmas;
- Repetir este mesmo processo na haste oposta para torná-la mais espessa;

- Para unirmos todos os objetos do guia de corte, selecionar um primeiro com o **BEM** e pressionando o **Shift** selecionar um a um os seguintes;
- Unir todos com o comando **Multiple Union** no boolean do OOB;

Importante: Para fins de organização, e para que seja realizada a Booleana do guia de posicionamento em relação à mandíbula, o objeto mandíbula deverá ser duplicado, selecionando-o com o **BEM** e aplicando o comando **Shift+D**, automaticamente será criado o objeto **cm001**.

- Ocultar o **cm** (corpo da mandíbula) no **Outliner** clicando no ícone, para que ao selecionar o **cm** da mandíbula, estejamos selecionando um objeto que será oculto após efetuar o boolean, porém o **cm** original irá permanecer na **Collection**;
- Selecionar o objeto guia + **Shift** + objeto **cm001** e clicar no **Difference** da boolean do OOB;
- O **cm001** ficará oculto e o guia mostrará a modificação com o sulco das coroas dos elementos da mandíbula e o ajuste em relação à mandíbula. A mandíbula terá sido ocultada automaticamente;

Importante: Como o mento (**me**) é filho do **cm**, devemos expandir no **Outliner** a flexa do **cm** para poder ter acesso ao **me**.

- Selecionar o mento na 3D view, aplicar a duplicação com **Shift+D** e um novo objeto será criado, o **me001**;
- Selecionar o objeto guia + **Shift** + objeto **me001** e clicar no **Difference** da boolean do OOB;
- O **me001** ficará oculto e o guia mostrará a modificação do ajuste em relação ao mento. O mento terá sido ocultado automaticamente;
- Caso haja necessidade de fazer um acabamento no guia, orbitar a cena até o guia ficar totalmente em perfil, selecionar o objeto guia e usar o comando **Draw Line** no boolean **Segmentation** do OOB, criar uma linha ponto a ponto da região de interesse que será deletada, clicar em **Enter** e aplicar o comando **Subtract IN** do OOB;
- Efetuar os mesmos passos no lado contralateral;
- Modificar o nome do objeto guia com **F2** e trocar para **Splint_Guia_encaixe**;
- Salvar o processo com **Ctrl+S**.

14.12.5 Preparar Guias para Impressão 3D

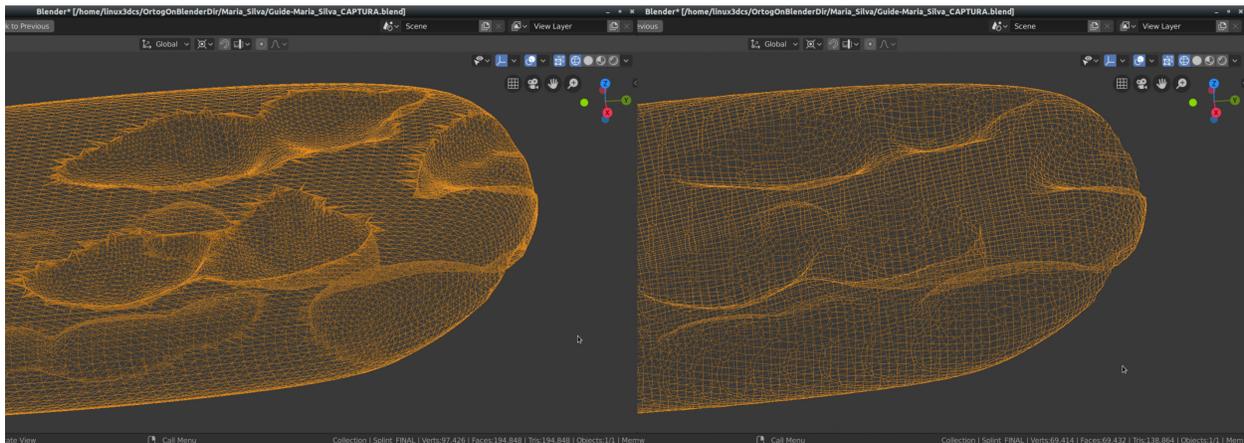


Fig. 28: Splint depois da booleana (à esquerda) e depois do **Prepares 3D Printing** (à direita).

- Para melhor visualizar a cena, selecione o guia, clique a tecla **Z** e escolha a apresentação *wireframe*;

- O guia ficará em laranja e o resto escuro. Execute o comando **Ctrl+I** e a seleção se inverterá;
- Pressione **H** e tudo na cena ficará oculto, exceto o guia;
- Retornar a visão solid clicando em **Z** e escolhendo o *solid*;
- Com o objeto guia selecionado, pressionar o **Prepares 3D Printing** no **Finishing** do OOB. A malha do guia será então transformada em polígonos de quatro lados, *normals* orientados para o lado de fora. Estes dados serão utilizados pelo software da impressora gerar os códigos de impressão 3D. Uma vez preparado o objeto estará pronto para ser exportado;
- Pressione **F2** e copie o nome do objeto (neste exemplo SPLINT_GUIA_ENCAIXE), clique em **Export STL** no **Finishing** do OOB. A tela de exportação aparecerá;

Importante: Como padrão no OOB, ao se exportar um objeto estarão habilitados os botões **Selection Only** e **Apply Modifiers**.

- Clique na barra de diretório e acrescente Export, clique em **Enter** para criar um novo diretório, desta forma um diretório denominado Export será criado na pasta do paciente;
- Troque o nome do arquivo que será exportado na barra inferior à do diretório, colando o nome do objeto guia copiado anteriormente (item 4). Clique em **Enter**;
- Escolha a opção **Export STL**, ou ainda novamente clicando **Enter**;
- Executar os mesmos passos para os demais guias, neste exemplo: SPLINT_FINAL e SPLINT_INTERMEDIÁRIO;

Importante: Caso queira reverter o prepara para impressão, vá até a coluna **Properties**, à direita da tela, abra a aba **Modifiers** e clique no **X** da janela referente às modificações do objeto.

- Caso queira conferir os arquivos STL criados em outro software, indicamos abrir o MeshLab e arrastar o arquivo STL para o 3D view do MeshLab e automaticamente o objeto poderá ser visualizado.

Importante: Para não sobrecarregar a memória do computador, os arquivos blender referentes ao processo de trabalho podem ser apagados, conservando somente o último, onde está toda a sequência de objetos, e a pasta dos arquivos STL.

Convertendo um Vídeo em um Arquivo DICOM

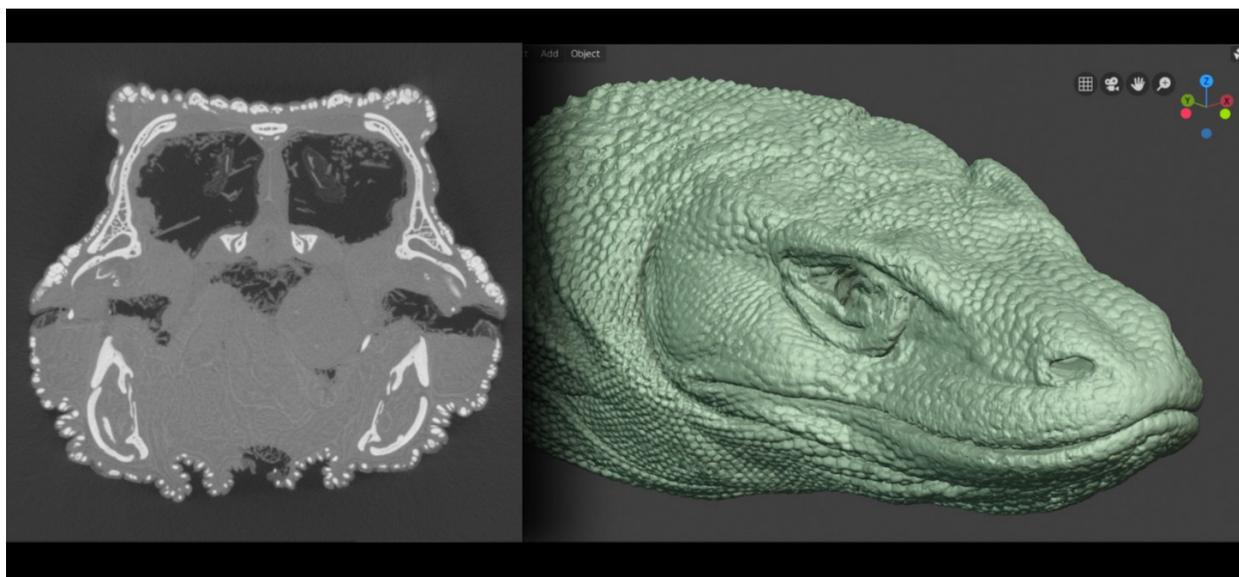


Fig. 1: Exemplo de conversão de vídeo em DICOM e posteriormente em malha 3D (Fonte: Digimorph³⁸).

Os arquivos DICOM são tomografias digitais que podem ser reconstruídas em 3D, contém dados específicos que os diferem de uma simples imagens, mas podem ser gerados a partir de arquivos JPG, PNG e até arquivos de vídeo como MP4, AVI e afins.

Na internet contamos com uma vasta gama de vídeos onde aparecem as fatias de uma tomografia, fornecendo um grande banco de dados que podem ser convertidos em material didático, pesquisa ou entretenimento técnico.

Neste material o usuário aprenderá como converter um vídeo do YouTube em um arquivo DICOM e posteriormente reconstruí-lo em uma malha 3D.

³⁸ http://digimorph.org/specimens/Varanus_komodoensis/CorFlipHeadSkin.mp4

15.1 Baixando o Vídeo do YouTube

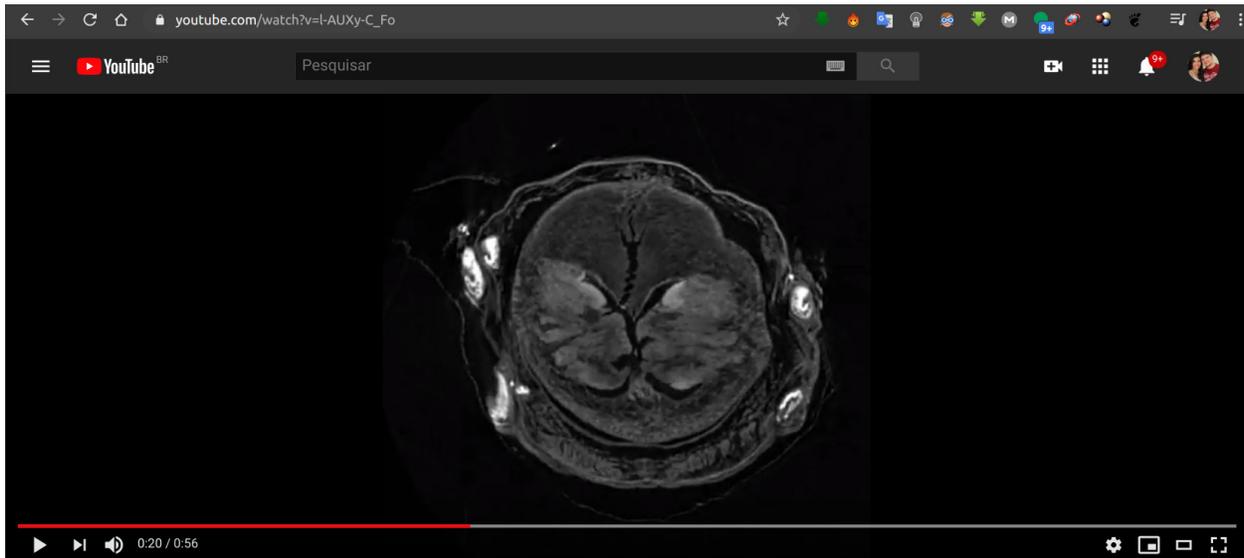


Fig. 2: Vídeo a ser utilizado na conversão - Micro-CT scan (Polychaeta, Amphinomidae)

Para esse exemplo será usado o vídeo disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=l-AUXy-C_Fo

Existem várias formas de se baixar um arquivo de vídeo do YouTube, o modo mais prático é pelo site SaveFromNet:

- Abra o site www.savefrom.net;
- No campo **"Just Insert a Link"** cole o endereço: https://www.youtube.com/watch?v=l-AUXy-C_Fo;



Fig. 3: Aparência do site SaveFromNet.

- Aguarde um instante até, na parte inferior, abrir uma janela onde aparecem as opções de qualidade para o vídeo;
- Clique na opção **Baixar**;

Aviso: É imprescindível que o arquivo não contenha espaços ou caracteres especiais, nesse caso o arquivo foi renomeado para **Mi-cro_CT.mp4**.

Dica: Outra forma de baixar os vídeos, contendo ainda mais opções de formatos e qualidade é o *add-on* [Video DownloadHelper](#)³⁹ disponível para os navegadores Chrome e Firefox.

15.2 Convertendo o Vídeo em uma Sequência de Imagens

Assim que o vídeo é baixado, o mesmo deverá ser convertido em uma sequência de imagens.

- Abra a aba **Other**;
- Expanda a seção **Video to Images**;
- Clique no ícone do diretório para abrir o arquivo de vídeo;
- Escolha o arquivo `Micro_CT.mp4` e em seguida clique em **Accept**;

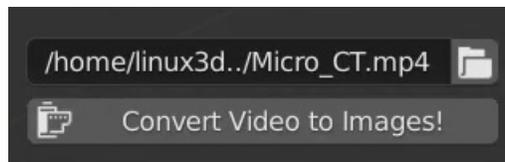


Fig. 4: Arquivo de vídeo selecionado para conversão em imagens.

- Clique em **Convert Video to Images!**
- O gerenciador de janelas será aberto com a pasta onde estão as imagens criadas. Selecione todas as imagens e copie-as para o diretório **SELECTED**.

Importante: A seleção de imagens é importante, posto que em muitos vídeos a parte de interesse onde aparecem os slices pode estar misturada com outros cortes, sendo necessária a seleção dos quadros para extrair apenas a parte relacionada a tomografia computadorizada.

15.3 Convertendo as Imagens em Arquivos DICOM

Uma vez que os slices foram selecionados é chegado o momento de convertê-los em uma sequência de arquivos DICOM. Como comentado anteriormente, um arquivo DICOM contém mais dados que uma imagem e aqui vamos trabalhar com alguns deles.

Aviso: O sistema descrito a partir daqui, ao menos por ora, está funcionando plenamente apenas no Linux e no Windows.

- Faça a expansão da seção **Images to CT-Scan** e perceba que o campo do endereço já estará completado com a localização do diretório **SELECTED**;
- Ignore por ora os outros campos e clique diretamente no botão **Convert Images to CT-Scan!**;
- Assim que o processamento terminar o sistema vai abrir automaticamente o software **VolView**;
- Ao abrir o Volview ficará evidente que a tomografia está “espichada” no eixo Z, ou seja, a altura do objeto;
- É necessário fechar o VolView e alterar o valor do **s3** em **Dimensions**, assim achataremos a estrutura da tomografia computadorizada;

³⁹ <https://chrome.google.com/webstore/detail/video-downloadhelper/lmjnegcaeklhafolokijcfliaokphfk?hl=pt-BR>

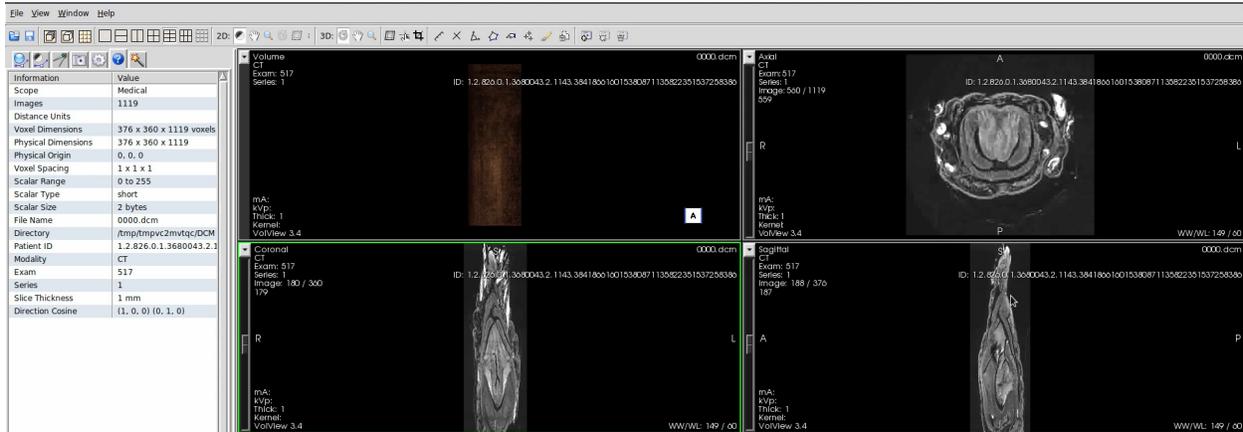


Fig. 5: Sequência DICOM aberta logo após a conversão.



Fig. 6: Dimensões do voxel (pixel em 3D).



Fig. 7: Tomografia com as dimensões corrigidas.

- Ao clicar em **Convert Images to CT-Scan!** o VolView abrirá com as dimensões corrigidas;

Importante: Os valores de **s1**, **s2** e **s3** correspondem a distância de cada lado do pixel (ou entre os cortes). Por padrão está em **1** (1 mm). O objetivo desse material é apenas o de corrigir a proporção, posto que não temos dados de distância no vídeo, em um caso onde isso for necessário recorra as ferramentas presentes na sessão **Calculations**, bastando colocar o valor da distância real (**Real Size**) e da distância atual (**Current Size**), resultando assim no fator correspondente à direção desejada. O **VolView** fornece ferramenta de régua para proceder com as medidas.

- Ainda no **VolView**, vá em **File -> Save Volume**;
- Salve com o nome **Amphinomida.mha** e então o **VolView** pode ser fechado,

Aviso: É necessário que você coloque a extensão **.mha** ao final do nome do arquivo, sob pena da exportação não funcionar!

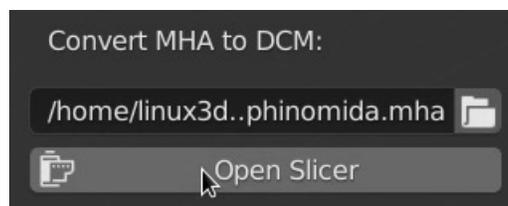


Fig. 8: Indicação do local onde se encontra o arquivo **.mha**.

- Agora basta indicar onde se encontra o arquivo **Amphinomida.mha** e em seguida clicar em **Open Slicer**;
- A exemplo do que acontece quando abrimos uma tomo organizada no **OrtogOnBlender**, a tomografia será aberta no **Slicer**, apresentando os pontos de vista de modo semelhante ao que vimos no **Volview**;
- Vá em **All Modules -> Data**;
- Na parte esquerda superior esquerda, mova o mouse sobre o elemento nomeado como **Amphinomida**, clique no botão direito e em seguida selecione **Export to DICOM...**;
- Clique no botão à direita de **Output folder** e escolha a localização de onde será exportado;
- Em seguida clique em **Export** e assim que for exportado, feche o **Slicer**.

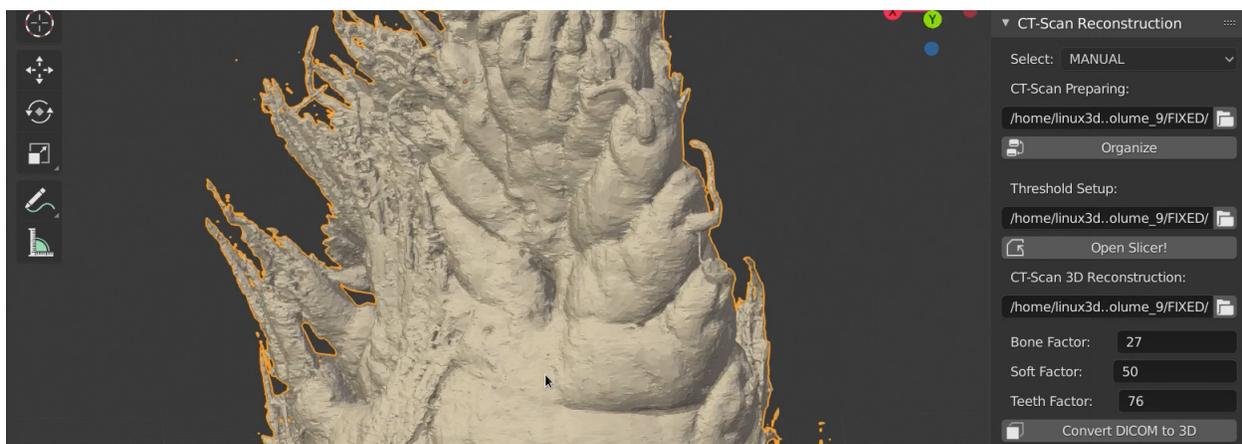


Fig. 9: Tomografia DICOM reconstruída em 3D com o OrtogOnBlender.

Agora, contando com um arquivo DICOM, é possível reconstruí-lo em uma malha 3D no OrtogOnBlender.

Uma Contribuição à Modelagem de Máscaras Customizadas na Prevenção à COVID-19

Cícero Moraes, Everton da Rosa, Rodrigo Dornelles



Fig. 1: Dois exemplos de adaptação de modelo STL a uma face digitalizada por fotogrametria.

A humanidade está passando por um período que talvez o último que se tenha vivenciado foi há cerca de 100 anos, um período de pandemia. Em 1918, a Gripe Espanhola, uma doença causada pelo vírus Influenza do tipo A H1N1, contaminou cerca de 500 milhões de pessoas e provocou entre 17 a 50 milhões de mortes, na época, cerca de um quarto da população do planeta se infectou. Deste período para os dias atuais a

medicina evoluiu muito, porém, ao ser decretada a Pandemia pela Organização Mundial da Saúde pelo Novo Coronavírus, o vírus SARS-COV-2 ou a doença COVID-19, deparamo-nos com muitas limitações e orientações existentes na época. Como diz este anúncio de jornal:

Estas instruções estão diretamente relacionadas ao tipo de transmissão dos coronavírus, que costuma ocorrer pelo ar ou por contato pessoal com secreções contaminadas, como:

- gotículas de saliva;
- espirro;
- tosse;
- catarro;
- contato pessoal próximo, como toque ou aperto de mão;
- contato com objetos ou superfícies contaminadas, seguido de contato com a boca, nariz ou olhos.

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPI), são fundamentais neste período, principalmente para os profissionais da saúde que estão na linha de frente, atendendo pessoas que se não estão contaminadas pelo vírus, são vulneráveis ao mesmo. Os equipamentos tem sua distribuição comprometida nos dias atuais, entre eles estão as máscaras.

Muitos grupos ao redor do mundo, tem se debruçado na possibilidade de ampliar a produção destas máscaras. Vários modelos estão sendo propostos, alguns com o uso da tecnologia aditiva, a impressão 3D.

A máscara, de acordo ao que se propõem, quando não forem as cirúrgicas descartáveis, tem que ter certas características, e dentre elas está a vedação em relação ao rosto, pois a saída ou entrada de ar deve estar restrita a parte filtrante da máscara, não deve haver escapes.

Recentemente em uma publicação médica (Swennen GRJ, et al. Custom-made 3D-printed face masks in case of pandemic crisis situations with a lack of commercially available FFP2/3 masks, Int J Oral Maxillofac Surg (2020), <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2020.03.015>) foi feita uma proposta de máscara para ser impressa em impressora 3D.

Para acessar um vídeo com timelapse do processo, [clique aqui](#)⁴⁰.

A customização da máscara, torna-a uma excelente opção em termos de adaptação ao rosto, para tanto, os autores utilizaram a fotogrametria do rosto para construção de uma malha 3D e, com um kit de máscara modelado em 3D, por meio de uma operação booleana fizeram fizeram as modificações necessárias na máscara.

A máscara pode ser higienizada com desinfetantes aceitos para o SARS-COV-2 e o filtro é descartável, no artigo descrito como da Moldex® (vendidos também no Brasil).

O processo inclui a utilização de Smartphones, aplicativos para celulares, software de CAD e birot de impressão. Processo talvez não disponível a todos.

Tendo em vista o crescente uso de Software Livre na área médica e a existência de um addon, o ORTOGONBLENDER (OOB), desenvolvido pelos autores, propomos uma adaptação do processo, com a utilização de ferramentas já utilizadas para planejamento virtual de cirurgias e preparo de guias cirúrgicos.

O processo que vamos descrever se assemelha ao proposto pelos autores no artigo, inclusive utilizamos o arquivo .stl, porém é todo realizado com a utilização do OOB e, como é cada vez mais comum na comunidade médica, a impressão da máscara pode ser realizada em impressora caseira.

Para os que nunca utilizaram o OOB, sigam as orientações descritas no site: http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/index.html, lá encontraram todos os tutoriais e as recomendações, lembrando que funciona nas plataformas de Windows, Mac e Linux.

Aos que já o utilizam, deverão construir a [fotogrametria](#)⁴¹ a partir de fotos e colocá-la em escala, da mesma forma que é feita para os casos de cirurgia (Fig.3).

Fazer a importação dos arquivos .stl (disponibilizados no final deste texto) referentes a máscara e a tampa do filtro (Fig. 4 e 5).

⁴⁰ <https://youtu.be/FCayvKF2-60>

⁴¹ http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender/Fotogrametria_Face.html

A influenza hespanhola

CONSELHOS AO POVO

(Da Inspectoria de Hygiene)

EVITAR agglomerações, principalmente á noite.
NÃO fazer visitas.
TOMAR cuidados hygienicos com o nariz e a garganta.
inhalações de vaselina mentholada, gargarejos com agua sal, com agua iodada, com acido citrico, tannino e infusões contendo tannino, como folhas de goiabeira e outras.
TOMAR, como preventivo, internamente, qualquer sal de quinino nas doses de 25 a 50 centigrammos por dia, e de preferencia no momento das refeições.
EVITAR toda fadiga ou excesso physico.
O DOENTE, aos primeiros symptomas, deve ir para a cama, pois o repouso auxilia a cura e afasta as complicações e contagio. Não deve receber, absolutamente, nenhuma visita.
EVITAR as causas de resfriamento, é de necessidade tanto para os sãos, como para os doentes e os convalescentes.
A'S PESSOAS EDOSAS devem applicar-se com mais rigor ainda todos esses cuidados.

Fig. 2: Anúncio em jornal acerca da gripe espanhola.

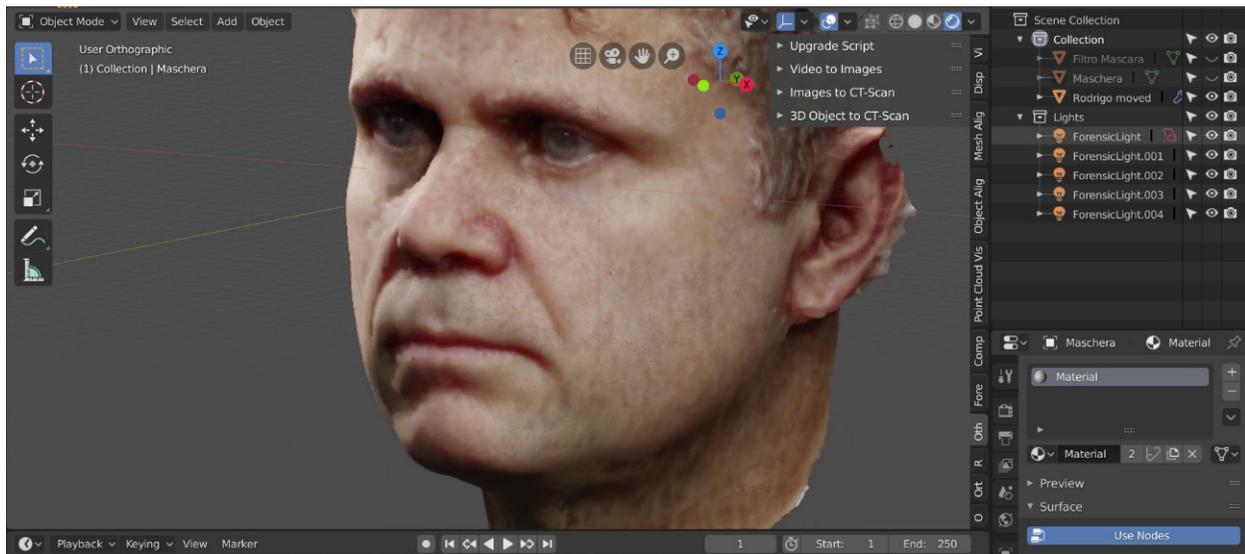


Fig. 3: Fotogrametria realizada a partir de fotografias com smartfone, reconstruída com o OOB.

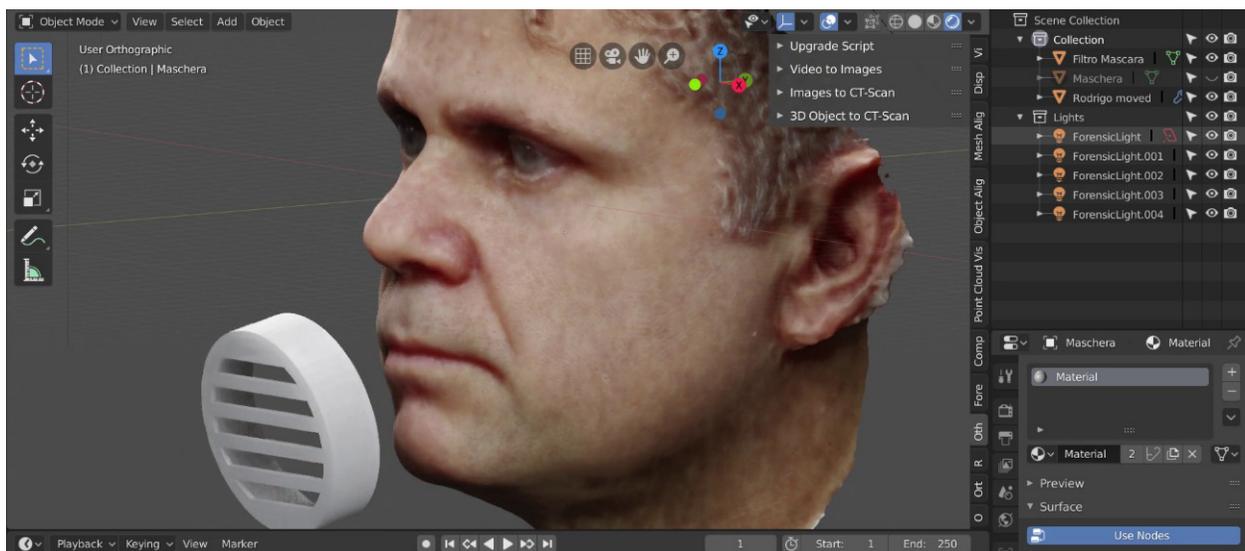


Fig. 4: Tampa do filtro da máscara.



Fig. 5: Máscara.

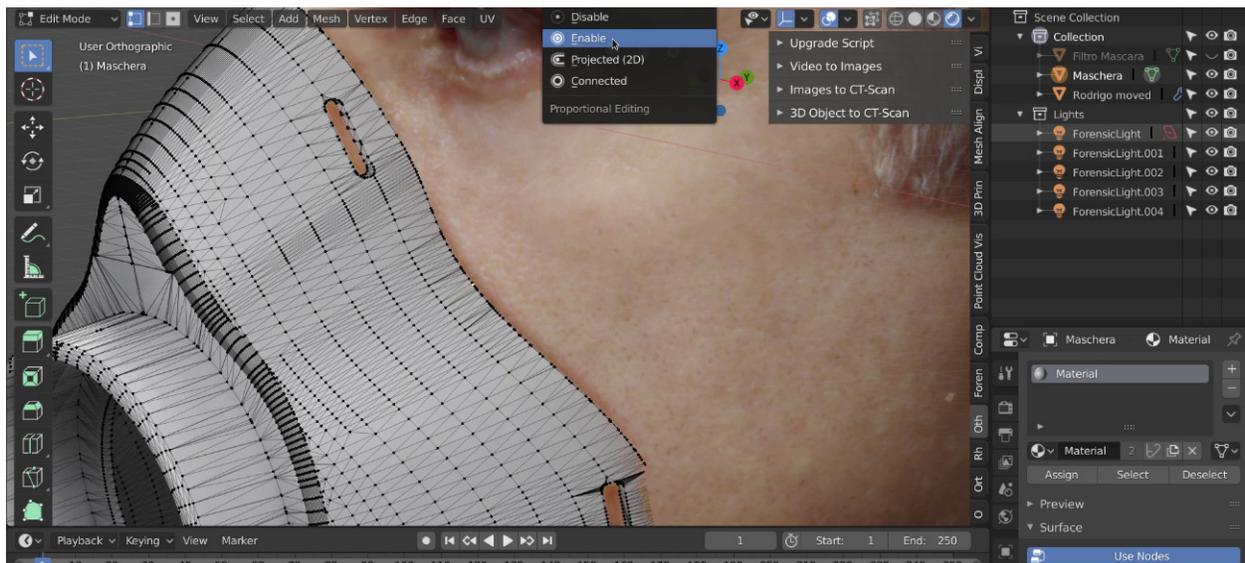


Fig. 6: Máscara em edit mode, com vértice selecionado e habilitando o Enable no Proportional Editing.

Ocultar a tampa do filtro, selecionando-a e teclando "H", selecionar a máscara, posicionando-a o mais próximo da malha da face, com o comando da tecla "G". Entrar em edit mode. Selecionar um vértice da região onde se deseja adequar a máscara e habilitar o **Proportional Editing**, selecionando o Enable. (Fig. 6)

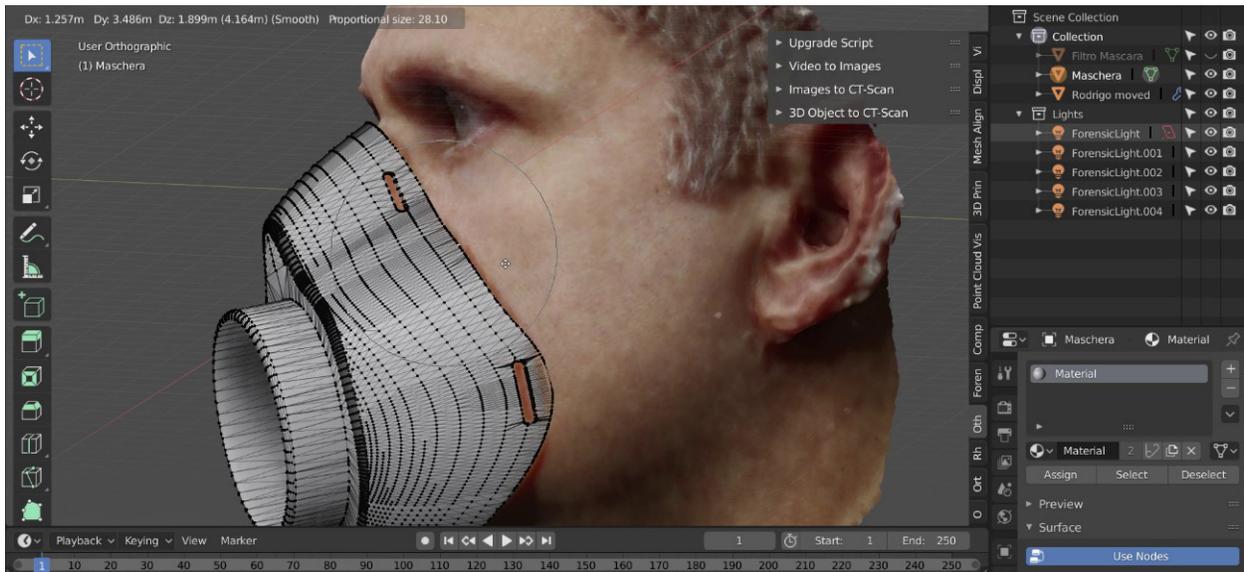


Fig. 7: Círculo evidenciando a área de influência da deformação.

Iniciar a deformação da malha com os comandos **G + Y** (eixo que queremos modificar) e controlando a área de influência do círculo com o scroll do mouse, movendo a malha de modo a trespassar a malha da face (Fig. 7).

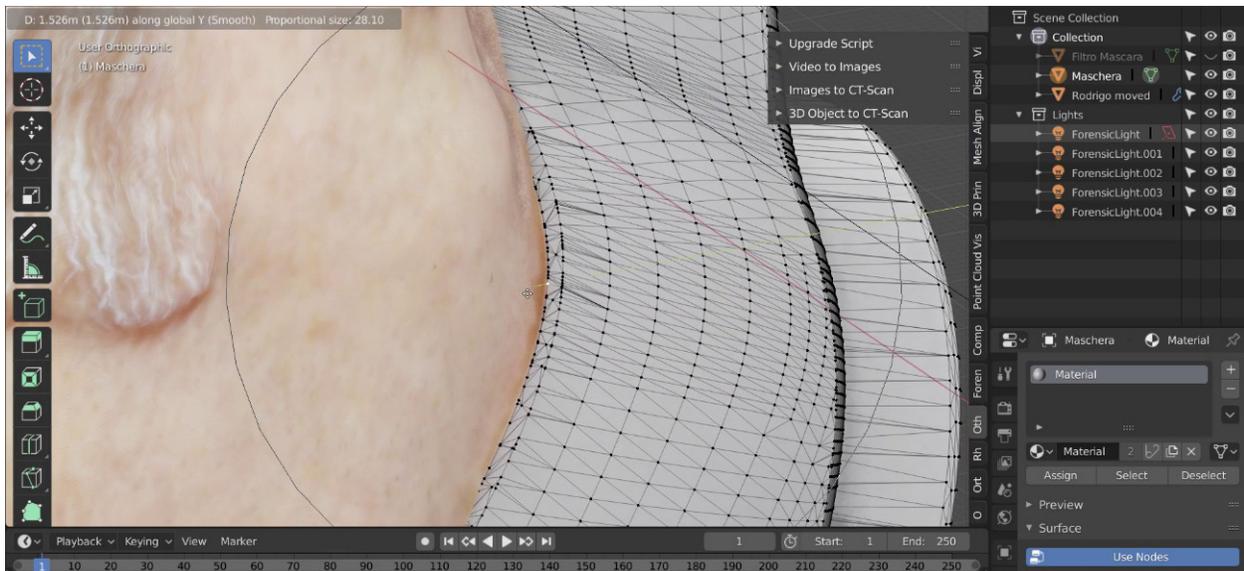


Fig. 8: Detalhe do vértice selecionado e do círculo com a área de influência da deformação.

Fazer o mesmo processo na região jugal de ambos os lados (Fig. 8).

Rotacionar os objetos de modo a ter a visão posterior da cena. Com isto poderemos acompanhar o trespassar da malha da máscara (em object mode) pela parte interna (Fig. 9).

Selecionando porções da malha da máscara e movendo-a com os comandos **G + Y**, podemos posicioná-la justa malha da face. Não é necessário

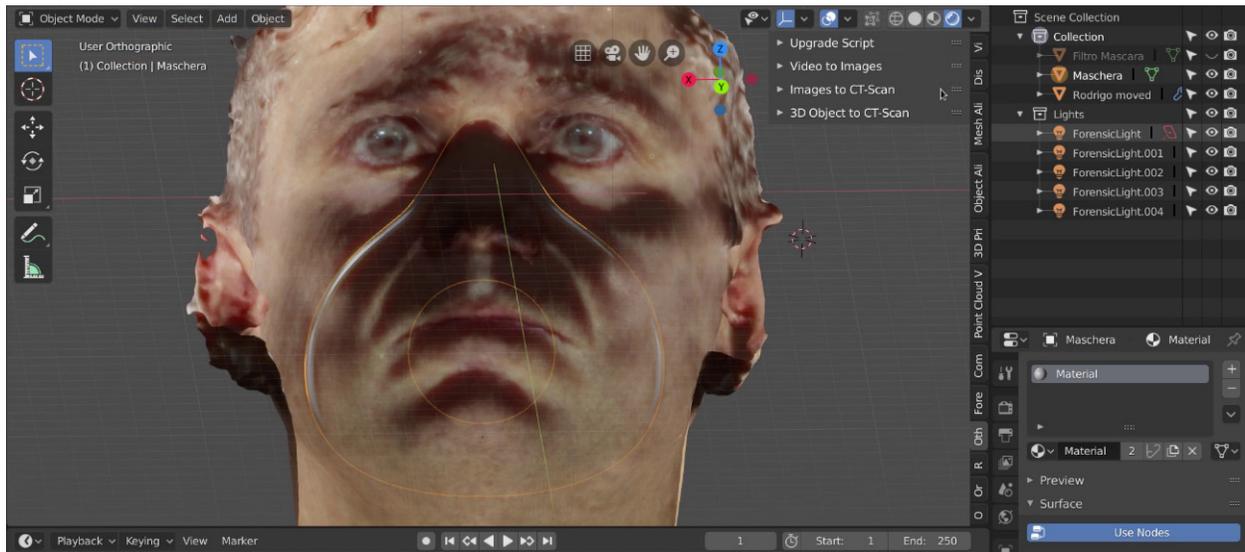


Fig. 9: Visão posterior, evidenciando a malha da máscara em object mode trespassando a face.



Fig. 10: Detalhe da modelagem da malha da máscara sendo feita pela visão posterior.

se preocupar excessivamente com o quanto vai ultrapassar, uma vez que temos a maleabilidade da pele e a pressão que será exercida pela faixa de fixação (Fig.10).



Fig. 11: Clipping border.

Posicionamento do retângulo de seleção da ferramenta **Alt + B**.

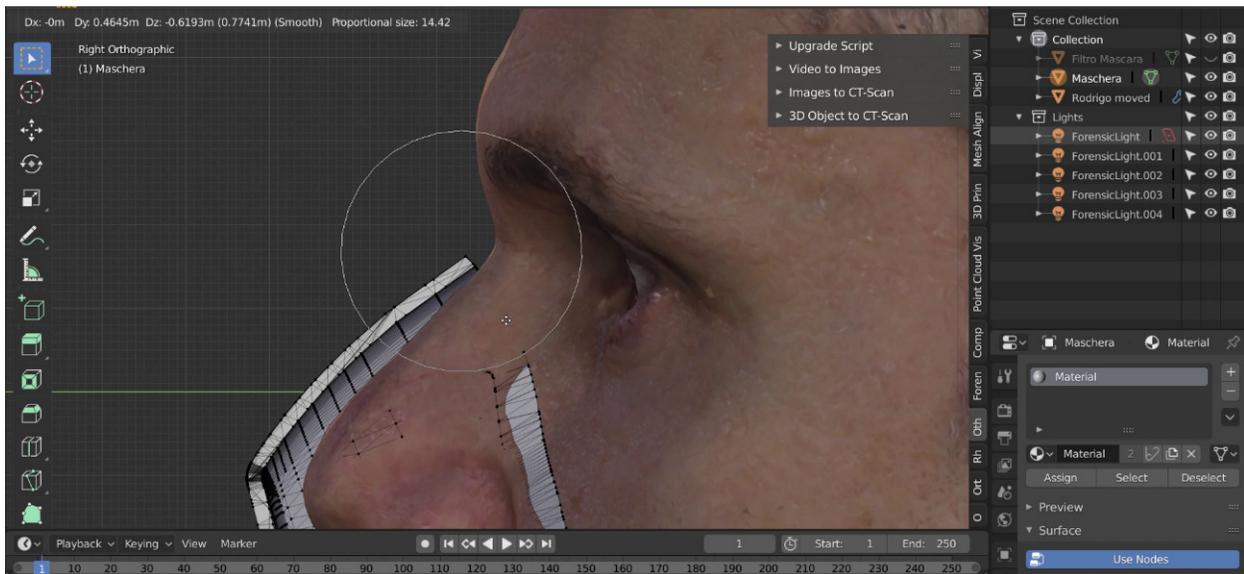


Fig. 12: Visão lateral, evidenciando o afastamento da malha da máscara, possibilitando a deformação da mesma sob visão direta.

Para o ajuste da região superior, lançaremos mão da ferramenta **Alt B**, que possibilita um recorte central das malhas, o que facilitará a modelagem (Fig. 11 e 12).

Com a máscara em edit mode, vértices objeto sem seleção, pinta-se a porção anterior com o comando **C**, selecionando somente a porção anterior da máscara.

Com o comando **H**, a porção selecionada, irá ser oculta.

Início da deformação da porção inferior da malha da máscara, com o comando **G + Z**.

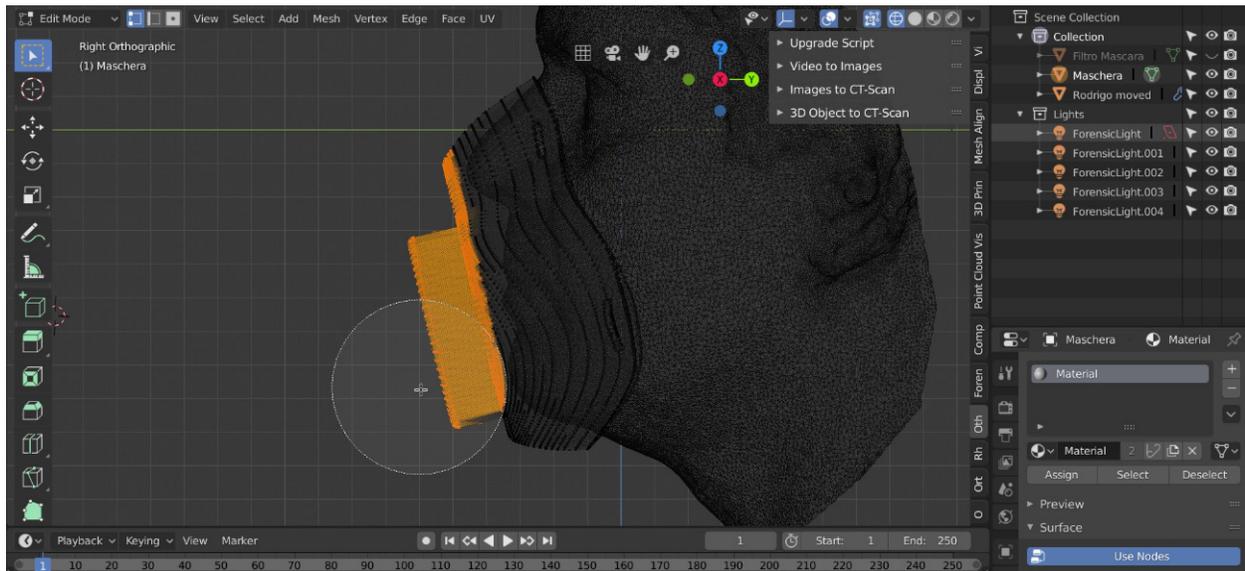


Fig. 13: Seleção por pintura da região.

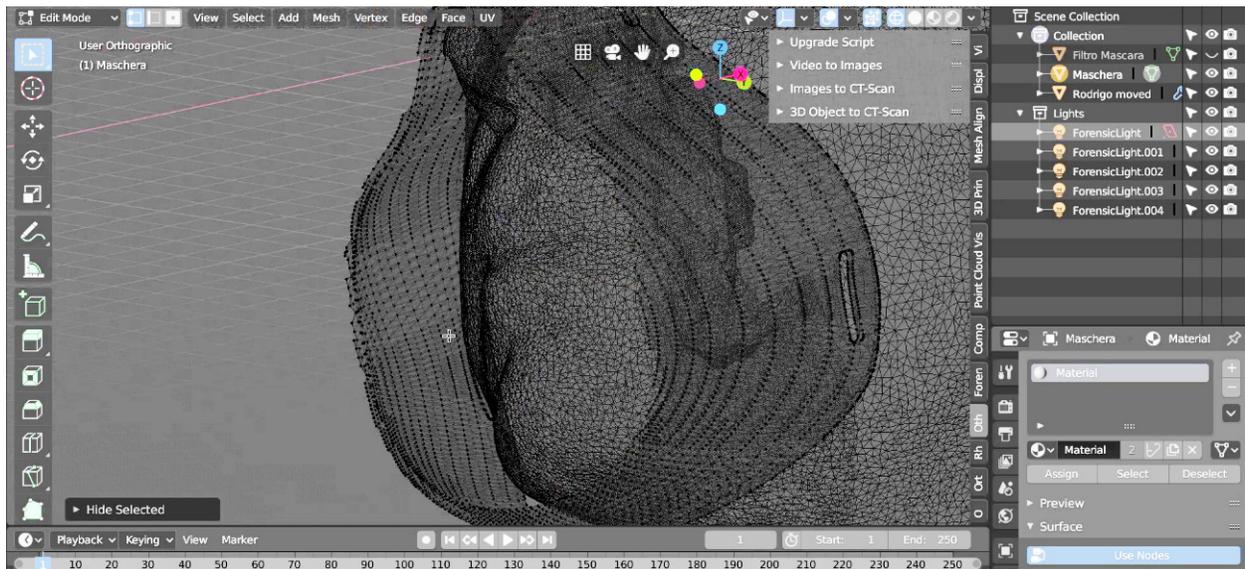


Fig. 14: Parte frontal ocultada.

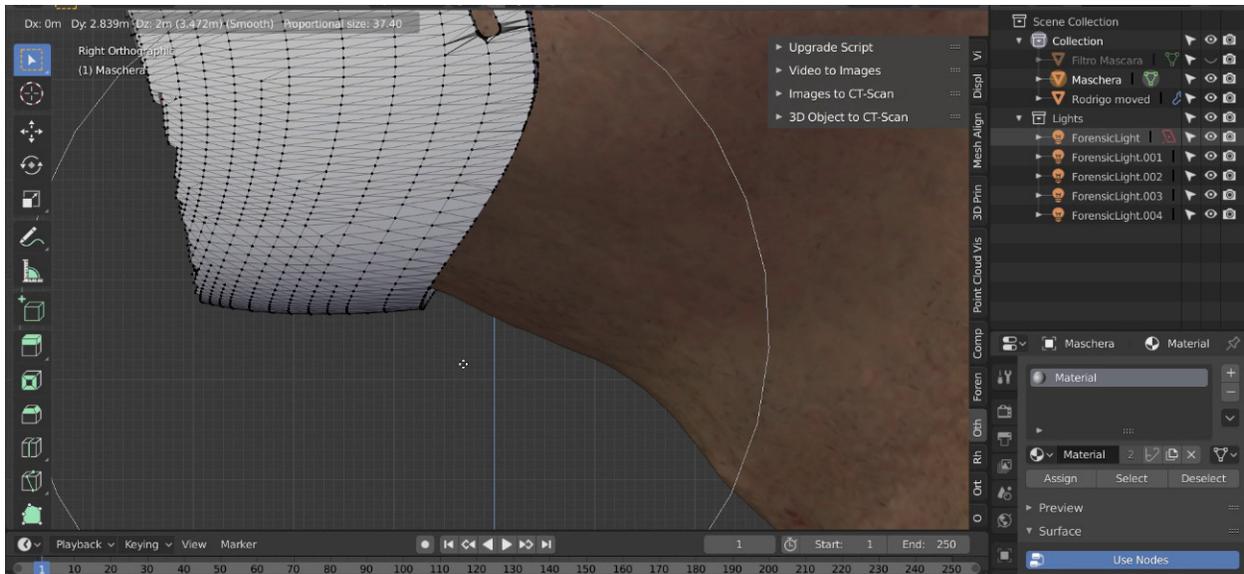


Fig. 15: Deformação da malha com o Proportional Editing.

Após a modelagem, desfaz-se o comando **Alt + B** e poderá ser avaliado os ajustes ainda necessários. Na porção inferior da máscara, faremos uma ocultação da porção que não se quer deformar, selecionando-a e aplicando o comando H. (Fig. 13-15)

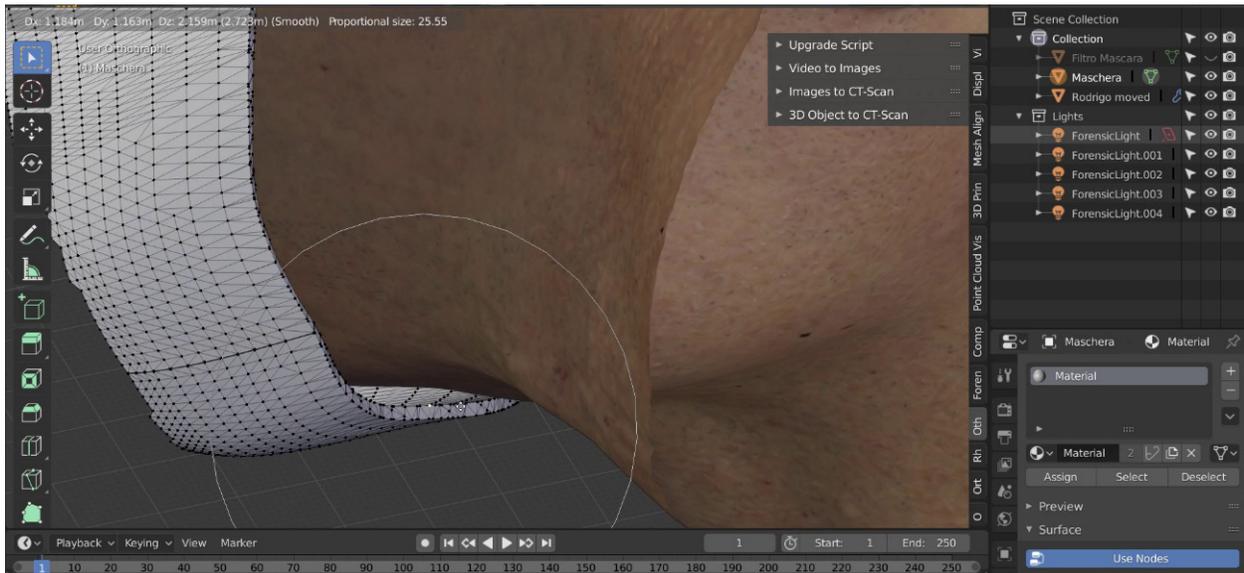


Fig. 16: Ajustando a parte inferior da máscara.

Detalhe da deformação para adequar a porção inferior da máscara (Fig. 16).

Sob a visão posterior, todo o contorno será revisado, para certificar-se que esteja adequado em relação ao trespasse da malha da face de forma uniforme (Fig. 17).

Agora a máscara e a tampa do filtro estarão prontas para serem exportadas em formato .stl e preparadas pelo software da impressora para serem impressas. (Fig. 18)

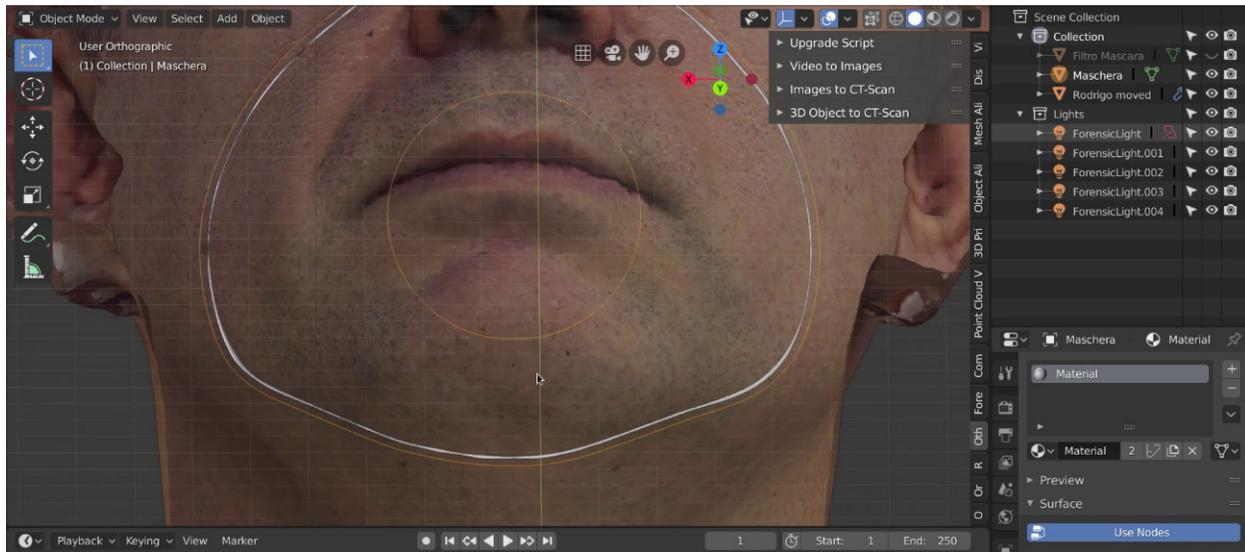


Fig. 17: Visualização interna.





Fig. 18: Prova de impressão 3D com encaixe mesmo sem os fixadores.

Para quem quiser acessar a videoaula liberada com o conteúdo descrito neste material: [Clique aqui](#)⁴².

Para baixar o STL da máscara: [Clique aqui](#)⁴³.

⁴² <https://ead.ortogonline.com/lesson/demo/97/>

⁴³ https://www.dropbox.com/s/zgo8vsm1qj7r7x3/mashera_protettiva.zip?dl=0&fbclid=IwAR09Ux_rtwISsmR479Gbk2BmF4E0B6hxL_a57d0YLc2h89f-Etfk71VC9kc

Como Criar um Pendrive Bootável do Linux 3DCS

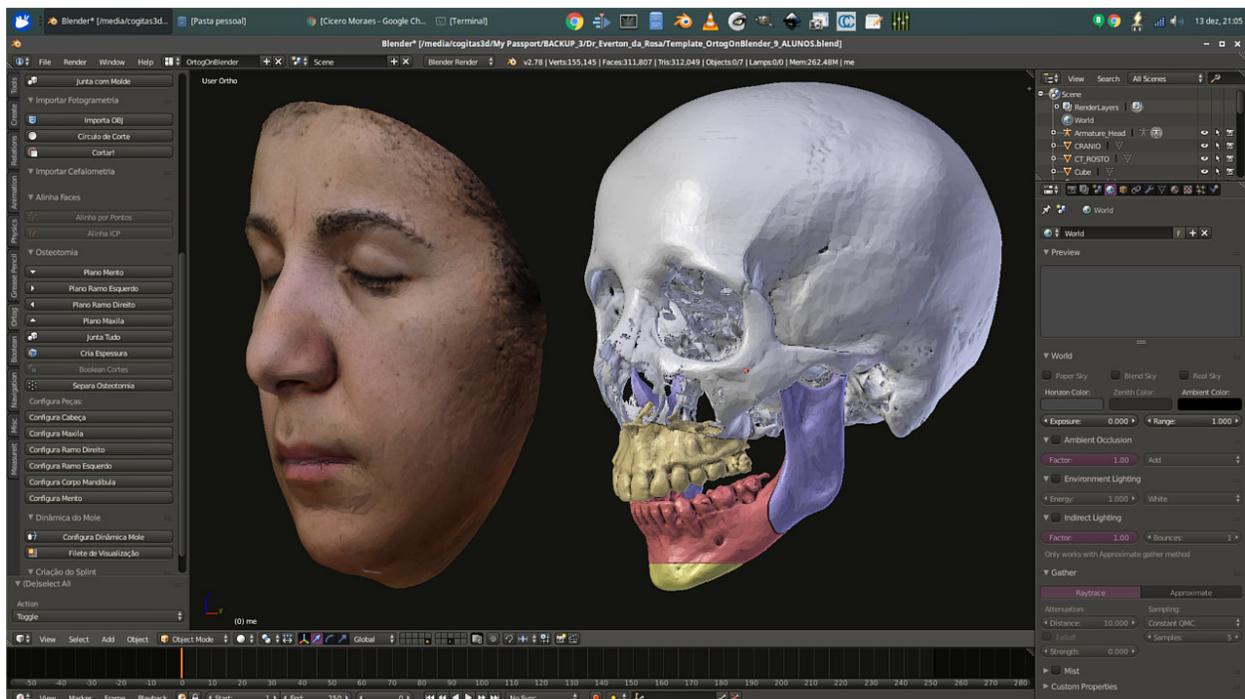


Fig. 1: Captura de tela do Linux 3DCS.

Aviso: Caso você pretenda usar o Linux 3DCS em produção é altamente recomendado que a clonagem seja feita em um dispositivo SSD, evitando assim os constantes travamentos por conta do fluxo de dados bastante limitado dos pendrives. O que é um dispositivo SSD? [Leia aqui](#)⁴⁴

O Linux 3DCS, como o próprio nome diz, é um Linux baseado no Ubuntu netinstall que pode ser clonado ("instalado") em um pendrive a partir de um arquivo de imagem ISO disponível para download na internet.

O sistema traz consigo todo um ambiente de trabalho configurado para o uso do OrtoOnBlender e demais add-ons, dispensando ao usuário o trabalho de instalar o conjunto de ferramentas, além de contar com importantes softwares como o Slicer, Gimp, MeshLab e afins.

⁴⁴ <https://www.tecmundo.com.br/memoria/202-o-que-e-ssd-.htm>

Desenvolvido pelo designer Cicero Moraes, foi criado para servir como ferramenta de trabalho portátil, já que o pendrive pode ser plugado em um grande número de computadores e notebooks e funcionar como se estivesse instalado no mesmo.

Ele também serve como um recurso para usuários que, por algum motivo, não consigam rodar o OrtogOnBlender nos seus computadores de modo nativo.

17.1 Baixando, Descompactando a Imagem ISO e Formatando o Pendrive

A primeira coisa a fazer para criar o seu pendrive bootável é adquirir um dispositivo de, no mínimo, 16 GB de espaço. Nem todos os pendrives funcionam bem como discos de arranque, a recomendação do desenvolvedor é utilizar a marca SanDisk, modelo "Cruzer Blade 16GB".

Uma vez que o dispositivo esteja disponível, é o momento de baixar a imagem compactada no seguinte link:

<http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/Linux3DCS/Linux3DCS.7z>

O arquivo tem mais de 5 GB, então pode ser que demore um pouco para baixá-lo. O uso de um gerenciador de downloads é imprescindível para essa tarefa.

Muita gente desconhece o formato .7z, mas muitos softwares de compressão oferecem a opção de descompactá-lo, se porventura o seu software não fornecer essa possibilidade, você poderá escolher a versão do seu sistema e baixá-lo aqui:

<https://www.7-zip.org/download.html>

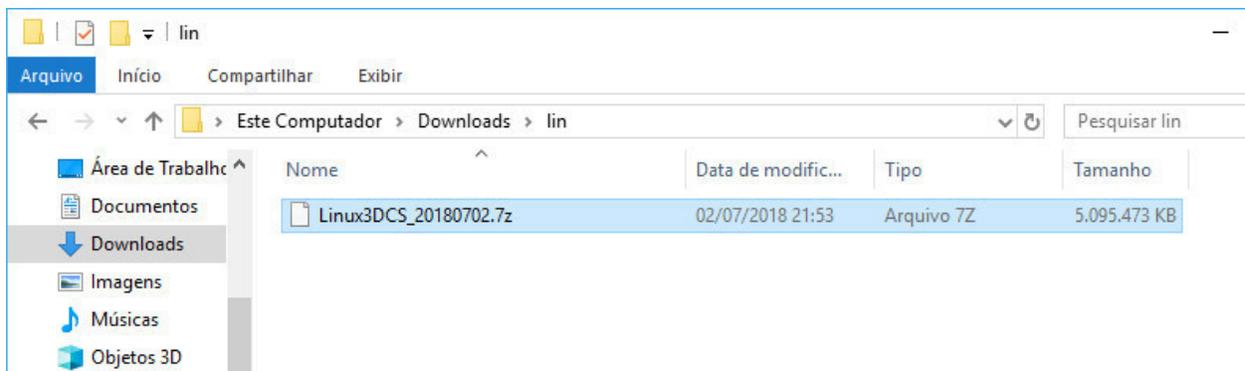


Fig. 2: Arquivo baixado sendo visualizado no Windows Explorer.

Depois de baixado é necessário descompactar o arquivo .7z. Para este material vamos utilizar como exemplo de passo-a-passo o sistema operacional Windows 10 de 64 bit, mas os comandos são muito semelhantes no Mac OS X e no Linux.

Se o 7-zip foi instalado no seu sistema, basta clicar sobre o arquivo com o botão direito do mouse e selecionar a opção **"7-Zip" -> "Extrair Aqui"** (Fig. 3).

O processo de descompactação será iniciado, mas devemos lembrar que se tratam de mais de 5 GB de dados. Em um notebook com o processador i5 da Intel, o tempo de descompactação foi de 20 minutos (Fig. 4).

Para assegurar que tudo funcione bem, plugue o pendrive e formate-o (Fig. 5).

Se desejar pode nomear a unidade, neste caso o nome escolhido foi LINUX (Fig. 6).

Nunca é tarde para lembrar que TODOS os dados presentes no pendrive serão apagados (Fig. 7).

Depois de pouco tempo o pendrive estará formatado e pronto para receber a imagem do Linux 3DCS (Fig. 8).

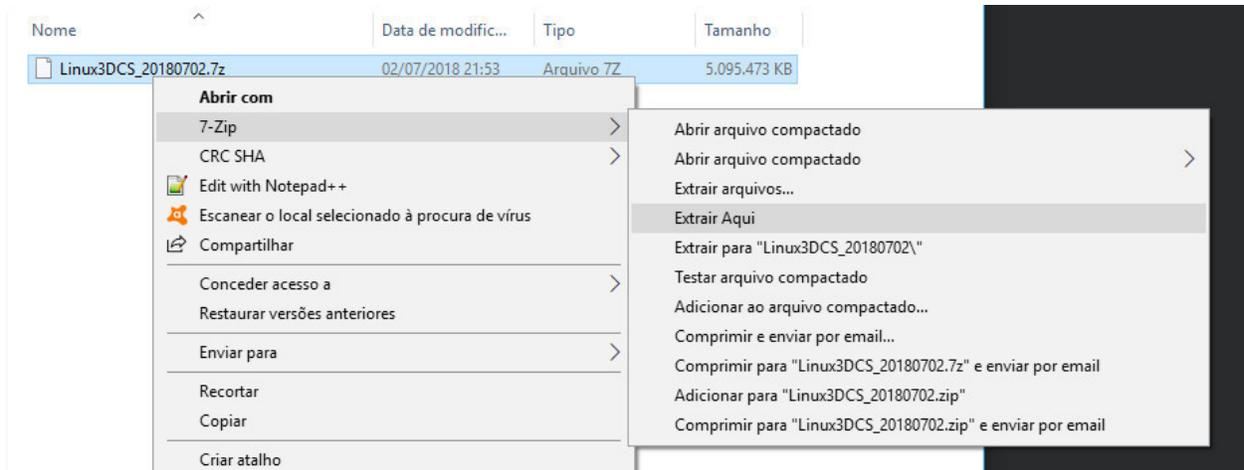


Fig. 3: Menu apresentado ao clicar com o botão direito do mouse sobre o arquivo baixado.

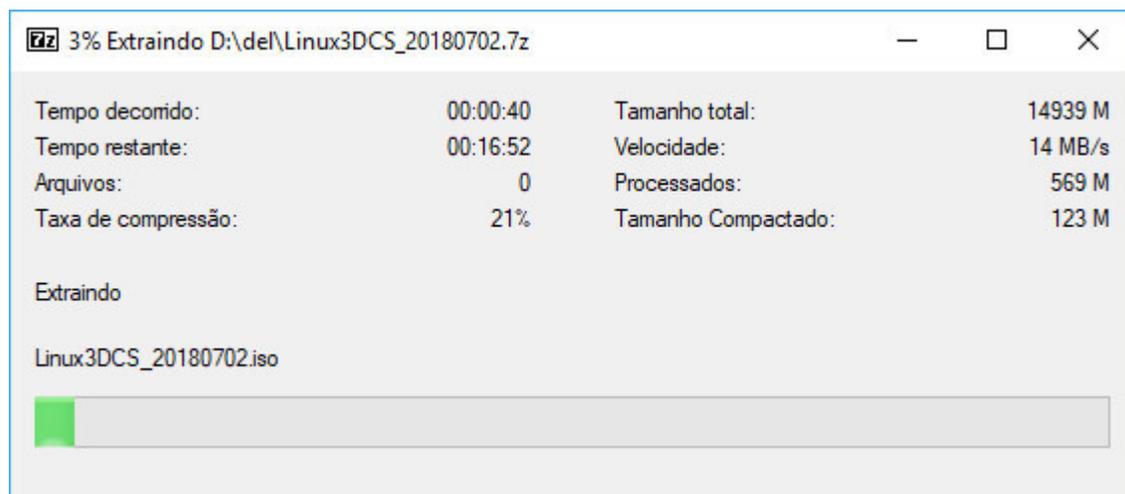


Fig. 4: Arquivo sendo extraído.

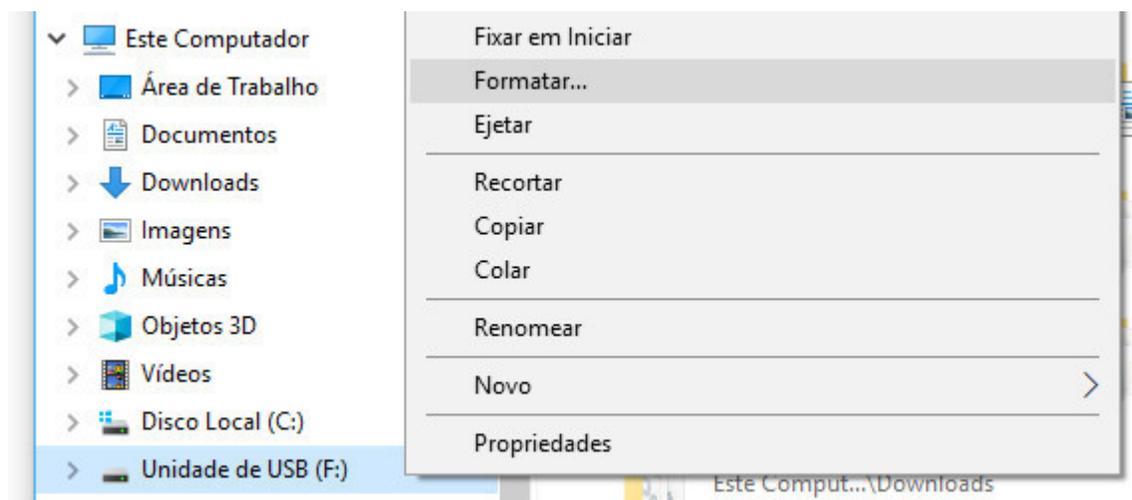


Fig. 5: Selecionando disco para ser formatado.

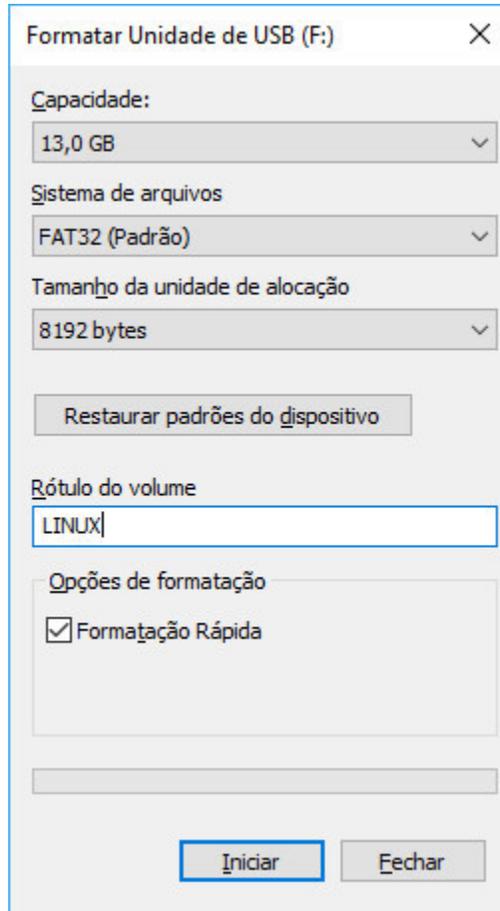


Fig. 6: Colocando nome na unidade.

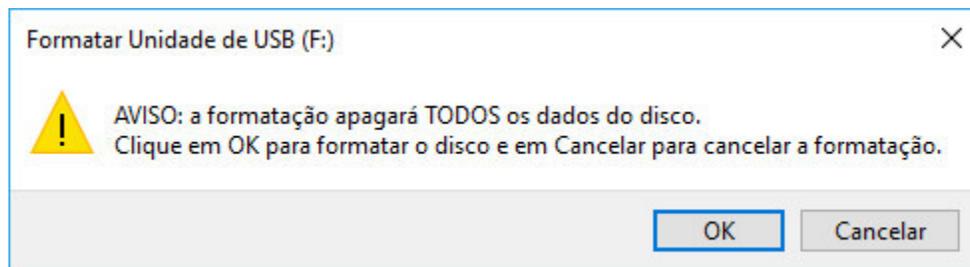


Fig. 7: Aviso de formatação.

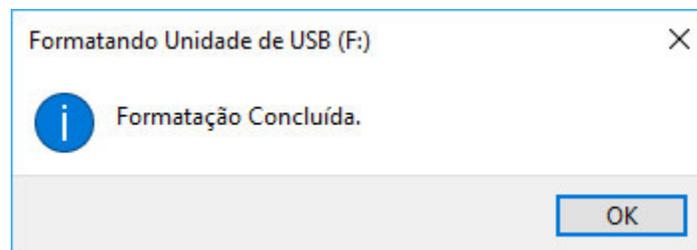


Fig. 8: Aviso de formatação concluída.

17.2 Clonando o Linux 3DCS no Pendrive

Clonar dispositivos é algo comum na vida de quem precisa fazer backups e recuperações, mas pode soar como um assunto de outro mundo para aqueles que não estão familiarizados com o conceito.

Muita gente se pergunta qual a diferença entre clonar e copiar. No caso do Linux 3DCS a clonagem é necessária porque o sistema depende de uma estrutura de arquivos e partições, além de setores primários, de boot e uma série de coisas que dariam muito trabalho para um usuário, mesmo experiente, executar. Não bastaria apenas copiar os dados para o dispositivo, plugá-lo e esperar que o sistema arrancasse.

Felizmente, existe uma ferramenta de clonagem que permite que portemos uma imagem ISO diretamente para o pendrive, sem a necessidade de muito conhecimento por parte do usuário.

Trata-se do **Etcher** e o mesmo pode ser baixado na versão do seu sistema operacional neste link: <https://etcher.io/>

Nome	Data de modific...
Etcher-Setup-1.4.4-x64	03/07/2018 12:55

Fig. 9: Executável de instalação do Etcher.

Para iniciar a instalação, dê um duplo clique sobre o executável baixado (Fig. 9).

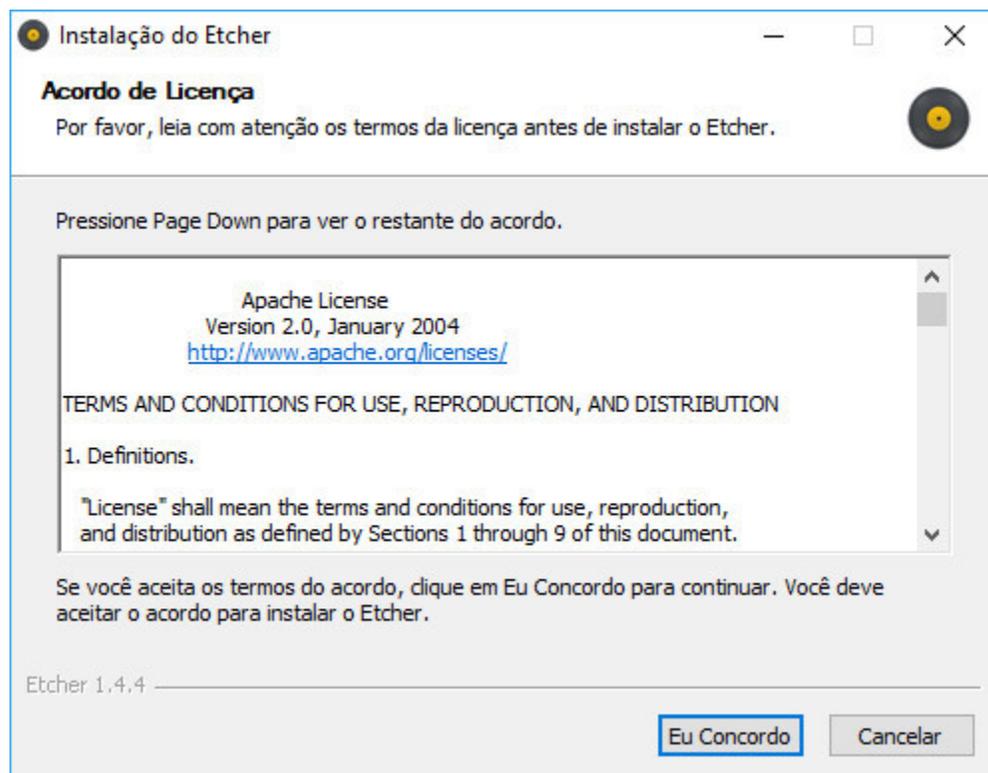


Fig. 10: Acordo de licença do Etcher.

Em seguida clique em **“Eu Concordo”** (Fig. 10).

E aguarde até que a instalação seja concluída (Fig. 11).

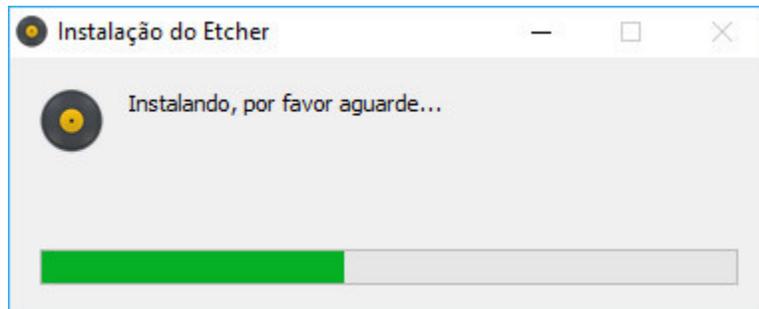


Fig. 11: Instalação em andamento.

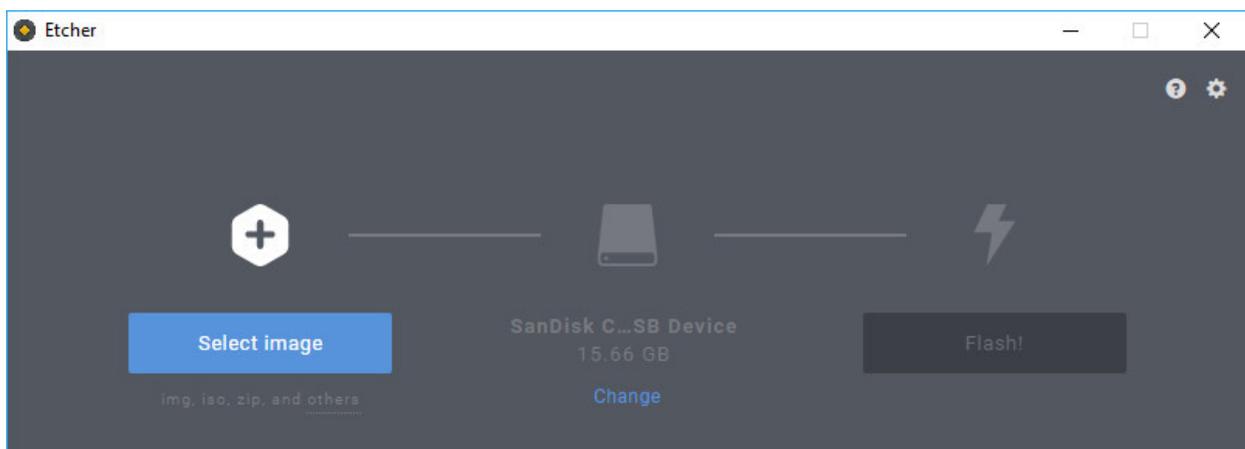


Fig. 12: Seletor de imagem.

Ao abrir o Etcher e clique em **"Select Image"** (Fig. 12).

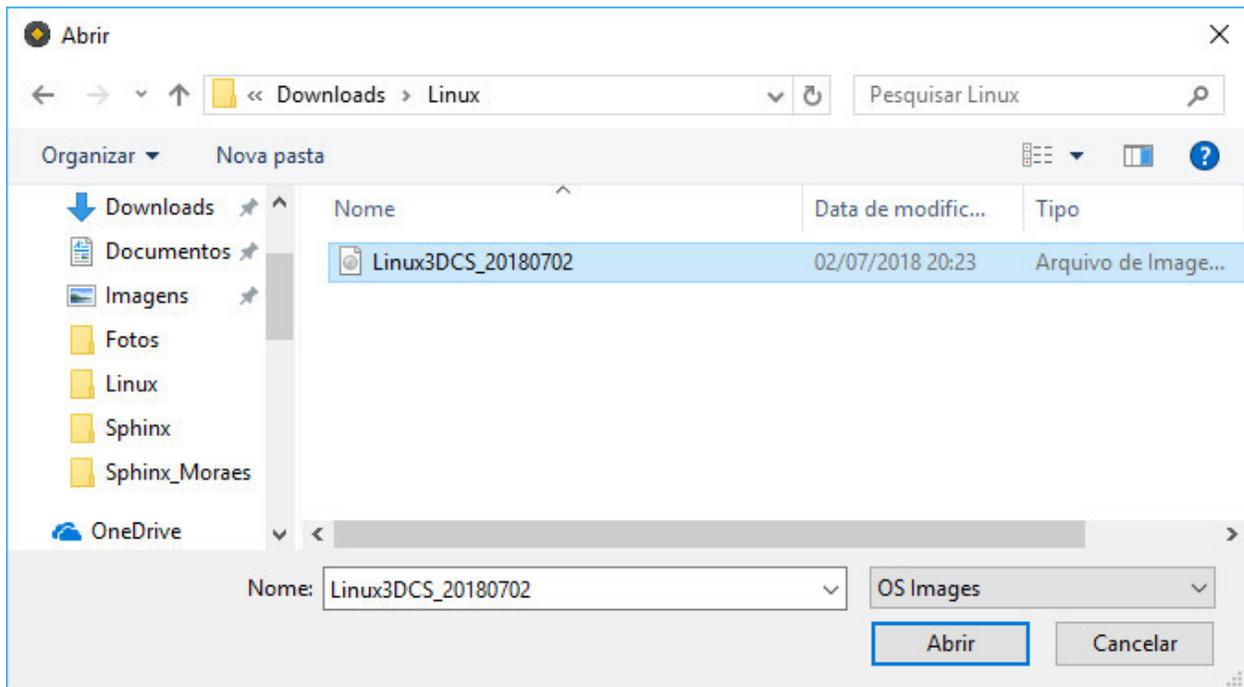


Fig. 13: Selecionando a imagem do Linux 3DCS.

Informe a localização do arquivo ISO descompactado anteriormente (Fig. 13).

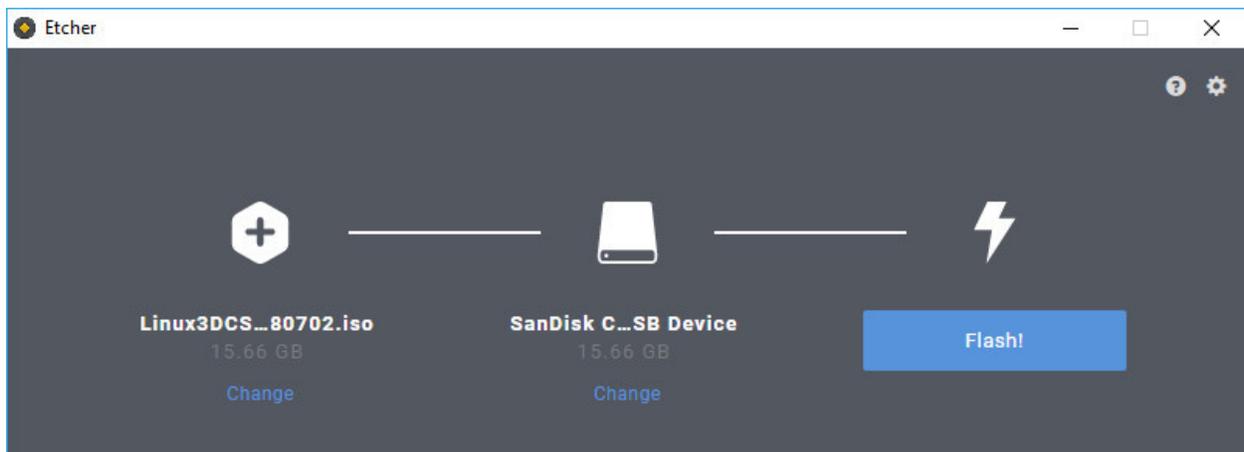


Fig. 14: Parâmetros de clonagem no Etcher.

Clique em **"Flash!"** para iniciar o processo de clonagem (Fig. 14).

O sistema solicitará uma permissão para proceder com o comando, clique em **"Sim"**.

O botão então informará o andamento do processo e apresentará a porcentagem de conclusão do mesmo. Em um notebook com o processador i5 da Intel o processo demorou uma hora.

Após a conclusão a validação é iniciada (Fig. 18).

É possível que durante o processo a tela da figura 19 (Fig. 19) seja apresentada, você deve **IGNORAR**, fechando a janela!

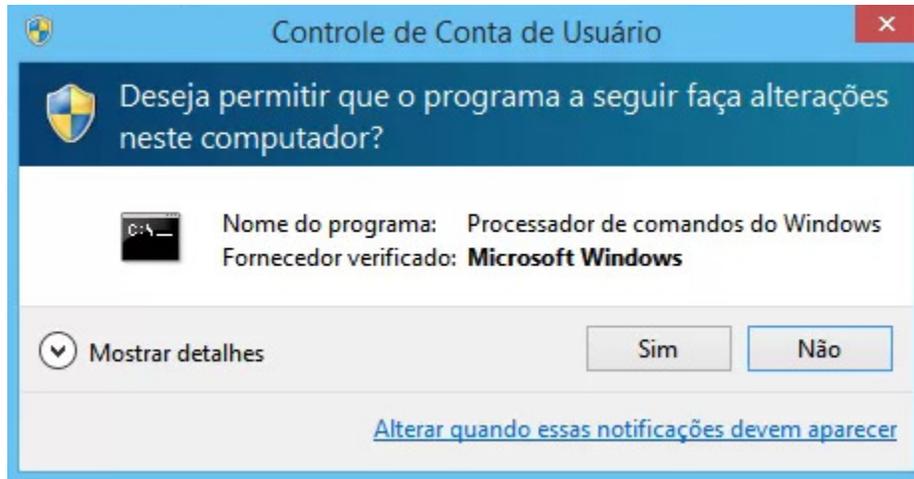


Fig. 15: Permissão de instalação.

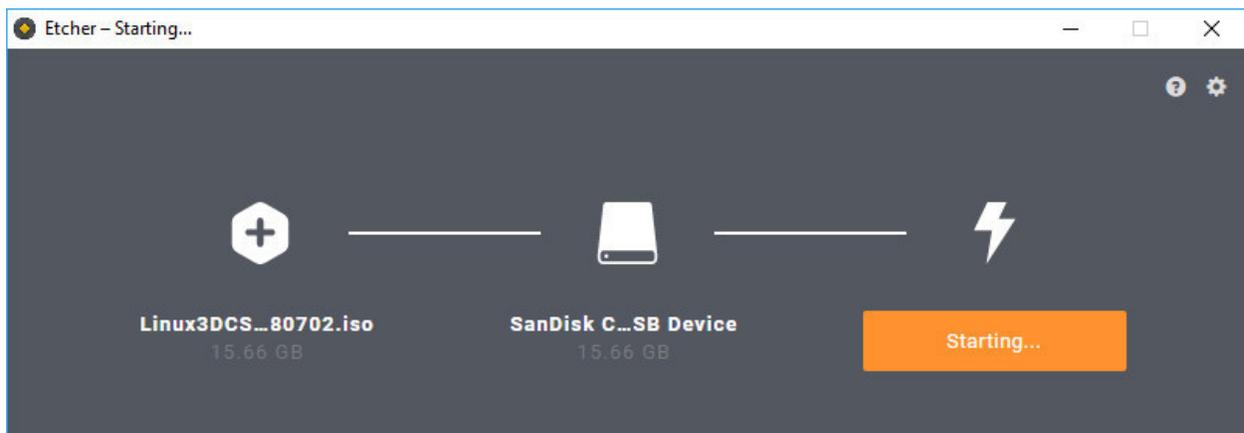


Fig. 16: Início da clonagem.



Fig. 17: Processo de clonagem da imagem em 9%.



Fig. 18: Validação da clonagem.

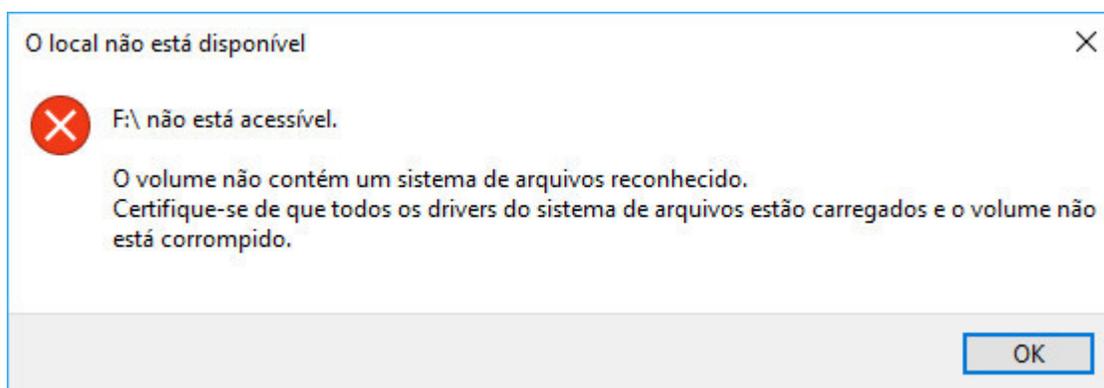


Fig. 19: Tela de aviso após a validação da clonagem.

Aviso: Muita atenção, **NÃO** clique em OK!

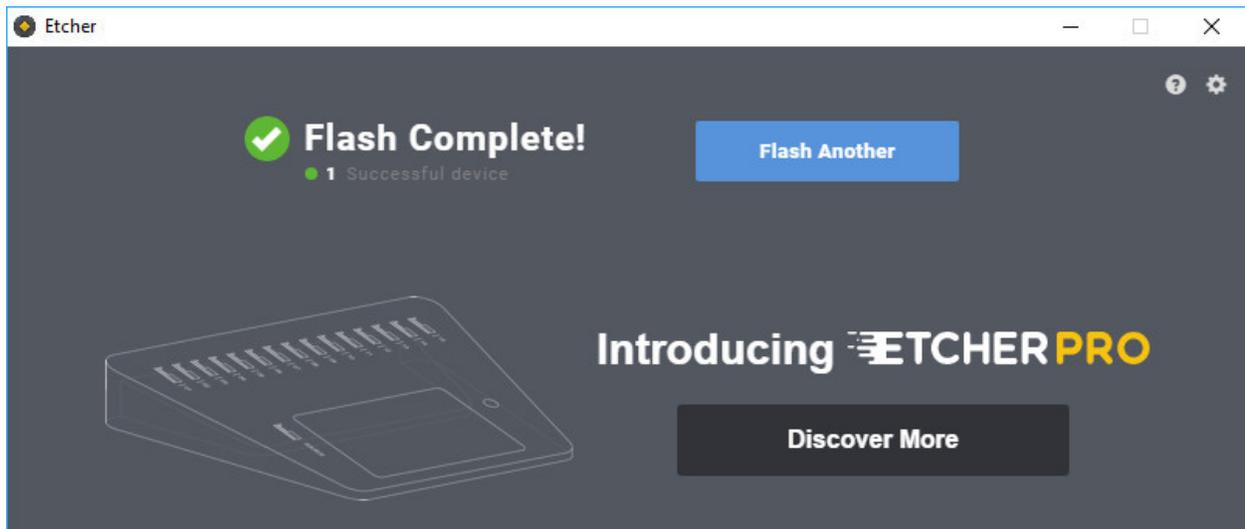


Fig. 20: Tela de tarefa concluída.

Se tudo der certo a tela da figura 20 (Fig. 20) será apresentada, atestando o sucesso da operação.

17.3 Configurando a BIOS para dar Boot pelo Pendrive

Basicamente, para fazer o Linux arrancar do pendrive, você precisa entrar na BIOS e informar ao sistema que o boot deve ser feito por um dispositivo USB.

Muitos notebooks e placas mãe estão configuradas para arrancar por UEFI, essa opção impossibilita o boot pelo USB, então será necessário colocar o boot em Legacy Support para que o Linux 3DCS possa iniciar.

Existem muitas formas de acessar a BIOS, a mais conhecida é, ao ligar o computador, pressionar repetidas vezes a tecla **DEL**, mas isso pode variar de modelo para modelo, sendo em alguns casos as teclas: **F2, F8, F10, F12**, etc.

Além das diferenças de tecla, as interfaces variam bastante, algumas são programadas em modo texto e outras com interface gráfica. Mas, no geral o conceito é mais ou menos o mesmo.

Segue vídeo exemplo de configuração em um notebook Lenovo: <https://www.youtube.com/embed/1sWjmBSPcN4>

Importante: Por se tratar de um arquivo grande, nem sempre o Linux 3DCS conta com a última versão do OrtogOnBlender. É expressamente recomendado que você instale e atualize a última versão, seguindo o tutorial *Instalação do OrtogOnBlender no Linux*.

17.4 Agradecimentos

Ao Dr. Adriano Rocha Campos, não apenas pela preciosa dica relacionada ao Etcher, bem como pelos experimentos no Mac OS X. Muito obrigado!

Como Instalar o Linux3DCS em um SSD Externo

Ter o Linux3DCS rodando em um pendrive pode ser uma saída muito prática para resolver problemas de lentidão com o OrtoGOnBlender no Windows e no Mac OS X, no entanto, esse *hardware* costuma ser muito lento em relação a um HD e quase sempre apresenta travamento durante o uso.

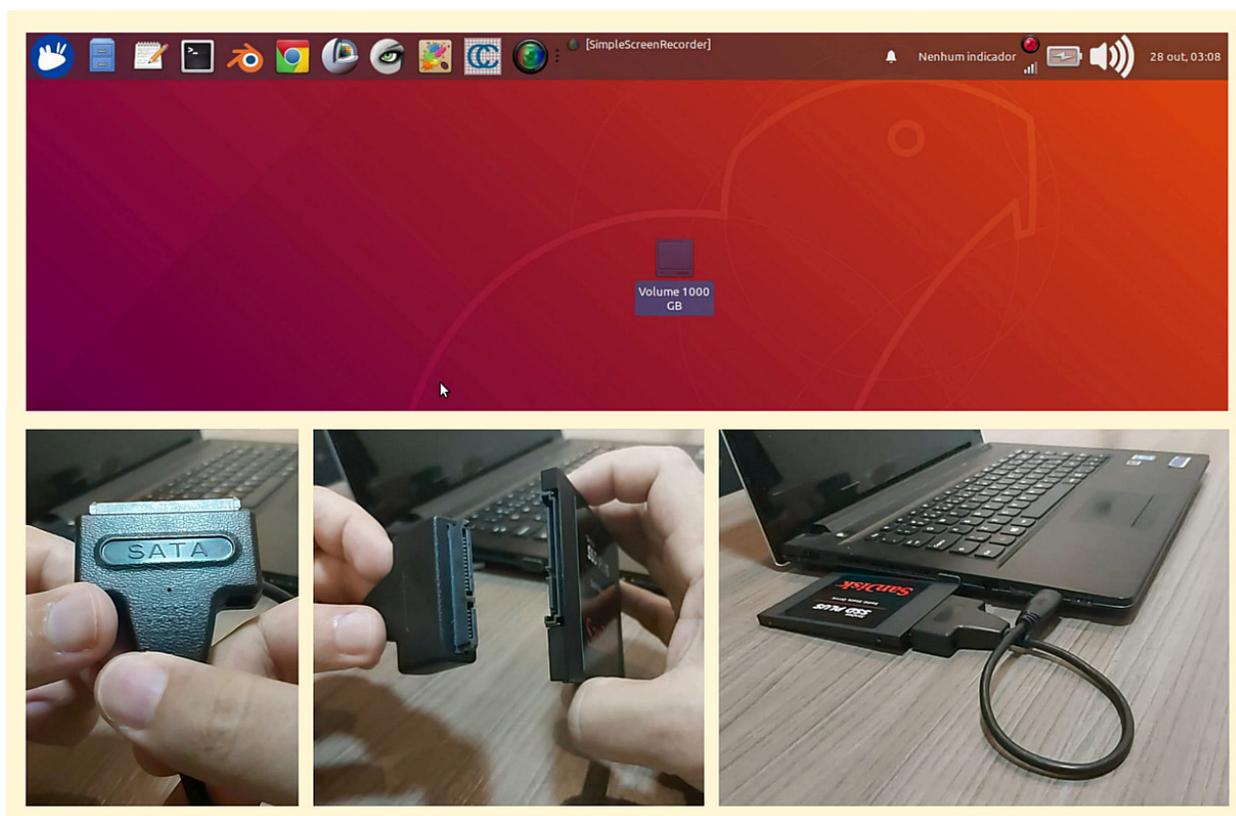


Fig. 1: Linux3DCS rodando em um SSD externo.

A maioria dos usuários que experimentam o Linux3DCS gostariam de instalá-lo em um HD, mas devido a complexidade aparente do processo acabam por desistir, mantendo uma versão mais lenta mesmo assim.

Neste tutorial o usuário aprenderá como instalar o Linux3DCS em um disco SSD externo e poder lançar mão de todas as ferramentas presentes, bem como a rapidez e leveza características deste sistema.

18.1 Instalando os Programas Necessários

O que foi chamado de instalação é na verdade uma clonagem. Será necessário baixar um arquivo de imagem, que grosso modo, é um arquivo que armazena os dados de como um sistema instalado deve estar estruturado em um disco, seja ele um pendrive, um SSD ou o clássico HD.

Como a imagem é muito grande, com cerca de 15 gigabyte, foi necessário compactá-la, mas com um sistema mais robusto que o .zip, neste caso foi utilizado o .7z ou 7zip. Esse formato não é descompactável nativamente pelo Windows, sendo assim é indispensável baixar e instalar o *software* que fará isso.

Para baixar (e instalar) o descompactador clique no seguinte link: <https://www.7-zip.org/download.html>

Agora é o momento de instalar o Etcher, o software para clonagem da imagem. Ele pode ser encontrado aqui: <https://www.balena.io/etcher/>

Ambos os programas estão disponíveis para o Windows, Mac OS X e o Linux. Caso deseje seguir o passo-a-passo da instalação dos dois acesse (online ou pelo índice geral): *Baixando, Descompactando a Imagem ISO e Formatando o Pendrive*.

Depois de baixados e instalados os *softwares*, é o momento de fazer o *download* da imagem do sistema: <http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/Linux3DCS/Linux3DCS.7z>

18.2 Preparando o SSD

Para seguir esse tutorial o usuário precisará adquirir um SSD de 120 GB (ou mais) e um **cabo conversor USB 3.0 SATA 22 Pin SSD**.

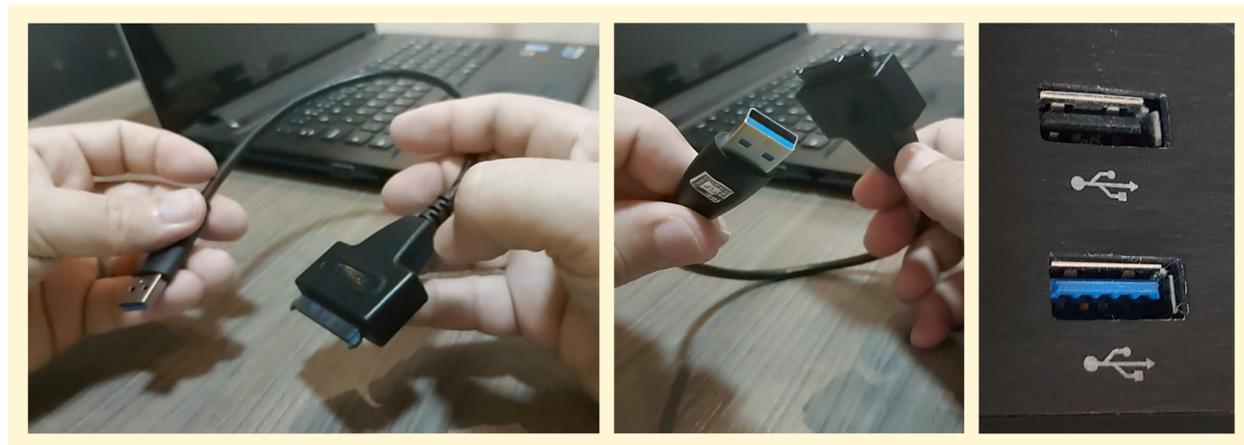


Fig. 2: Conexão com o SATA e posteriormente o USB.

O sistema funcionará muito mais rápido se a máquina onde ele for clonado contar com uma entrada USB 3.0. Para saber se o seu computador conta com ela verifique a legenda ou, se a entrada é azul como aparece nas imagens (Fig. 2).

É muito simples conectar o cabo ao dispositivo SSD e na entrada USB (Fig. 3). Depois de feito isso é chegado o momento da clonagem. Antes de tudo, é fortemente recomendado que o dispositivo seja formatado. Para tal, siga as instruções também descritas aqui (acesse pelo link ou pelo índice geral): *Baixando, Descompactando a Imagem ISO e Formatando o Pendrive*.



Fig. 3: Cabo conversor USB 3.0 SATA 22 Pin SSD e entrada USB 3.0 (à direita em azul).

18.3 Clonando o Linux3DCS no SSD

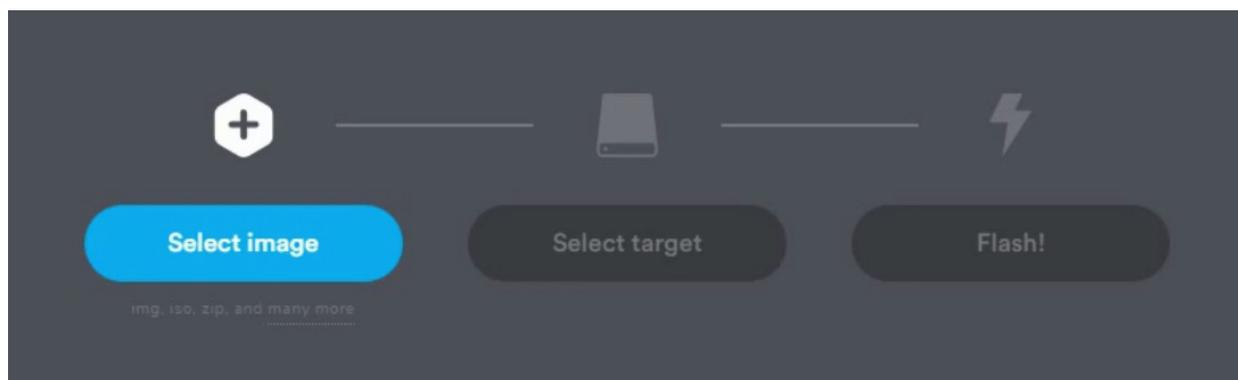


Fig. 4: Seleção da imagem do sistema no Etcher.

Primeiro é necessário abrir o Etcher. Em seguida clicar na opção **Select Image** (Fig. 4).

Depois selecionar a imagem (arquivo .ISO) e clicar em **Abrir** (Fig. 5).

Agora é necessário selecionar o alvo, ou seja, o dispositivo que receberá os dados da clonagem. Para tal clica-se em **Select Target** (Fig. 6).

Assim que o botão é pressionado as opções de alvo são apresentadas. Como neste caso há apenas uma, o dispositivo **JMicron Generic** será a única opção disponível (Fig. 7).

Basta selecionar o alvo pretendido e clicar em **Continue** (Fig. 8).

Em seguida clicar em **Flash!** (Fig. 9).

O sistema vai advertir que o dispositivo é maior que o usual, isso acontece porque a maioria dos pendrives não chegam a 120 GB, como o SSD usado no exemplo. Para continuar com a clonagem basta clicar em **Continue** (Fig. 10).

A clonagem do dispositivo vai iniciar com a porcentagem do progresso sendo apresentada no lado direito (Fig. 11).

Assim que a clonagem for completada o Etcher faz um processo de validação da mesma (Fig. 12).

Se tudo der certo será apresentada a mensagem **Flash Complete!** (Fig. 13).

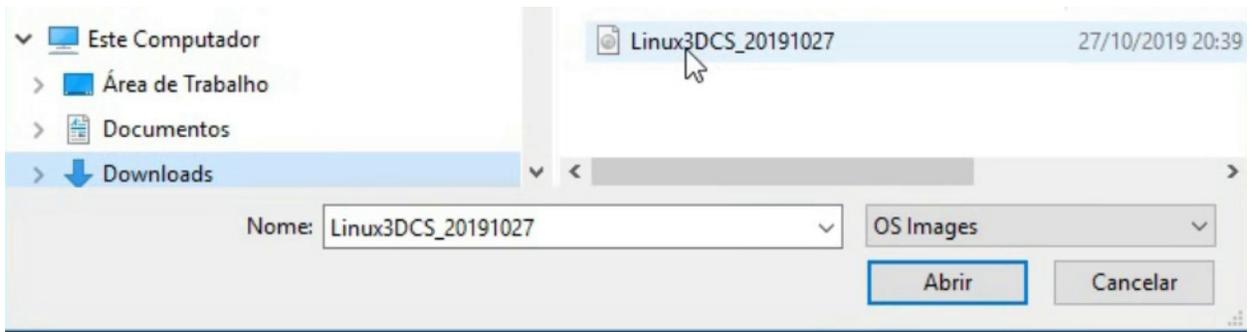


Fig. 5: Seleção do arquivo .ISO descompactado.

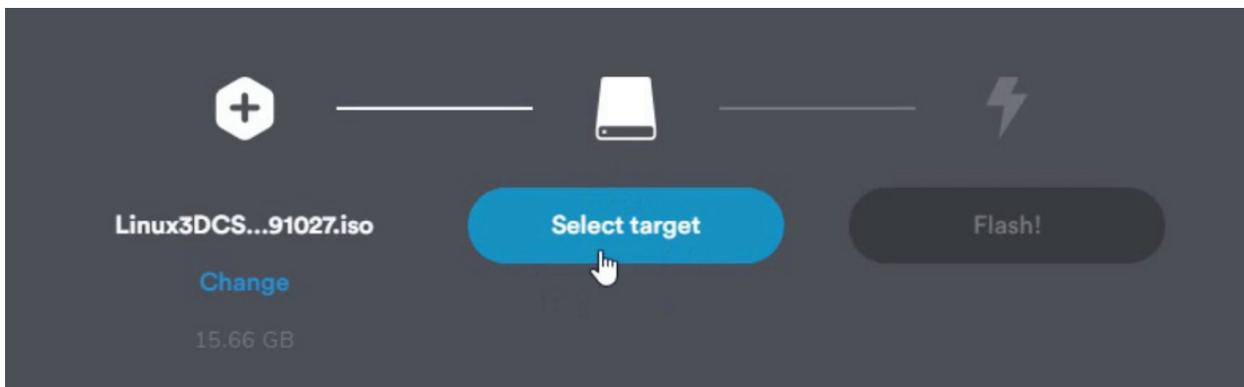


Fig. 6: Seleção do alvo no Etcher.

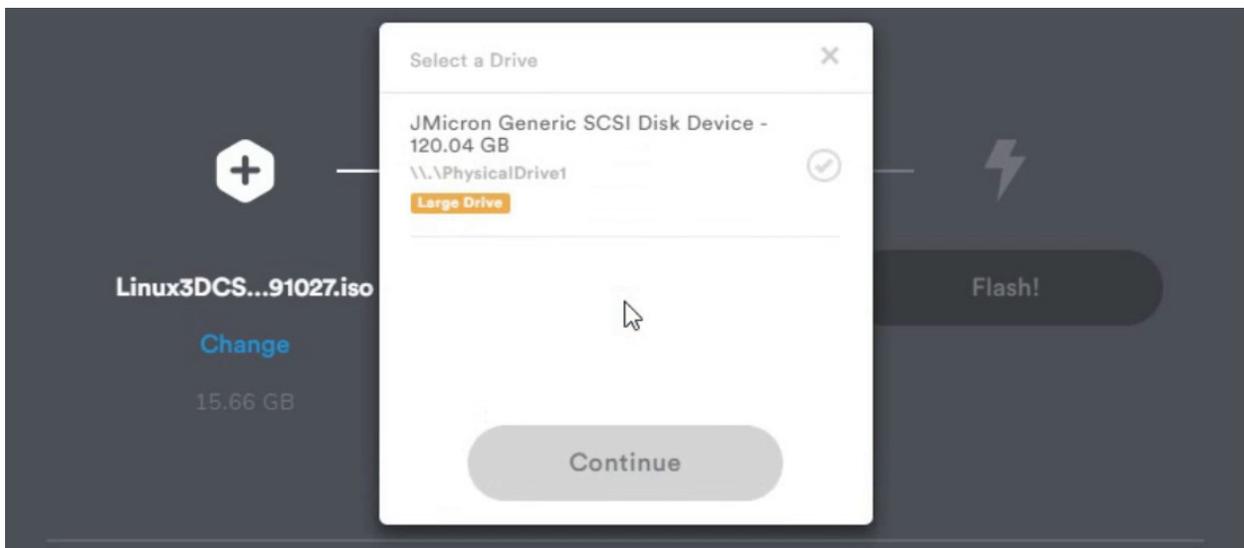


Fig. 7: Opções de alvo no Etcher.

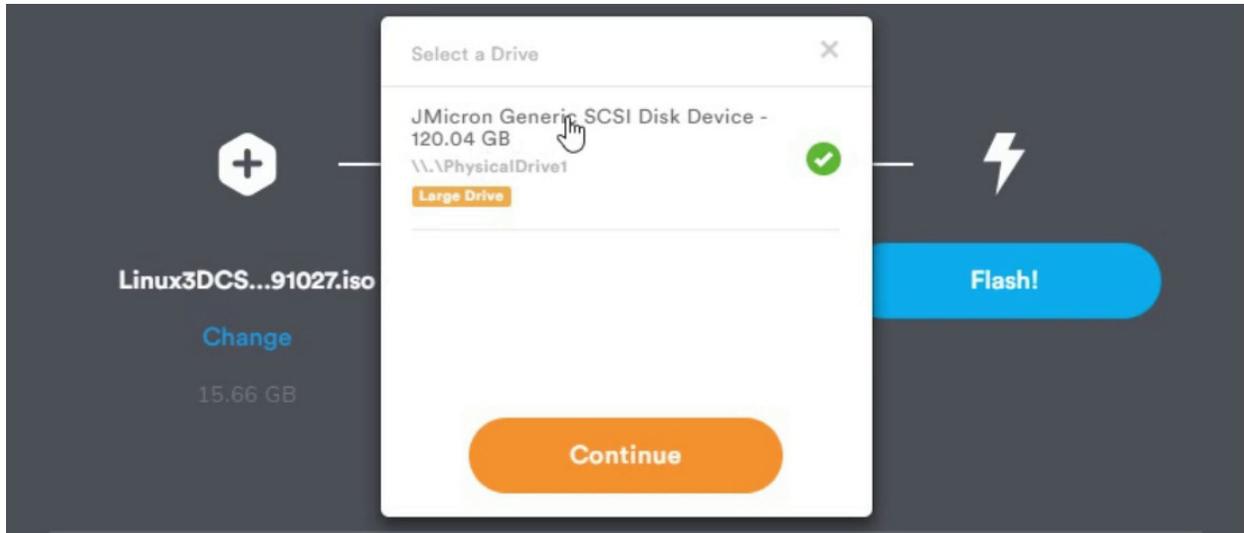


Fig. 8: Alvo selecionado no Etcher.



Fig. 9: Clonagem da imagem .ISO no Etcher.

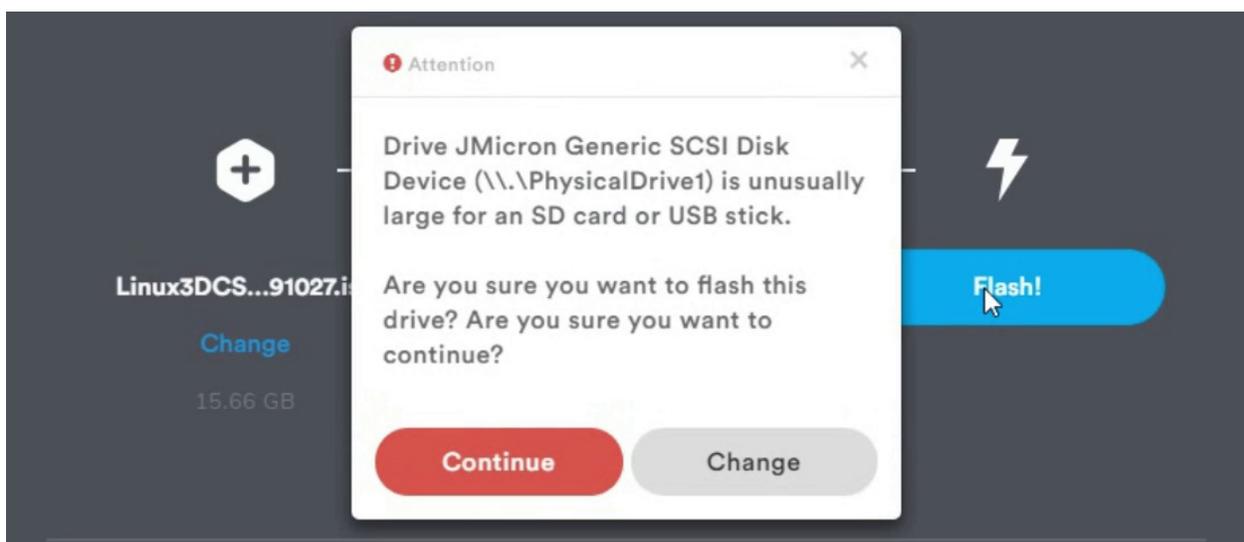


Fig. 10: Aviso de dimensão de dispositivo não usual no Etcher.

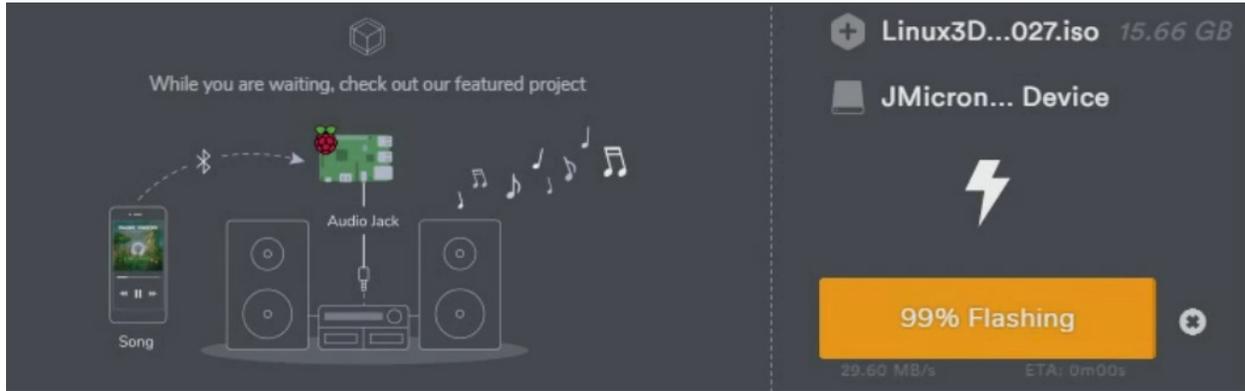


Fig. 11: Progresso da clonagem de dispositivo no Etcher.

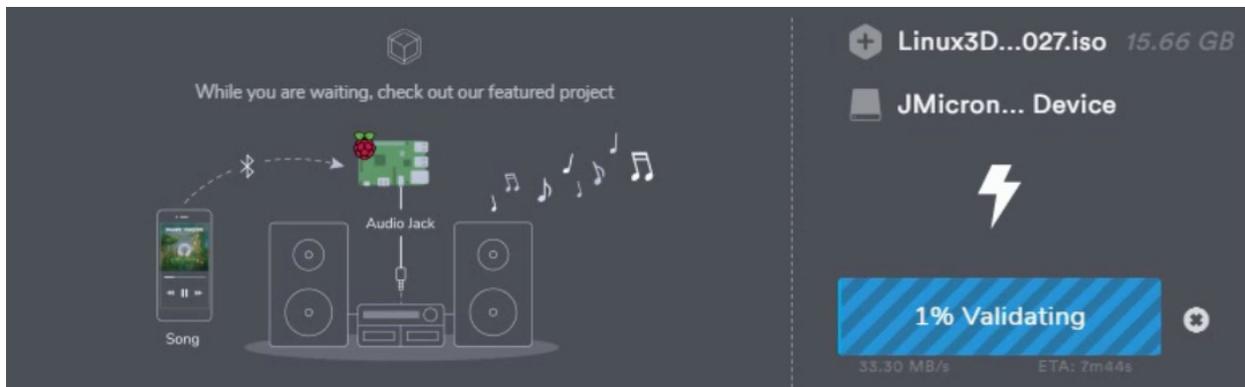


Fig. 12: Validação da clonagem no Etcher.

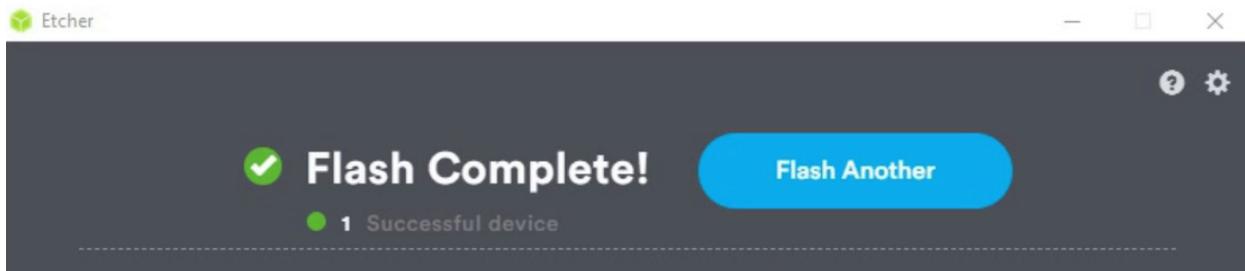


Fig. 13: Finalização da clonagem.

Aviso: Muita atenção, ignore qualquer aviso de erro de acesso ao dispositivo ou solicitação de formatação do mesmo assim que a clonagem for concluída!

18.4 Iniciando o Linux3DCS e Expandindo o Espaço em Disco

Agora que a imagem foi clonada no dispositivo é necessário configurar a “BIOS” (Setup Utility) do seu computador ou notebook para que o sistema arranque a partir do SSD clonado.

Isso é necessário porque na maioria das vezes o boot está configurado em **UEFI** e o Linux3DCS funciona com o **Legacy**. O sistema de configuração pode mudar muito de um computador para outro, apresentando opções que vão desde interfaces no estilo linha de comando até aqueles com interface gráfica sofisticada.

Um vídeo explicativo, com um destes sistemas pode ser encontrado aqui: <https://www.youtube.com/embed/1sWjmBSPcN4>

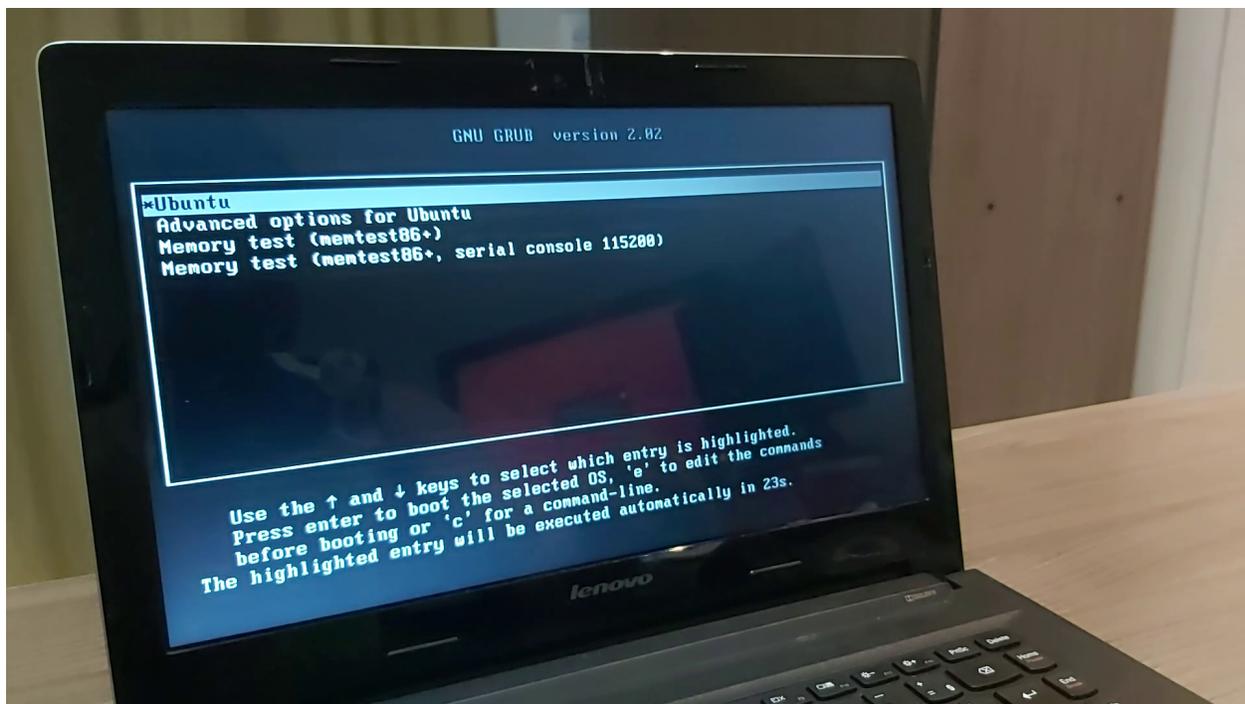


Fig. 14: Boot do sistema pós-clonagem e configuração da “BIOS”.

Se tudo der certo, depois de reiniciar o computador um menu de seleção será apresentado ao usuário (Fig. 14). A opção **Ubuntu** estará setada por padrão, o usuário pode aguardar ou clicar no **Enter** para iniciar o sistema.

Em pouco tempo o sistema será carregado (Fig. 15) a solicitará a senha do usuário: **3dcscomp**

Depois de informar a senha o usuário poderá clicar em **Iniciar Sessão**.

Após o *login* o *desktop* do sistema será apresentado ao usuário (Fig. 16).

Atenção: O sistema foi clonado a partir de uma imagem de 16 GB e o SSD cujo a clonagem foi o alvo tem 120 GB, sendo assim será necessário fazer um redimensionamento da partição, de modo que ela utilize todo o espaço vazio.

1. O usuário precisará clicar no ícone de iniciar (o porquinho da índia branco);

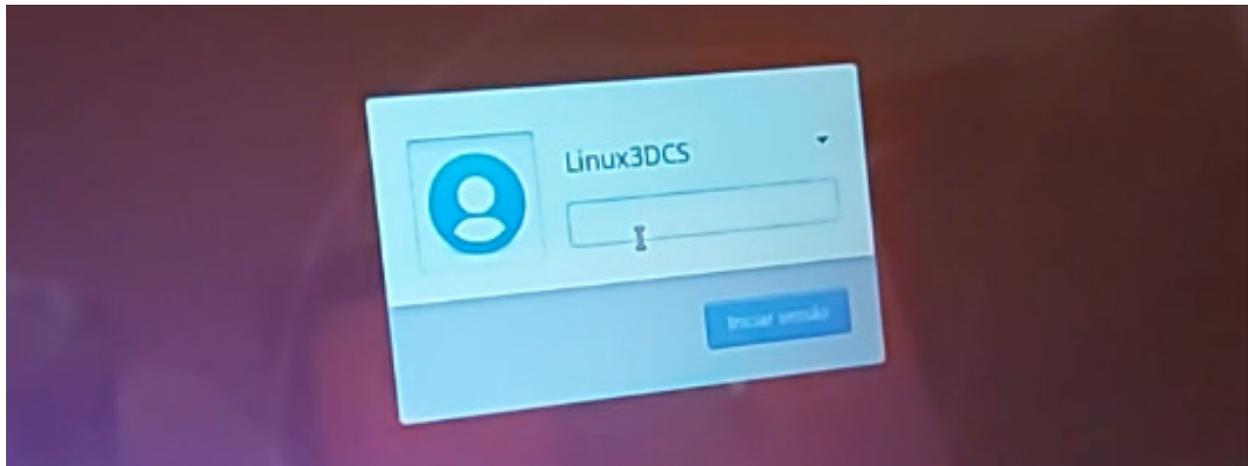


Fig. 15: Tela de *password* do Linux3DCS.

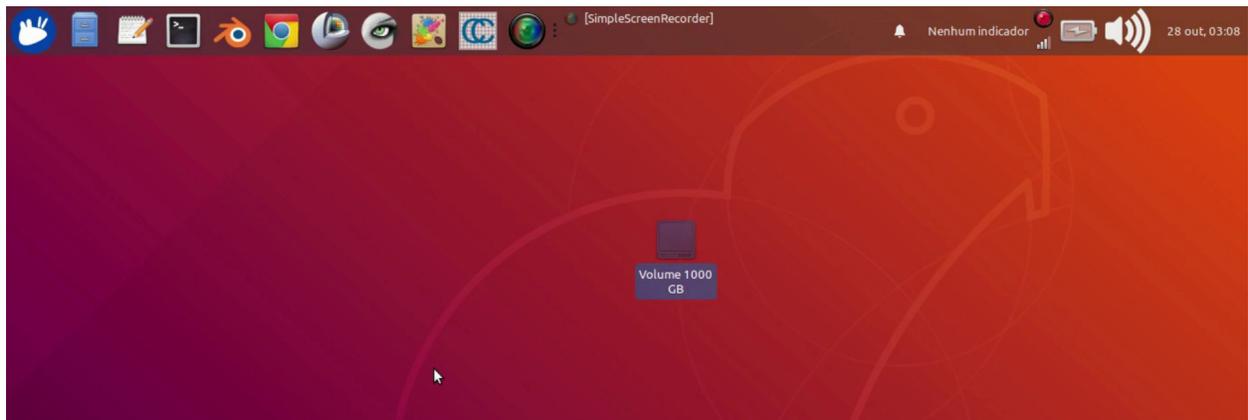


Fig. 16: Desktop do Linux3DCS.

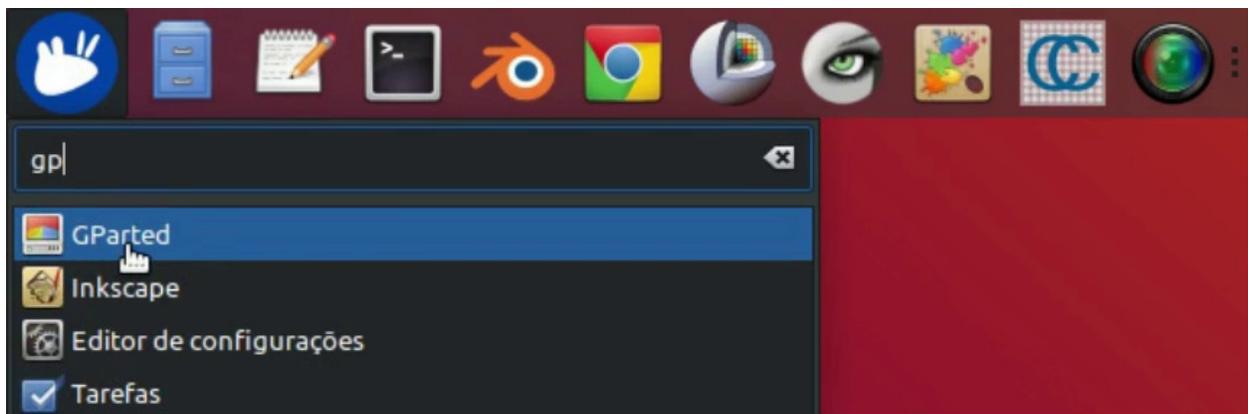


Fig. 17: Menu iniciar do Linux3DCS.

2. Assim que abrir a opção, digitar: **gp** (Fig. 17);
3. Em seguida clicar em **GParted**.

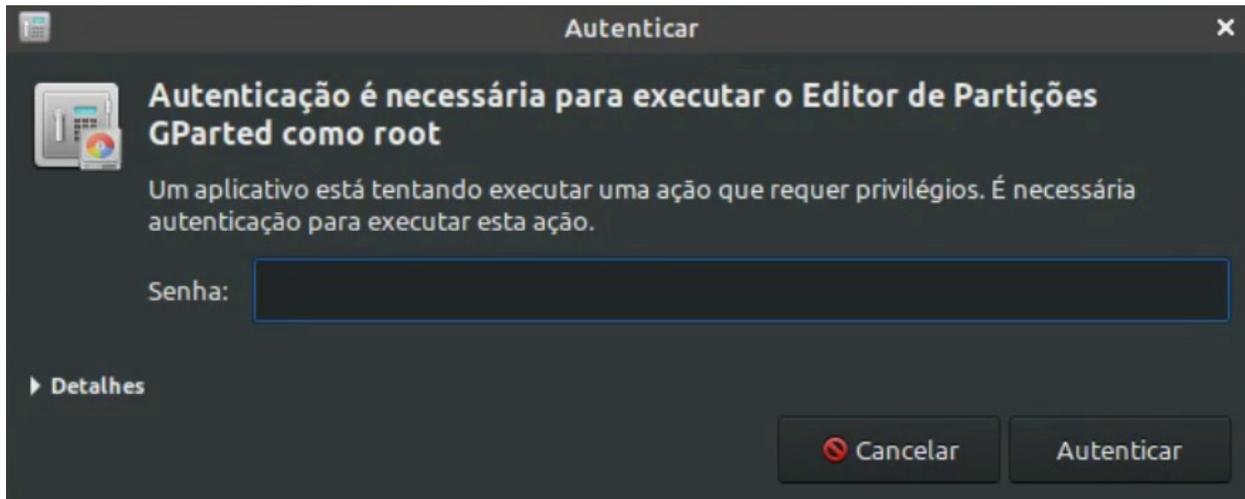


Fig. 18: Mensagem de autenticação necessária.

Por conta das alterações no disco, será necessário informar a senha de usuário: **3dcscmp**

E em seguida clicar em **Autenticar** (Fig. 18).



Fig. 19: GParted com as partições do HD do sistema (/dev/sda).

O GParted será aberto mostrando o disco principal do computador, o **/dev/sda**. Perceba que os sistemas de arquivos são o **ntfs** e o **fat32**, típicos do Windows.

Será necessário trocar o disco para o **/dev/sdb**, onde está o Linux 3DCS. Isso pode ser feito na parte direita superior (Fig. 19).

Agora é possível ver o que aconteceu com o sistema de arquivos depois da clonagem. Como o sistema clonado tem apenas 16 GB ficou uma porção **não alocada** de 97.21 GB (Fig. 20).

Será necessário redimensionar a partição principal, mas a partição com a memória *swap* não permite que isso seja feito, deste modo ela precisa ser apagada.

Antes de apagar a partição da memória *swap* (/dev/sda5) é necessário desativá-la, para tal:

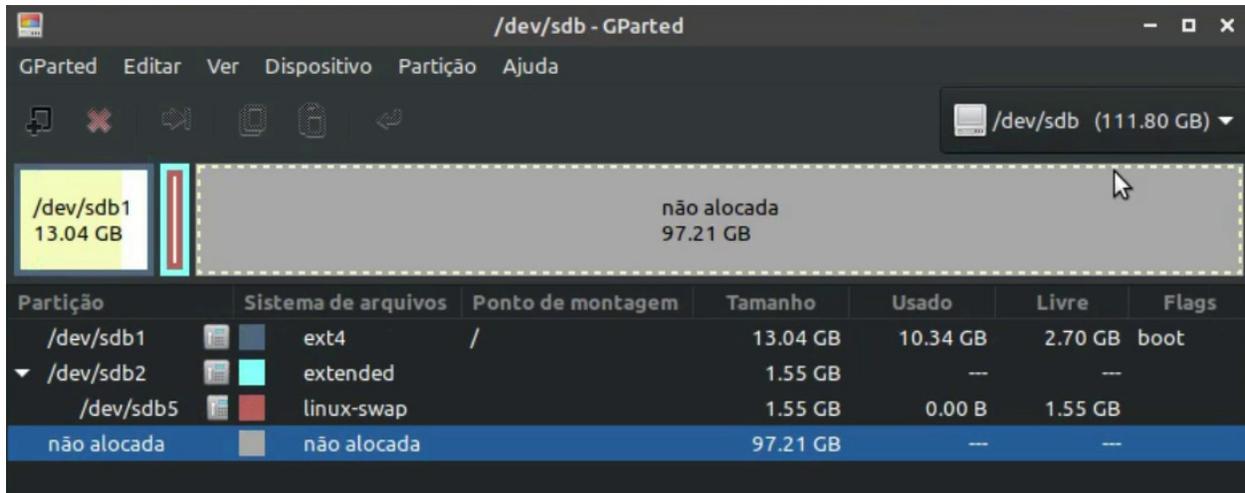


Fig. 20: GParted com as partições do SSD do Linux3DCS (/dev/sdb).

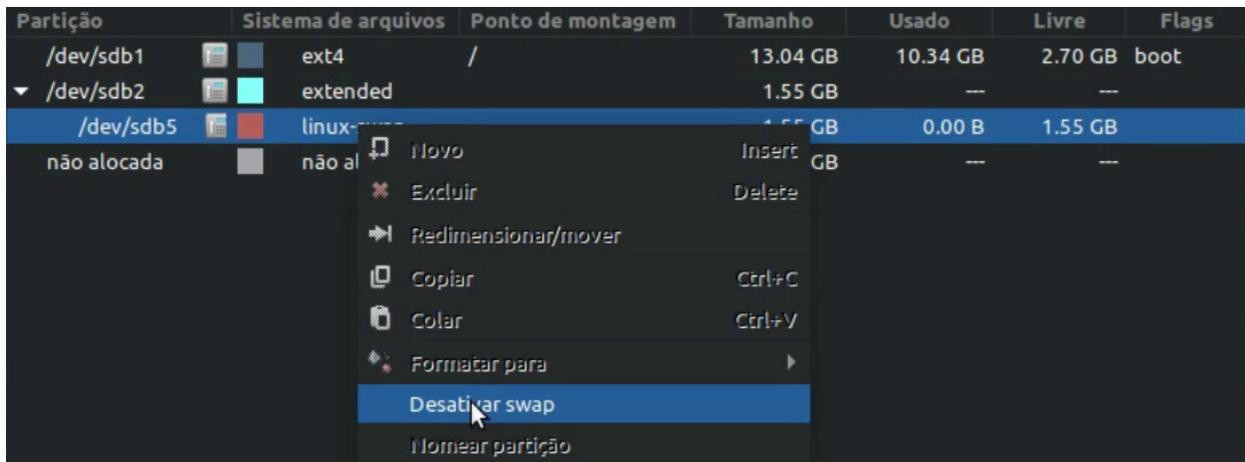


Fig. 21: Desativando a memória swap.

1. Clica-se sobre a linha **linux-swap** com o botão esquerdo do *mouse*;
2. Clica-se sobre o botão direito do *mouse* selecionando a opção **Desativar swap** (Fig. 21).

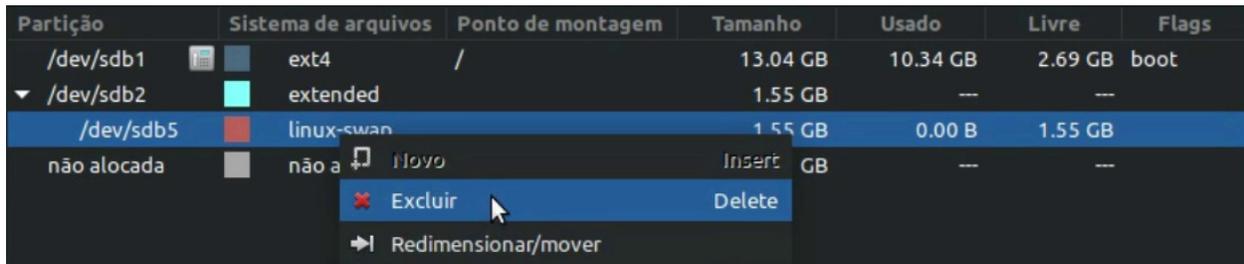


Fig. 22: Apagando a partição swap.

Para apagar a partição basta:

1. Clicar sobre a linha **linux-swap** com o botão esquerdo do *mouse*;
2. Clicar sobre o botão direito do *mouse* selecionando a opção **Excluir** (Fig. 22).

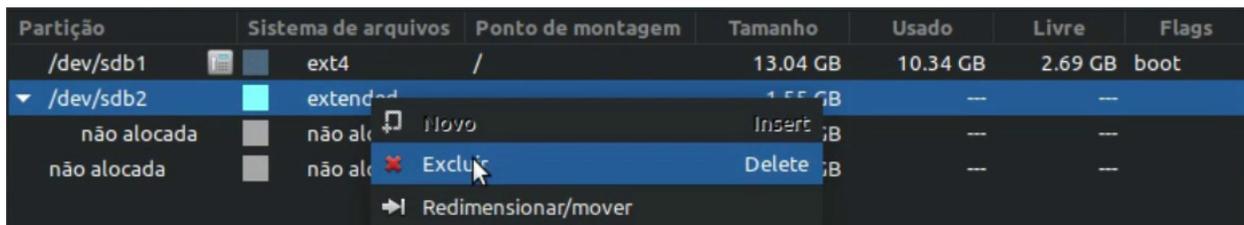


Fig. 23: Apagando a partição estendida /dev/sdb2.

A *swap* estava contida dentro da partição estendida /dev/sdb2, o último passo antes do redimensionamento é apagá-la e deste modo tirar o obstáculo entre o espaço não alocado e a partição /dev/sda1, aonde está o Linux3DCS.

Para apagar a partição basta:

1. Clicar sobre a linha **extended** com o botão esquerdo do *mouse*;
2. Clicar sobre o botão direito do *mouse* selecionando a opção **Excluir** (Fig. 23).

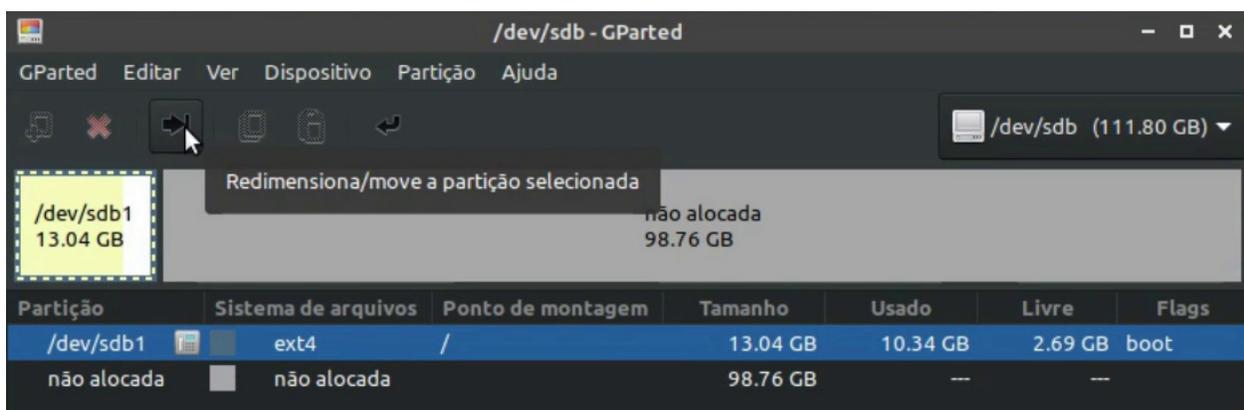


Fig. 24: Preparando a partição para o redimensionamento.

Depois de todas as intervenções sobrou apenas uma partição e um espaço não alocado.

Para iniciar o processo de redimensionamento faz-se necessário:

1. Clicar sobre a linha **ext4** com o botão esquerdo do *mouse*;
2. Clicar sobre o ícone **Redimensiona/move a partição selecionada** (Fig. 24).

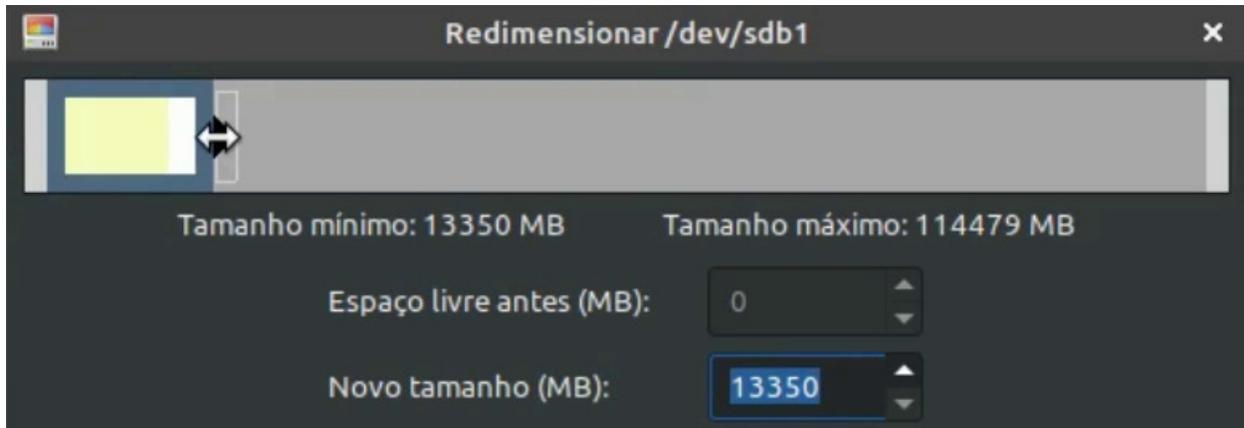


Fig. 25: Janela de redimensionamento.

Uma janela de redimensionamento será aberta. A seta do mouse deverá ser colocada sobre o final da partição (lado direito) de modo a redimensioná-la (Fig. 25).

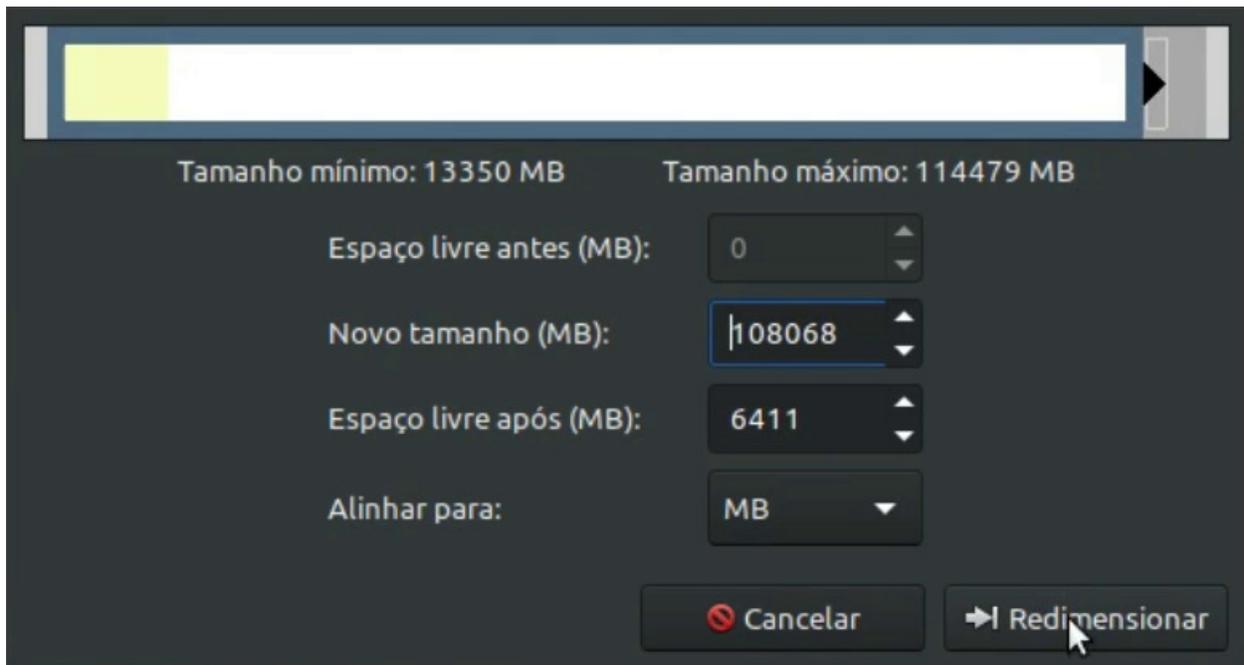


Fig. 26: Redimensionamento da partição em andamento.

1. É necessário mover o marcador até que o **Espaço livre após (MB)** fique com mais ou menos 6000 MB (6 GB) (Fig. 26).
2. Depois disso é só clicar em **Redimensionar** e aguardar a conclusão.

Depois de redimensionada a partição principal, sobrou um espaço livre de mais ou menos 6 GB. Esse espaço dará origem a uma nova partição *swap*, para tal:

1. Clique no botão esquerdo do *mouse* sobre o espaço cinza, correspondente a porção não alocada;

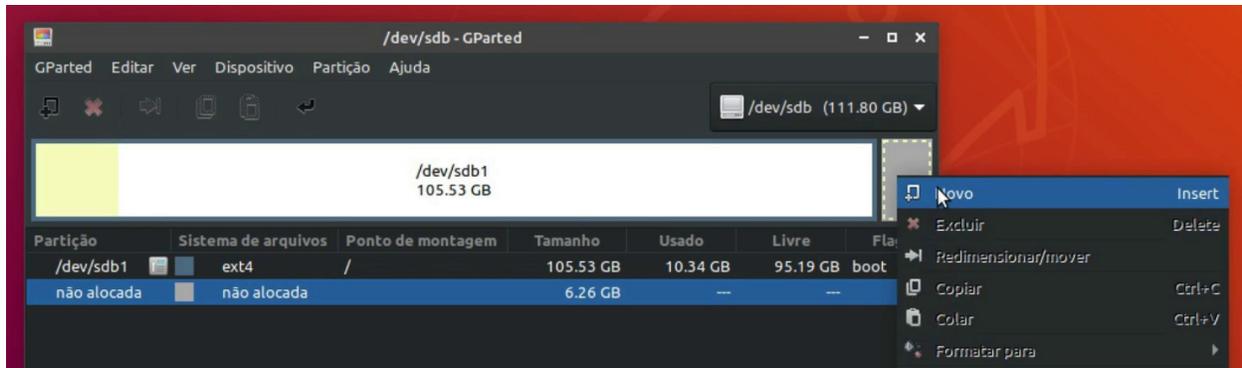


Fig. 27: Criação de uma nova partição.

2. Clique no botão direito do *mouse* e selecione-se a opção **Novo** (Fig. 27).

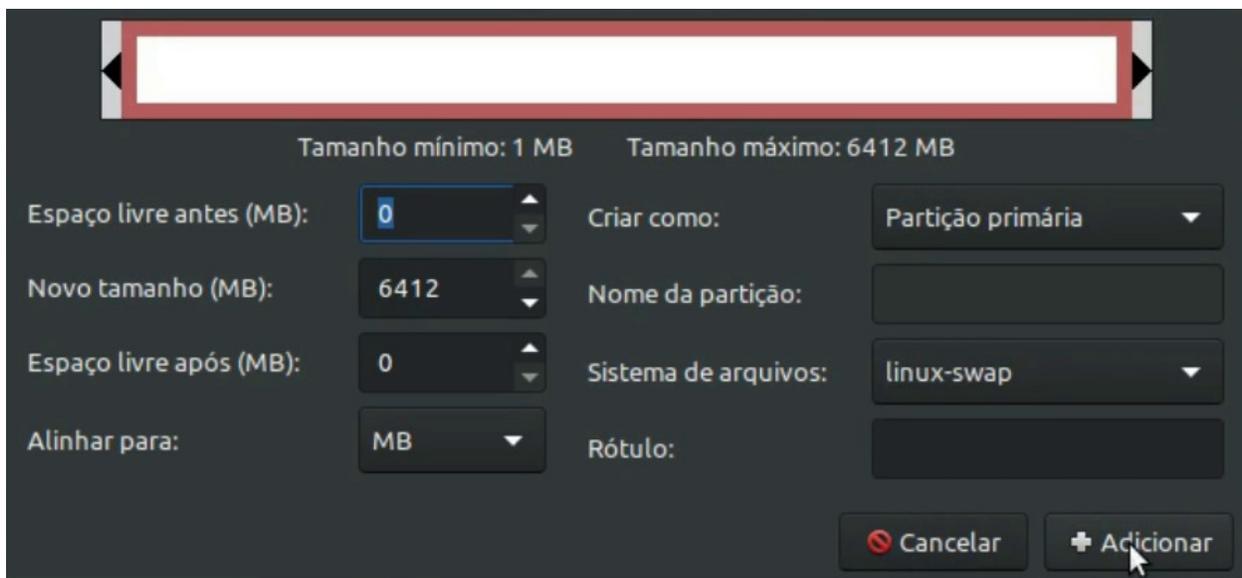


Fig. 28: Partição com a memória swap sendo criada.

1. Assim que a janela abrir, em **Criar como:** o usuário deverá selecionar a opção: **linux-swap**.
2. Em seguida clicar em **Adicionar** (Fig. 28).

Para finalizar o processo basta clicar em: **Aplicar todas as operações** (Fig. 29).

O GParted apresentará uma mensagem, perguntando se o usuário tem certeza acerca das operações. Basta clicar em **Aplicar** (Fig. 30).

Em poucos segundos todas as operações serão aplicadas (Fig. 31).

Se tudo der certo será apresentada a mensagem: **Todas as operações concluídas com sucesso** e o Linux3DCS está pronto para ser utilizado (Fig. 32).

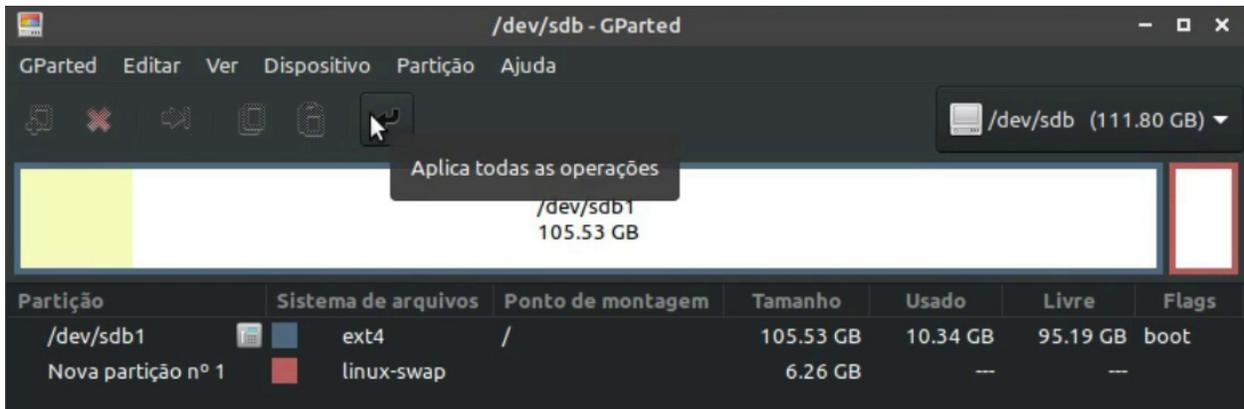


Fig. 29: Aplicando todas as alterações.

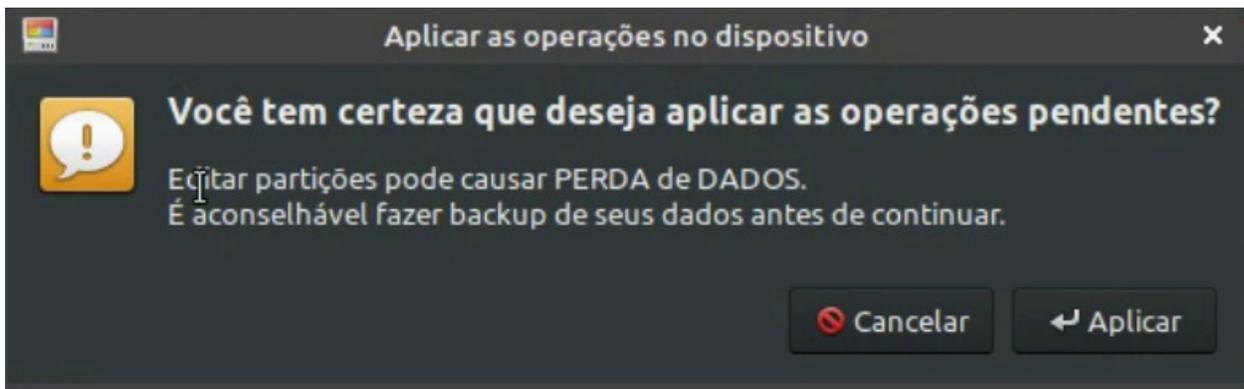


Fig. 30: Aviso de alterações no dispositivo.

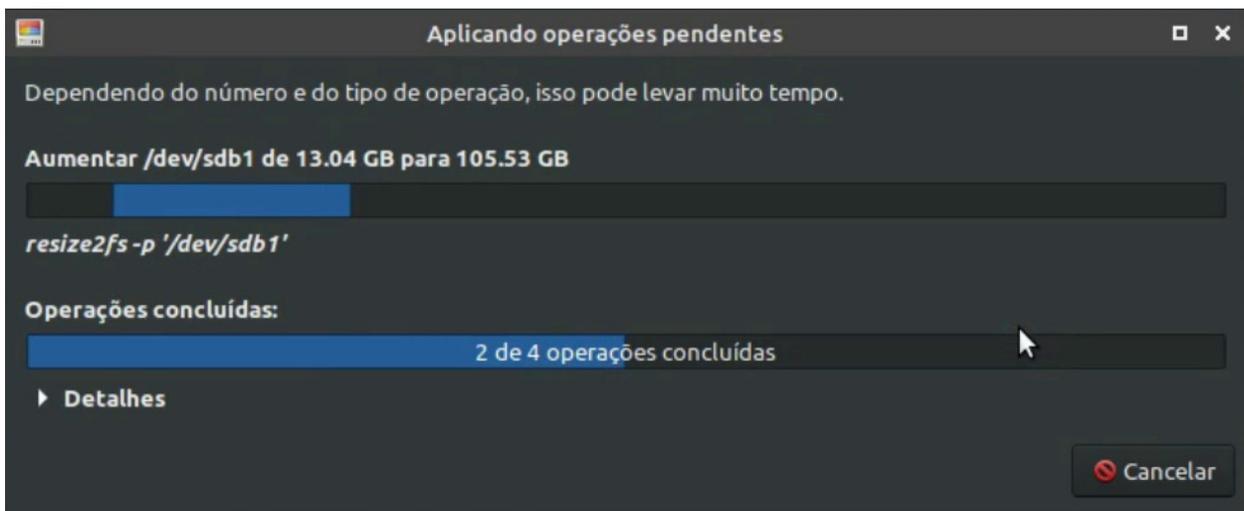


Fig. 31: GParted finalizando as operações pendentes.

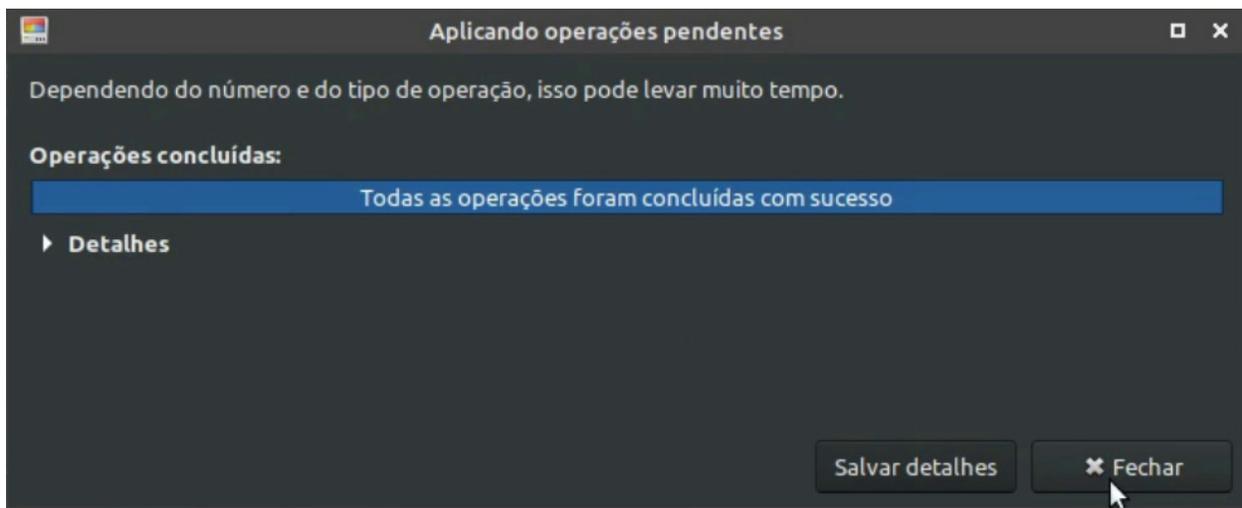


Fig. 32: Operações pendentes finalizadas com êxito.



Fig. 1: Certificado exclusivo distribuído aos alunos do projeto OrtogOnLine.

Um agradecimento especial a todos os alunos fundadores do projeto OrtogOnLine:

Dr. Hugo (Portugal), Dr. Paulo Freitas, Dr. Anderson Mamede, Bruno Aragão, Henrique Tostes Melo, Dr. Fernando Maciel, Dr. Everton José (Cuiabá), Dr. Eduardo Izidro, Dr. Anderson (Curso SP V), Dr. Rodrigo Salazar, Dr. Frederico Yonezaki, Dr. Eduardo Favilla, Dr. Geraldo Capucchino, Ing. Byron Rodrigo Cusco Quinde, Dr. Gabriel Zorron Cavalcanti, Dr. Richard Gravalos, Dr. Carlos Rodrigo Barros Siqueira, Dr. Leandro Perussolo, Dr. Roosevelt Macedo, Dr. Arturo Frick Carpes, Dr. Sydney Mandarino, Dr. Davi Sobral, Paola dal Magro, Dra. Michelle Fernanda Fast, Dr. Vinicius

, Dr. Alexandre Maurity, Dra. Daniele Duarte, Rogelio Carpes Pinheiro, Dr. Hugo Cunha, Dr. Cristiano Tonello, Felipe Novillo, Rodrigo Pascoal Carneiro, Dr. Pablo Maricevich, Dr. Hugo (Fortaleza), Projetos PROMM, Dr. Marcio André Costa, Dra. Alessandra, Dr. Anderson Souza, Renne, Dr. Liogi Iwaki, Dr. Luciano Pires Pôrto, Dr. Marcio Foletto, Dr. José Maurício Lopes Neto e Dr. Eduardo Dallazen.

Agradecimento ao Dr. Nauber de Souza Vitorino pela contribuição na ferramenta de pontos anatômicos customizados e com distâncias. Ao Dr. Marcos Graf pela contribuição na ferramenta de reconstrução de voxel com o melhoramento dos parâmetros de visualização do resultado final.

A todos deixamos o nosso muito obrigado!

Nesta seção apresentaremos os sites e trabalhos onde os *add-ons* OrtoGOnBlender, RhinOnBlender, LiberTeeth, Cork On Blender e o Linux3DCS foram citados.

20.1 Pós Desenvolvimento - Mídia

Wikipédia: OrtoGOnBlender⁴⁵

Blendernation: I made my own surgical guide using OrtoGOnBlender!⁴⁶

BBC: Así era el rostro de Eva de Naharon, el fósil humano más antiguo de América que fue hallado en México⁴⁷

Diolinux: Linux e Blender - OrtoGOnBlender, projeto brasileiro para ajudar fabricantes de próteses e parafusos cirúrgicos⁴⁸

Diolinux: Computação Gráfica 3D com Software Livre Aplicada às Ciências da Saúde⁴⁹

Blendernation: Digital 3D Orthognathic Surgery with the OrtoGOnBlender addon⁵⁰

Blendernation: Add-on: Cork on Blender⁵¹

Blendernation: LiberTeeth3D - another add-on for orthodontics⁵²

Blendernation: Linux 3DCS - surgical planning in your hand⁵³

Blendernation: Rhinoplasty planning with RhinOnBlender add-on⁵⁴

Blendernation: Add-on: Cork on Blender⁵⁵

⁴⁵ <https://pt.wikipedia.org/wiki/OrtoGOnBlender>

⁴⁶ <https://www.blendernation.com/2019/10/11/i-made-my-own-surgical-guide-using-ortogonblender/>

⁴⁷ <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45276702>

⁴⁸ <https://www.diolinux.com.br/2018/11/linux-e-blender-ortogonblender-projeto-brasileiro-ajuda-proteses-parafusos-cirurgicos.html>

⁴⁹ <https://www.diolinux.com.br/2018/01/ortogonblender-Linux3DCS.html>

⁵⁰ <https://www.blendernation.com/2017/09/17/digital-3d-orthognathic-surgery-ortogonblender-addon/>

⁵¹ <https://www.blendernation.com/2017/09/06/add-cork-blender/>

⁵² <https://www.blendernation.com/2018/03/13/liberteeth3d-another-add-on-for-orthodontics/>

⁵³ <https://www.blendernation.com/2017/12/14/linux-3dcs-surgical-planning-hand/>

⁵⁴ <https://www.blendernation.com/2017/09/23/rhinoplasty-planning-rhinoblender-add/>

⁵⁵ <https://www.blendernation.com/2017/09/06/add-cork-blender/>

20.2 Pós Desenvolvimento - Publicações Científicas

Bimaxillary orthognatic surgery planned with the software blender, through the addon ortogonblender⁵⁶

INTRODUÇÃO À METODOLOGIA “MAIS IDENTIDADE”: PRÓTESES FACIAIS 3D COM A UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS ACESSÍVEIS PARA PACIENTES SOBREVIVENTES DE CÂNCER NO ROSTO!⁵⁷

Confección de Prótesis Maxilofacial Ósea, In Silico, a Partir de la Impresión 3D a Través de la Tomografía Cone Beam⁵⁸

RhinOnBlender - 3DBODY.TECH 2018 - 9th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies⁵⁹

Código aberto na Ortodontia - era só o que me faltava!⁶⁰

ORTOGONBLENDER: A UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE LIVRE PARA O PLANEJAMENTO VIRTUAL DE CIRURGIAS ORTOGNÁTICAS (SOUZA, Marianna Matos et al.)⁶¹

ESTUDO COMPARATIVO DA OBTENÇÃO DE FOTOS PARA A FOTOGRAMETRIA NO PLANEJAMENTO DE CIRURGIAS ORTOGNÁTICAS (LIMA, Gabriela Santiago et al.)⁶²

20.3 Pré Desenvolvimento - Mídia

FISL 17: software livre ajuda a criar próteses 3D para humanos e animais⁶³

Blendernation: Perform complex boolean operation with Cork!⁶⁴

Blendernation: Comparing 7 photogrammetry systems. Which is the best one?⁶⁵

⁵⁶ [https://www.ijoms.com/article/S0901-5027\(19\)30882-3/](https://www.ijoms.com/article/S0901-5027(19)30882-3/)

⁵⁷ https://www.researchgate.net/publication/332212528_INTRODUCAO_A_METODOLOGIA_MAIS_IDENTIDADE_PROTESES_FACIAIS_3D_COM_A_UTILIZACAO_DE_TECNOLOGIAS_ACESSIVEIS_PARA_PACIENTES_SOBREVIVENTES_DE_CANCER_NO_ROSTO

⁵⁸ http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/8814?fbclid=IwAR1tWncvQn40pQKFginsAz--f0esRKaJFY29RmNh_Djy_TB5cDCunoUd_tl

⁵⁹ https://www.researchgate.net/publication/328316598_RhinOnBlender

⁶⁰ https://www.researchgate.net/publication/337733058_Codigo_aberto_na_Ortodontia_-_era_so_o_que_me_faltava

⁶¹ https://www.researchgate.net/publication/325514609_ORTOGONBLENDER_A_UTILIZACAO_DE_SOFTWARE_LIVRE_PARA_O_PLANEJAMENTO_VIRTUAL_DE_CIRURGIAS_ORTOGNATICAS

⁶² https://www.researchgate.net/publication/325514635_ESTUDO_COMPARATIVO_DA_OBTENCAO_DE_FOTOS_PARA_A_FOTOGRAMETRIA_NO_PLANEJAMENTO_DE_CIRURGIAS_ORTOGNATICAS_RESULTADOS

⁶³ <https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2016/07/fisl-17-software-livre-ajuda-criar-proteses-3d-para-humanos-e-animais.html>

⁶⁴ <https://www.blendernation.com/2014/10/04/perform-complex-boolean-operation-with-cork/>

⁶⁵ <https://www.blendernation.com/2016/12/13/comparing-7-photogrammetry-systems-best-one/>

Referências Bibliográficas

- [His16] Computer Animation History. Computer sketchpad (1963). 2016. URL: <https://bit.ly/3gU7UI7>.
- [Pfu13] Elvis Pfützenreuter. Entendendo lentes, abertura, comprimento focal e olho-de-peixe. 2013. URL: <https://epxx.co/artigos/pinhole.html>.
- [tD10] Drawing How to Draw. How to find measurements, proportions, and angles to draw with pencil & thumb method. 2010. URL: <https://bit.ly/2XpHdD6>.
- [Arc17] CTI Renato Archer. Cti renato archer participa da reconstituição facial de líder mochica, morto há 2 mil anos. 2017. URL: <https://bit.ly/3ckTKfy>.
- [CA09] L Chero and W Alva. *Sipán Ataúdes y Tumbas*. Universidad Alas Peruanas, first edition, 2009.
- [DMS+13] PEM Dias, CAC Moraes, JR Sousa, TL Beaini, and RHF Melani. *Escaneamento 3D por fotogrametria e software livre aplicado à Reconstituição Facial Forense*. USP, 2013.
- [MT16] G1 MT. Ave abandonada com bico mutilado ganha prótese de impressora 3d. 2016. URL: <https://glo.bo/3eLRj7r>.