



Software InVesalius

Guia do Usuário



Sobre o InVesalius

InVesalius é um software público para a área de saúde que realiza análise e segmentação de modelos anatômicos virtuais, possibilitando a confecção de modelos físicos com o auxílio da prototipagem rápida. A partir de imagens em duas dimensões (2D) obtidas por meio de equipamentos de Tomografia Computadorizada (TC) ou Ressonância Magnética (RM), o programa permite criar modelos virtuais em três dimensões (3D) correspondentes às estruturas anatômicas dos pacientes em acompanhamento médico.

O nome InVesalius é uma homenagem ao médico belga Andreas Vesalius (1514-1564), considerado o "pai da anatomia moderna". O software InVesalius é desenvolvido pelo CTI (Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer), unidade do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), desde 2001. Inicialmente, apenas o programa de instalação era distribuído gratuitamente. A partir de novembro de 2007, o InVesalius foi disponibilizado como software livre no Portal do Software Público (www.softwarepublico.gov.br), consolidando comunidades de usuários e de desenvolvedores. Trata-se de uma ferramenta simples, livre e gratuita, robusta, multiplataforma, com comandos em Português, com funções claras e diretas, de fácil manuseio e rápida quando executada em microcomputador PC.

O uso das tecnologias de visualização e análise tridimensional de imagens médicas, integradas ou não a prototipagem rápida, auxiliam o cirurgião no diagnóstico de patologias e permitem que seja realizado um planejamento cirúrgico detalhado, simulando com antecedência intervenções complexas, que podem envolver, por exemplo, alto grau de deformidade facial ou a colocação de próteses.

O InVesalius tem demonstrado grande versatilidade e vem contribuindo com diversas áreas, dentre as quais medicina, odontologia, veterinária, arqueologia e engenharia.

Sumário

1	Introdução	7
1.1	Conceitos importantes	7
1.1.1	DICOM (<i>Digital Image Communications in Medicine</i>)	8
1.1.2	Tomografia Computadorizada - Médica	8
1.1.3	Tomografia Computadorizada - Odontológica	9
1.1.4	Ressonância Magnética	10
1.2	Recursos necessários	11
1.2.1	Configurações mínimas	12
1.2.2	Configurações recomendadas	12
2	Instalação	13
2.1	MS-Windows	13
2.2	Mac Os X	19
3	Importação	21
3.1	DICOM	21
3.2	Analyze	26
3.3	NIfTI	26
3.4	PAR/REC	27
3.5	TIFF, JPG, BMP, JPEG ou PNG (micro-CT)	28
4	Ajuste de imagem	33
4.1	Espelhar	33
4.2	Trocar Eixo	34
4.3	Reorientar imagem (Rotacionar)	35

5 Manipulação de Imagens (2D)	39
5.1 Reconstrução Multiplanar	39
5.1.1 Orientação axial	41
5.1.2 Orientação sagital	41
5.1.3 Orientação coronal	42
5.2 Correspondência entre as orientações axial, sagital e coronal .	42
5.3 Interpolação	43
5.4 Mover	44
5.5 Rotacionar	45
5.6 Ampliar (<i>Zoom</i>)	45
5.6.1 Maximizando as janelas de orientação	46
5.6.2 Ampliando ou reduzindo uma imagem	47
5.6.3 Ampliando uma área da imagem	47
5.7 Brilho e contraste (Janelas)	47
5.8 Pseudocor	49
5.9 Tipo de projeção	56
5.9.1 Normal	56
5.9.2 MaxIP	57
5.9.3 MinIP	58
5.9.4 MeanIP	59
5.9.5 MIDA	60
5.9.6 Contorno MaxIP	62
5.9.7 Contorno MIDA	62
6 Segmentação	64
6.1 Limiar (<i>Threshold</i>)	64
6.2 Segmentação manual (Edição de imagens)	68
6.3 Watershed	73
6.4 Crescimento de região	76
7 Máscara	79
7.1 Operações booleanas	79
7.2 Limpeza total da máscara	80

7.3	Fechar buracos manualmente	80
7.4	Fechar buracos automaticamente	82
7.5	Remover partes	84
7.6	Selecionar partes	85
7.7	Cortar	86
8	Superfície (Malha de Triângulos)	88
8.1	Criando superfícies	89
8.2	Transparência	92
8.3	Cor	93
8.4	Separando regiões desconexas	93
8.4.1	Separar maior superfície	94
8.4.2	Selecionar as regiões de interesse	95
8.4.3	Separar todas regiões desconexas	96
9	Medições	97
9.1	Medição linear	97
9.2	Medição angular	98
9.3	Medição volumétrica	99
10	Gerenciamento de dados	101
10.1	Máscaras	103
10.2	Superfícies 3D	103
10.2.1	Importação de superfície	103
10.3	Medições	104
11	Visualização simultânea de imagens e superfície	105
12	Visualização volumétrica	108
12.1	Padrões de visualização	108
12.2	Personalização de padrão	111
12.3	Personalização de padrão com Brilho e Contraste	113
12.4	Corte	115

13 Exportando dados	117
13.1 Superfície	117
13.2 Imagem	119
14 Customização	121
14.1 Menu de ferramentas	121
14.2 Posicionamento automático de volume/superfície	122
14.3 Cor de fundo da janela de volume/superfície	123
14.4 Exibir/ocultar textos em janela 2D	124
15 Neuronavegação	126
15.1 Introdução	126
15.2 Modo Navegação	126
15.3 Rastreadores espaciais e modo de referência	127
15.4 Corregistro	129
15.5 Erro de registro fiducial e navegação	130
15.6 Marcadores	131
15.7 Caixas de seleção, trigger externo	133
15.8 Câmera do volume	134

Capítulo 1

Introdução

Este manual tem como objetivo mostrar o uso das ferramentas do InVesalius e também apresentar alguns conceitos para facilitar a utilização do software.

O InVesalius é um software para auxiliar o profissional de saúde no diagnóstico e no planejamento cirúrgico. Cabe ressaltar, porém, que todo software no contexto de diagnóstico é totalmente suplementar, pois todo e qualquer ato cometido é de inteira responsabilidade do profissional de saúde.

Além da medicina, é possível utilizar o software em outras áreas, como arqueologia, veterinária, ou mesmo em aplicações industriais. Como requisito básico, basta que as imagens a serem analisadas estejam no padrão DICOM (*Digital Imaging Communications in Medicine*). Até o presente momento, o InVesalius reconstrói imagens provindas de tomógrafos e de aparelhos de ressonância magnética. Para operar o software, basta ter conhecimentos básicos de informática. Noções básicas sobre imagens médicas podem contribuir para o melhor entendimento das operações.

1.1 Conceitos importantes

Nesta seção, discutiremos alguns conceitos necessários para melhor entendimento e operação do software.

1.1.1 DICOM (*Digital Image Communications in Medicine*)

DICOM é um padrão relativo à transmissão, ao armazenamento e ao tratamento de imagens médicas. O padrão prevê diversas modalidades de imagens médicas, como imagens provindas de equipamentos de tomografia computadorizada, ressonância magnética, ultrassom, eletrocardiograma, entre outras.

Uma imagem DICOM é composta por 2 itens principais, uma matriz contendo os pixels da imagem e um conjunto de meta-informações. Essas informações contêm, por exemplo, o nome do paciente, a modalidade da imagem e a posição da imagem em relação ao espaço (no caso de tomografia e ressonância).

1.1.2 Tomografia Computadorizada - Médica

A tomografia computadorizada indica a radiodensidade dos tecidos, isto é, a média de absorção de raios-X pelos tecidos. A radiodensiade é traduzida para a imagem em níveis de cinza em uma escala chamada *Hounsfield*, nome dado em homenagem a Godfrey Newbold Hounsfield, um dos criadores da primeira máquina de tomografia computadorizada.



Figura 1.1: Tomógrafo médico - www.toshibamedical.com.br

Nos aparelhos mais modernos, com um emissor de radiação e um banco de sensores (também chamados de canais, variando de 2 até 256), que circundam o paciente enquanto a maca é movimentada, formando uma espiral,

é possível gerar uma grande quantidade de imagens, simultaneamente, com pouca emissão de raios-X.

Escala de Hounsfield

Como citado na seção anterior, as imagens de tomografia computadorizada são geradas em níveis de cinza, os quais são depois traduzidos na escala de Hounsfield (HU). Os tons mais claros representam tecidos mais densos, e os mais escuros, tecidos menos densos, como a pele e o cérebro. A tabela 1.1 apresenta alguns materiais e seus respectivos valores em HU (*Hounsfield Unit*).

Tabela 1.1: Escala de Hounsfield

Material	HU
Ar	-1000 ou menos
Gordura	-120
Água	0
Músculo	40
Contraste	130
Osso	400 ou mais

1.1.3 Tomografia Computadorizada - Odontológica

A tomografia computadorizada odontológica comumente trabalha com menos emissão de radiação se comparada à tomografia computadorizada médica e, em consequência, torna possível visualizar mais detalhes de regiões delicadas, como a cortical alveolar.

A aquisição das imagens é feita com o paciente na vertical (ao contrário da tomografia médica, em que o paciente fica na horizontal). Um emissor e um sensor de raios-X circundam o crânio do paciente, formando um arco de 180° ou 360°. As imagens geradas pelo tomógrafo podem ser interpretadas como um volume com o crânio do paciente imerso. Esse volume é "fatiado" pelo software do aparelho, podendo-se gerar imagens com espaçamentos diferentes ou outros tipos de imagens, como a visão panorâmica da região de interesse.



Figura 1.2: Tomógrafo odontológico - www.kavo.com.br

As imagens adquiridas por tomógrafos odontológicos costumam exigir um maior pós-processamento quando é necessário separar (segmentar) determinadas estruturas usando outros softwares como o InVesalius. Isso ocorre porque, normalmente, essas imagens possuem mais níveis de cinza que a escala de Hounsfield, o que torna o uso de padrões de segmentação (*presets*) menos eficiente. Outra característica bastante comum nas imagens provindas de tomógrafos odontológicos é a alta presença de ruídos do tipo *speckle* e a presença de outros ruídos normalmente causados por uso de próteses de amálgama pelo paciente.

1.1.4 Ressonância Magnética

A ressonância magnética é um exame realizado sem o uso de radiação ionizante. Em vez disso, é utilizado um forte campo magnético para alinhar os átomos de algum elemento presente em nosso corpo, comumente o hidrogênio. Após o alinhamento, são disparadas ondas de rádio, e os átomos são excitados. Os sensores medem o tempo que os átomos de hidrogênio demoram para se alinhar novamente. Com isso, é possível determinar qual é o tipo de tecido, pois tecidos diferentes apresentam quantidades diferentes de átomos de hidrogênio.

Para evitar interferências e melhorar a qualidade do sinal de radiofrequência, além de o paciente ficar dentro do equipamento, é colocada uma bobina

na região de interesse.



Figura 1.3: Equipamento de ressonância magnética - www.gehealthcare.com



Figura 1.4: Bobina - www.healthcare.philips.com

1.2 Recursos necessários

O InVesalius é projetado para executar em computadores pessoais, como *desktops* e *notebooks*. Atualmente, ele é compatível com os seguintes sistemas operacionais:

- MS-Windows (Windows 7, 8 e 10)

- GNU/Linux (Ubuntu, Mandriva, Fedora)
- Apple Mac OS X

O desempenho do InVesalius depende, principalmente, da quantidade de fatias reconstruídas (imagens abertas pelo software), da quantidade de memória RAM disponível, da frequência do processador e da arquitetura do sistema operacional (*32 bits* ou *64 bits*).

Vale ressaltar, como regra geral, que quanto maior a quantidade de memória RAM disponível no sistema, maior será o número de fatias que podem ser abertas simultaneamente para um dado estudo. Por exemplo, com 1 GB de memória disponível, pode-se abrir cerca de 300 fatias com resolução de 512x512 *pixels*. Já com 4 GB de memória, pode-se abrir em torno de 1000 imagens com a mesma resolução.

1.2.1 Configurações mínimas

Sistema Operacional de *32 bits*

Processador Intel Pentium 4 ou equivalente, com frequência de 1,5 GHz

1 GB de memória RAM

80 GB de disco rígido

Placa gráfica com 64 MB de memória

Resolução de vídeo de 1024x768 *pixels*

1.2.2 Configurações recomendadas

Sistema Operacional de *64 bits*

Processador Intel Core 2 Duo ou equivalente, com frequência de 2,5 GHz

4 GB de memória RAM

180 GB de disco rígido

Placa gráfica NVidia ou ATI, com 128 MB de memória

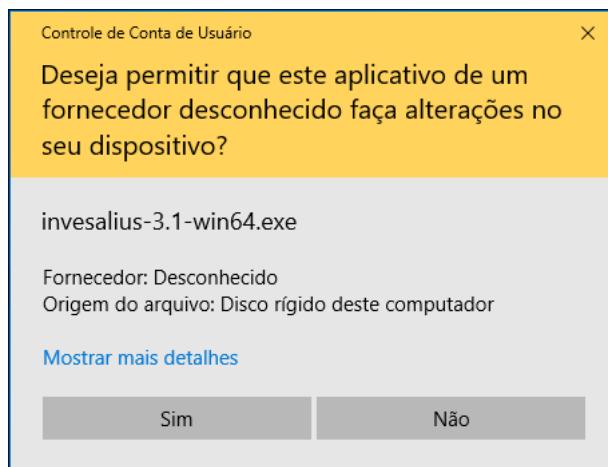
Resolução de vídeo de 1024x768 *pixels*

Capítulo 2

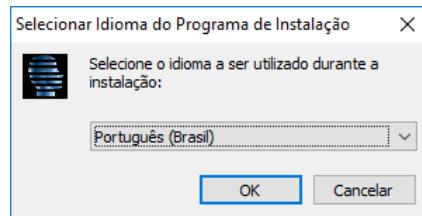
Instalação

2.1 MS-Windows

Para instalar o InVesalius no MS-Windows, basta executar o programa instalador. Quando aparecer uma janela pedindo para confirmar a execução do arquivo, clique em **Sim**.



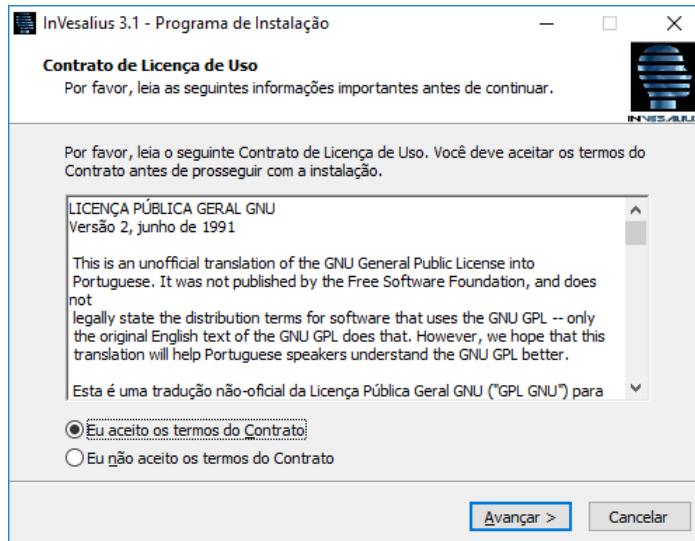
Uma nova janela pedirá para selecionar o idioma do instalador. Selecione o idioma e clique em **OK**.



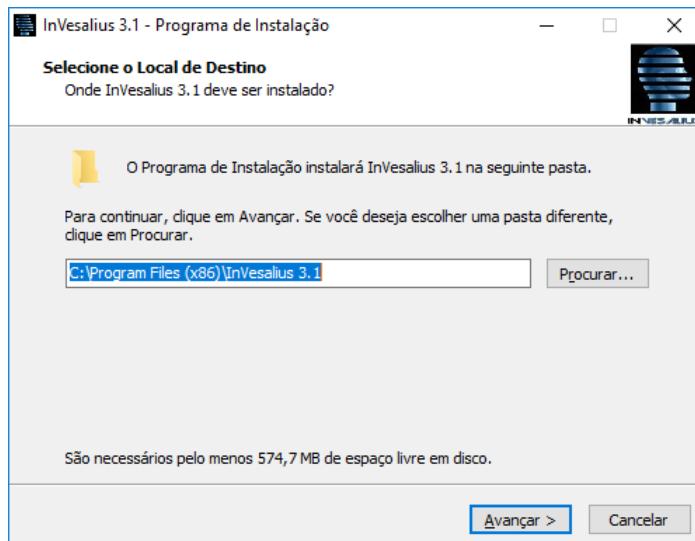
Em seguida, será exibida a janela do instalador. Clique em **Avançar**.



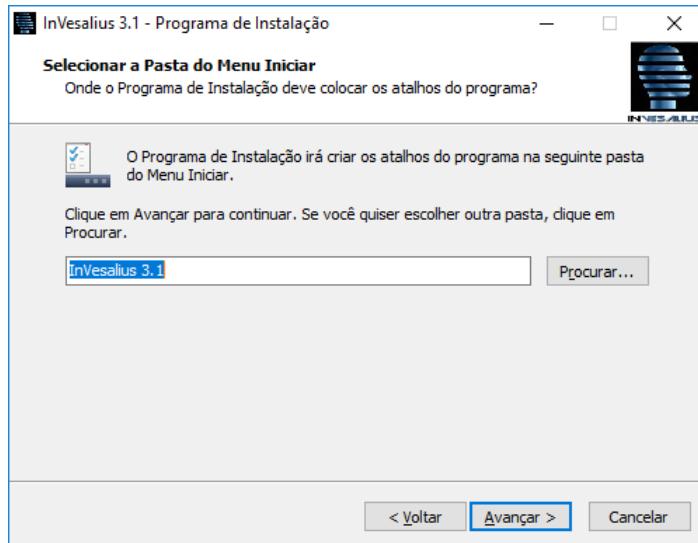
Selecione **Eu aceito os termos do Contrato** e clique em **Avançar**.



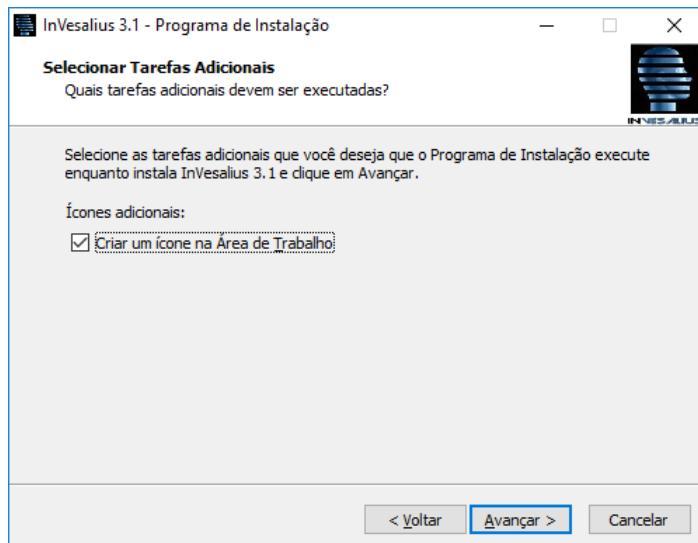
Clique em **Avançar** novamente.



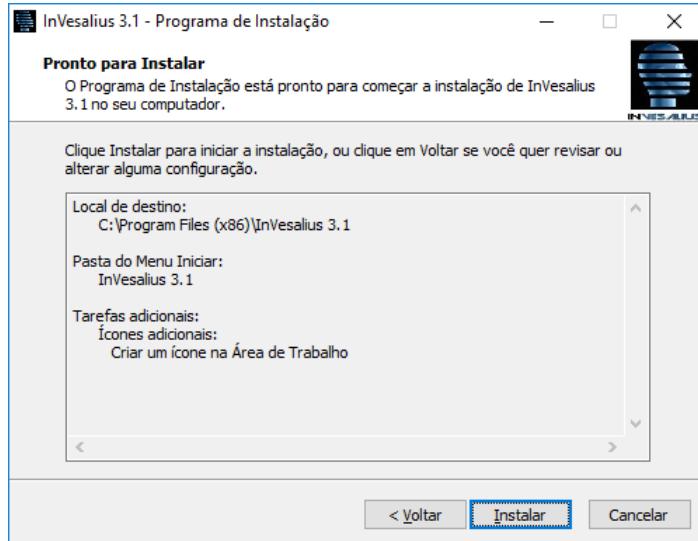
Clique em Avançar.



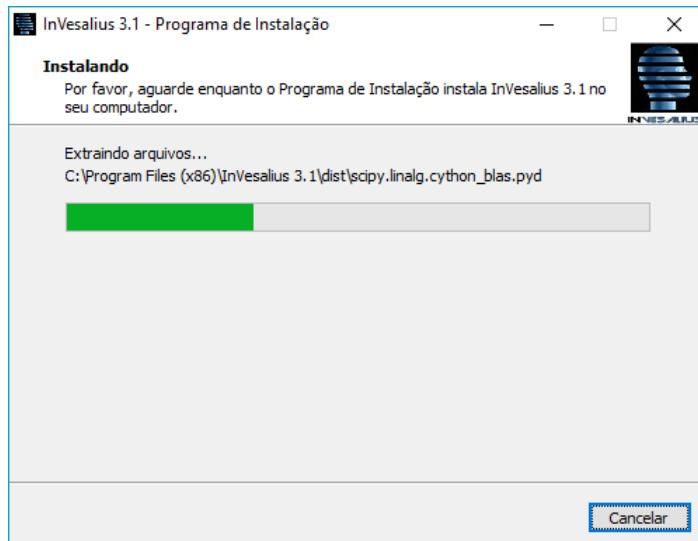
Selecione Criar um ícone na Área de Trabalho e clique em Avançar.



Clique em **Instalar**.



Enquanto o software é instalado, será exibida uma janela com o progresso da instalação.



Para executar o InVesalius após a instalação, clique em **Concluir**.



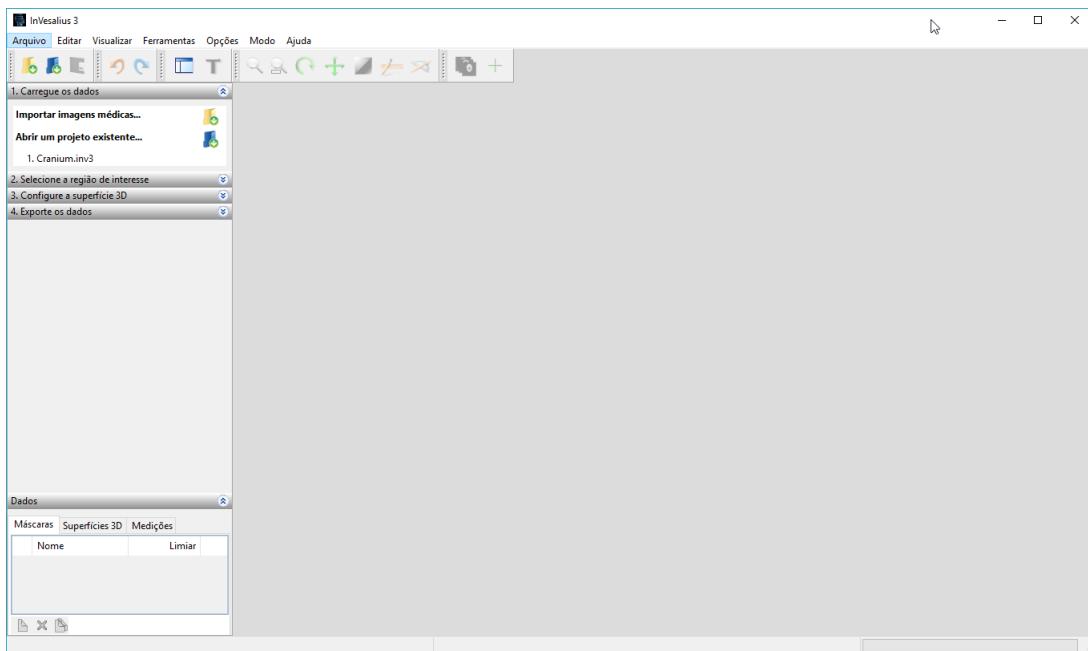
Caso seja a primeira vez em que o software é instalado, será exibida uma janela para selecionar o idioma do InVesalius. Selecione o idioma desejado e clique em **OK**.



Enquanto o InVesalius é carregado, é exibida uma janela de abertura como a da figura seguinte.

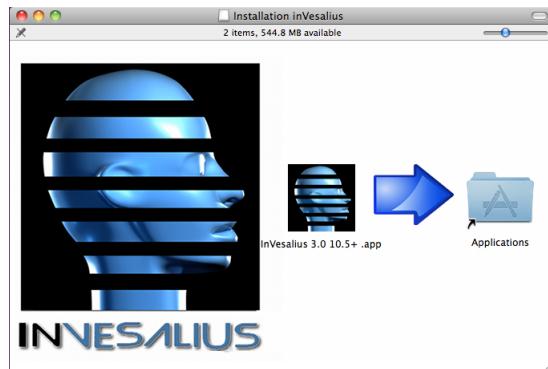


Em seguida, a janela principal do programa é aberta.



2.2 Mac Os X

Para iniciar a instalação no Mac Os X, clique 2 vezes com o botão esquerdo do mouse sobre o instalador. Em seguida o instalador será inicializado.



Mantenha o botão esquerdo pressionado sobre o ícone do software InVesalius e arraste-o para o ícone *Applications* ambos contidos no instalador.



O software já encontra-se instalado, bastando acessar pelo menu

Capítulo 3

Importação

O InVesalius importa arquivos no formato DICOM, incluindo arquivos compactados (JPEG sem perdas e com perdas) e arquivos no formato Analyze (Mayo Clinic)[©].

3.1 DICOM

No menu **Arquivo**, clique na opção **Importar DICOM....** Se preferir, use o atalho do teclado **Ctrl + I**. A importação também pode ser acionada pelo ícone da barra de ferramentas descrito na figura 3.1.



Figura 3.1: Atalho para Importar DICOM

Em seguida, selecione o diretório que contenha os arquivos DICOM, como na figura 3.2. O InVesalius irá procurar por arquivos também em subdiretórios do diretório escolhido, caso existam.

Clique em **OK**.

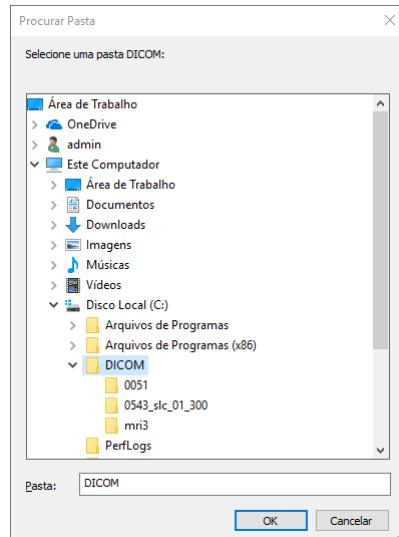


Figura 3.2: Seleção de diretório

Enquanto o InVesalius procura por arquivos DICOM no diretório, é exibido o progresso do carregamento dos arquivos verificados, como ilustra a figura 3.3.

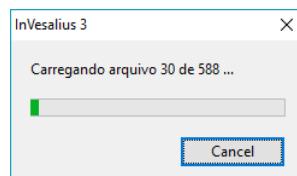


Figura 3.3: Status de verificação e carregamento de arquivos

Se arquivos DICOM forem encontrados, é aberta uma janela (figura 3.4) para selecionar o paciente e a respectiva série que se deseja abrir. Também é possível pular imagens para reconstrução.

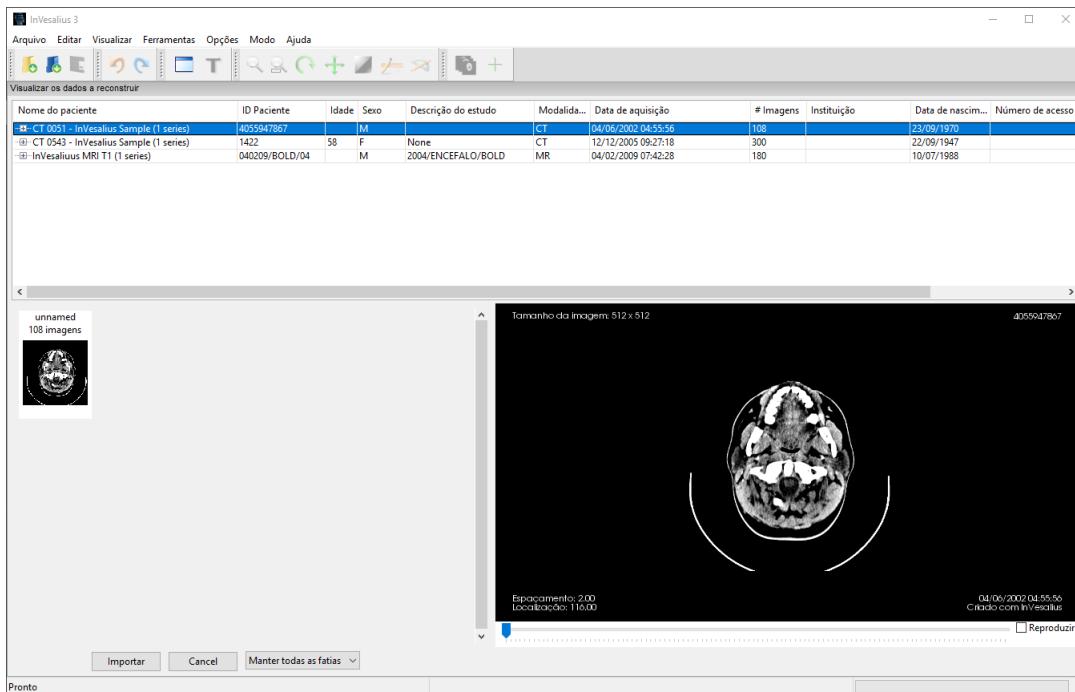


Figura 3.4: Tela de importação

Caso deseje importar uma série com todas as imagens presentes, clique em "+" ao lado do nome do paciente para expandir as séries a ele pertencentes. Dê um **clique duplo** com o botão **esquerdo** do mouse sobre a descrição da série. Veja a figura 3.5.

Nome do paciente	ID Paciente	Idade	Sexo	Descrição do estudo	Modalida...	Data de aquisição
- CT 0051 - InVesalius Sample (1 series)	4055947867		M		CT	04/06/2002 04:55:56
...unamed					CT	04/06/2002 04:55:56
- CT 0543 - InVesalius Sample (1 series)	1422	58	F	None	CT	12/12/2005 09:27:18
...TX+ABD+PV					CT	12/12/2005 09:27:18
- InVesalius MRI T1 (1 series)	040209/BOLD/04		M	2004/ENCEFALO/BOLD	MR	04/02/2009 07:42:28
...3DT1 7.5min256				3DT1 7.5min256 SENSE	MR	04/02/2009 07:42:28

Figura 3.5: Seleção de série

Em alguns casos, em particular quando não se dispõe de um computador com memória e/ou processamento satisfatórios para trabalhar com muitas imagens em uma série, pode ser recomendável pular (ignorar) algumas delas. Para isso, clique **uma vez** com o botão **esquerdo** do mouse sobre a descrição da série (figura 3.5) e selecione quantas imagens serão puladas (figura 3.6). Clique em **Importar**.

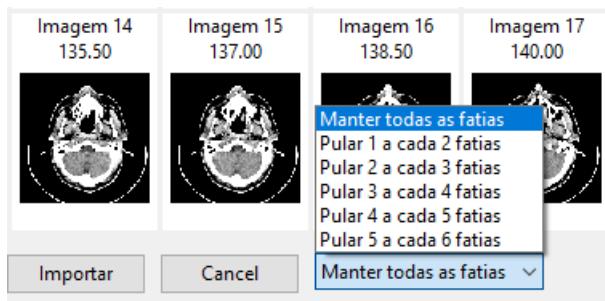


Figura 3.6: Pular imagens

Caso seja detectado quantidade insuficiente de memória disponível na hora de carregar as imagens é recomendado reduzir a resolução das fatias para trabalhar com visualização volumétrica e de superfície, como mostra a janela 3.7. As fatias serão redimensionadas de acordo com a porcentagem em relação a resolução original. Por exemplo, se cada fatia do exame contém

a dimensão de 512 x 512 pixels e for sugerido a "Porcentagem da resolução original" em 60%, cada imagem resultante terá 307 x 307 pixels. Caso deseje abrir com a resolução original selecione o valor 100.

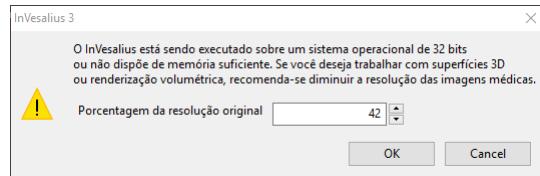


Figura 3.7: Redução de dimensão da imagem

Após os procedimentos anteriores, será apresentada uma janela (figura 3.8) com o progresso da reconstrução (quando as imagens são empilhadas e interpoladas).

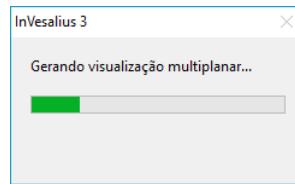


Figura 3.8: Progresso da reconstrução

3.2 Analyze

Para importar arquivos no formato Analyze, no menu **Arquivo**, clique na opção **Importar outros arquivos...** em seguida a opção **Analyze** como mostra a figura 3.9.

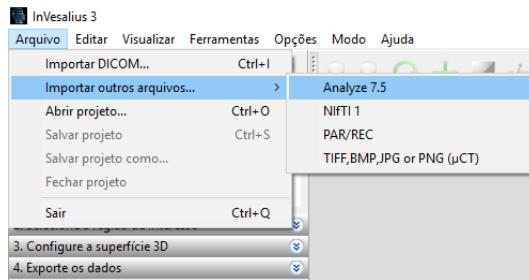


Figura 3.9: Menu para importar imagens no formato analyze

Selecione o arquivo do tipo Analyze, na extensão **.hdr** e clique em **Abrir**. (figura 3.10).

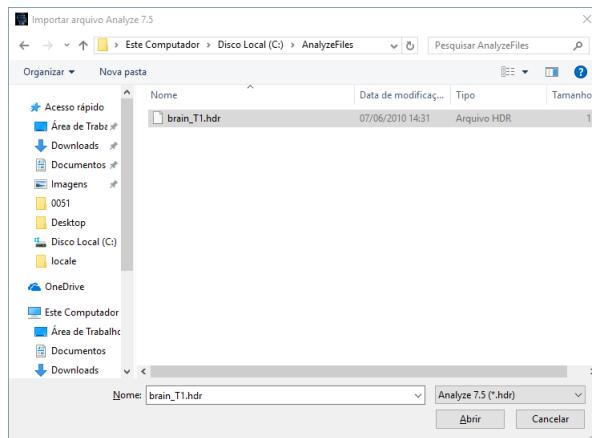


Figura 3.10: Importar imagens no formato analyze

3.3 NIfTI

Para importar arquivos no formato NIfTI, no menu **Arquivo**, clique na opção **Importar outros arquivos...** em seguida a opção **NIfTI** como mostra a figura 3.11.

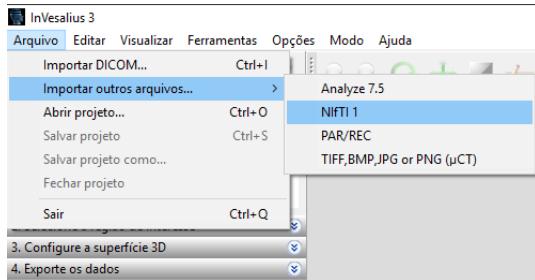


Figura 3.11: Menu para importar imagens no formato NIfTI

Selecione o arquivo do tipo NIfTI, na extensão **.nii.gz** ou **.nii** e clique em **Abrir**. (figura 3.12). Caso o arquivo esteja em outra extensão como **.hdr**, selecione a opção **all files(*.*)**.

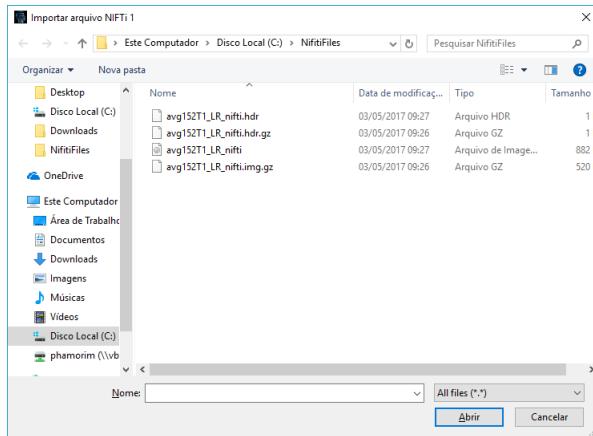


Figura 3.12: Importar imagens no formato NIfTI

3.4 PAR/REC

Para importar arquivos no formato PAR/REC, no menu **Arquivo**, clique na opção **Importar outros arquivos...** em seguida a opção **PAR/REC** como mostra a figura 3.13.

Selecione o arquivo do tipo PAR/REC, na extensão **.par** e clique em **Abrir**. (figura 3.14). Caso o arquivo esteja sem extensão, selecione a opção **all files(*.*)**.

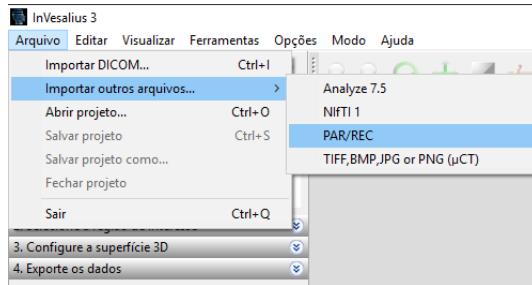


Figura 3.13: Menu para importar imagens no formato PAR/REC

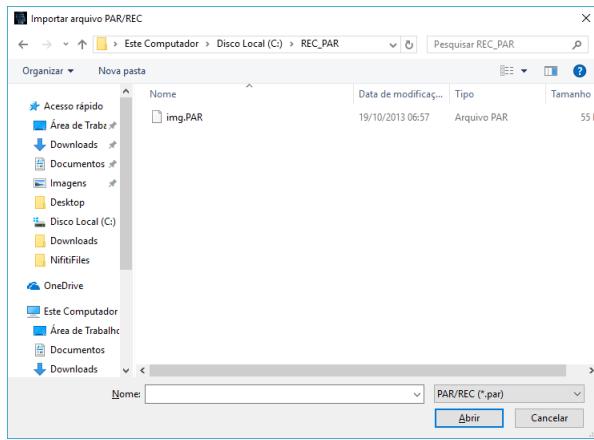


Figura 3.14: Importar imagens no formato PAR/REC

3.5 TIFF, JPG, BMP, JPEG ou PNG (micro-CT)

Arquivos em formato TIFF, JPG, BMP, JPEG ou PNG para reconstrução podem ser providos de equipamentos de microtomografia (micro-CT ou μ CT) e outros. O InVesalius importa arquivos nesses formatos desde que os pixels presentes estejam em escala de cinza.

Para importar, clique no menu **Arquivo** e na opção **Importar outros arquivos...** em seguida clique na opção **TIFF, JPG, BMP, JPEG ou PNG (μ CT)** como mostra a figura 3.15.

Selecione o diretório que contenha os arquivos, como mostra a figura 3.16. O InVesalius irá procurar por arquivos também em subdiretórios do diretório escolhido, caso existam.

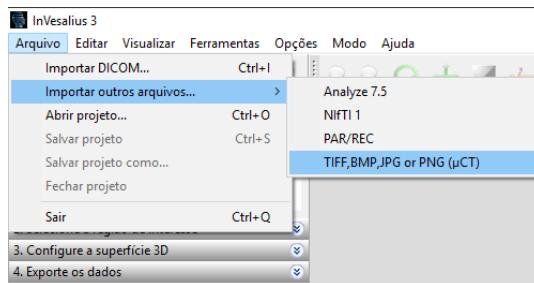


Figura 3.15: Importar imagens no formato BMP e outros

Clique em **OK**.

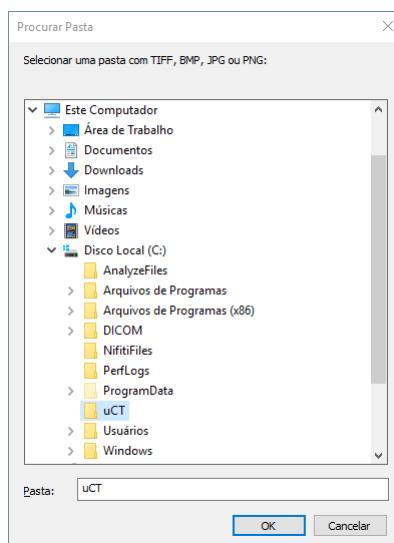


Figura 3.16: Seleção de diretório

Enquanto o InVesalius procura por arquivos TIFF, JPG, BMP, JPEG ou PNG no diretório, é exibido o progresso do carregamento dos arquivos verificados, como ilustra a figura 3.17.

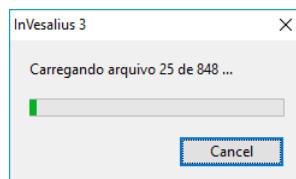


Figura 3.17: Status de verificação e carregamento de arquivos

Se arquivos do tipo TIFF, JPG, BMP, JPEG ou PNG forem encontrados, é aberta uma janela (figura 3.18) para exibir os arquivos encontrados elegíveis para reconstrução. Também é possível pular imagens para reconstrução ou remover arquivos da lista para reconstrução. Os arquivos são ordenados de acordo com o nome do arquivo, recomenda-se utilizar números em seus nomes de acordo com a ordem que deseja-se obter na reconstrução.

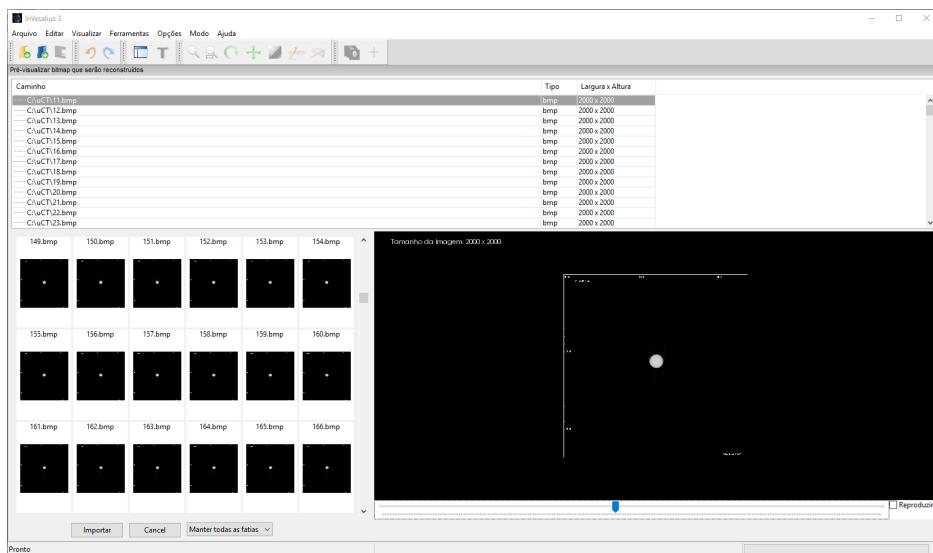


Figura 3.18: Janela para importação de arquivos do tipo BMP.

Para excluir os arquivos que não são de interesse, é possível selecionar um arquivo clicando com o **botão esquerdo do mouse** e em seguida pressionar a tecla **delete**. É possível também escolher uma faixa de arquivos para deletar, para isso é necessário clicar com o **botão esquerdo do mouse** no primeiro arquivo da faixa, manter pressionada a tecla **shift**, clicar novamente com o **botão esquerdo do mouse** no último arquivo da faixa e finalmente pressionar o botão **delete**.

A exemplo da importação de arquivos DICOM, é possível pular imagens BMP para reconstrução. Em alguns casos, em particular quando não se dispõe de um computador com memória e/ou processamento satisfatórios para trabalhar com muitas imagens em uma série, pode ser recomendável pular (ignorar) algumas delas. Para isso, selecione quantas imagens serão puladas (figura 3.19). Clique em **Importar**.

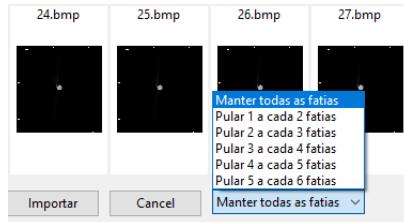


Figura 3.19: Tela de importação

Para a reconstrução desse tipo de arquivo é necessário definir um nome para o projeto, indicar qual a orientação das imagens (axial, coronal ou sagital), espaçamento do voxel (X , Y e Z) em **milímetros** como mostra a figura 3.20. O espaçamento do voxel em X é largura do pixel de cada imagem, Y o comprimento do pixel e Z representa a distância de cada fatia (altura do voxel).

Caso o conjunto de imagens seja de imagens de microtomografia, mais especificamente de equipamentos das marcas GE e Brucker, é possível que o InVesalius realize a leitura do arquivo texto com os parâmetros de aquisição que normalmente fica na mesma pasta das imagens e insira automaticamente o espaçamento. Essa constatação pode ser feita quando os valores de X , Y e Z são diferentes de "1.00000000", caso contrário é necessário digitar os valores dos respectivos espaçamento.

Atenção, o espaçamento é um parâmetro primordial para a correta dimensão dos objetos no software. Espaçamento incorreto irá fornecer medidas incorretas.

Uma vez preenchido todos os parâmetros, basta clicar no botão **Ok**.

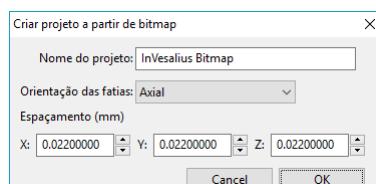


Figura 3.20: Tela de importação

Caso seja detectado quantidade insuficiente de memória disponível na hora de carregar as imagens é recomendado reduzir a resolução das fatias

para trabalhar com visualização volumétrica e de superfície, como mostra a janela 3.21. As fatias serão redimensionadas de acordo com a porcentagem em relação a resolução original. Por exemplo, se cada fatia do exame contém a dimensão de 512 x 512 pixels e for sugerido a "Porcentagem da resolução original" em 60%, cada imagem resultante terá 307 x 307 pixels. Caso deseje abrir com a resolução original selecione o valor 100.

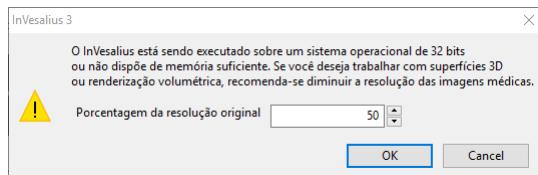


Figura 3.21: Redimensionamento de imagens

Após os passos anteriores é necessário aguardar um instante para completar a reconstrução multiplanar conforme mostra a figura 3.22.

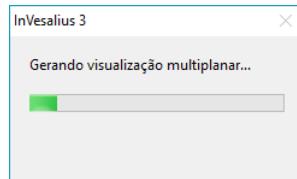


Figura 3.22: Reconstrução multiplanar em andamento.

Capítulo 4

Ajuste de imagem

O InVesalius não garante a correta ordem das imagens pois depende de informações que estão presentes nas imagens, algumas vezes essas imagens tem as informações incorretas ou não seguem o padrão DICOM. Dessa forma é recomendável confirmar se a lesão ou algum outro marco anatômico presente em um determinado paciente é exibido no lado correto da imagem. Caso não seja, é possível utilizar as ferramentas de espelhar a imagem ou inverter eixos. Também para o alinhamento da imagem, existe a ferramenta de rotação da imagem.

4.1 Espelhar

É possível espelhar um dos lados da imagem de modo que eles se invertam, para isso é necessário ir no menu, **Ferramentas**, **Imagen**, **Espelhar** e clicar em uma das seguintes opções (figura 4.1):

- Direita - Esquerda
- Anterior - Posterior
- Superior - Inferior

A figura 4.2 apresenta um comparativo entre a imagem não espelhada e a imagem espelhada. Por o conjunto de imagens formar um volume, ao aplicar espelhamento todas as outras orientações são modificadas também.

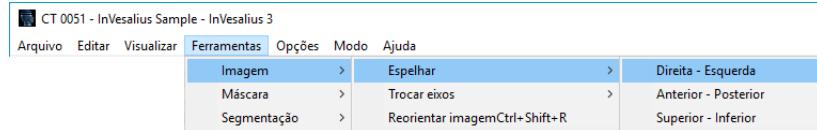


Figura 4.1: Menu para ativar ferramenta de espelhar imagem.

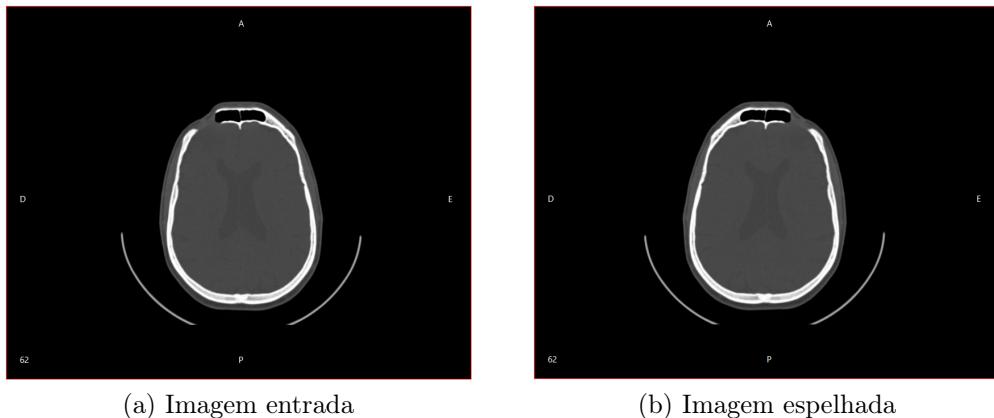


Figura 4.2: Exemplo de imagem com direita-esquerda espelhada.

4.2 Trocar Eixo

A ferramenta de troca de eixo, muda as orientações da imagem caso ela tem sido importada erroneamente. Para isso é necessário ir no menu, **Ferramentas, Imagem, Trocar Eixo** e clicar em uma das seguintes opções (figura 4.3):

- Da Direita para Anterior-Posterior
- Da Direita-Esquerda para Superior-Inferior
- Da Anterior-Posterior para Superior-Inferior

As figuras 4.4 e 4.5, apresentam um exemplo de imagens com eixo invertido.

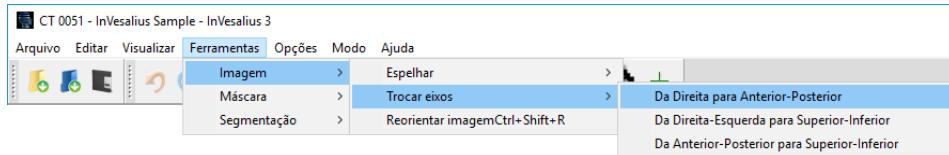


Figura 4.3: Menu para ativar espelhar um dos lados da imagem.

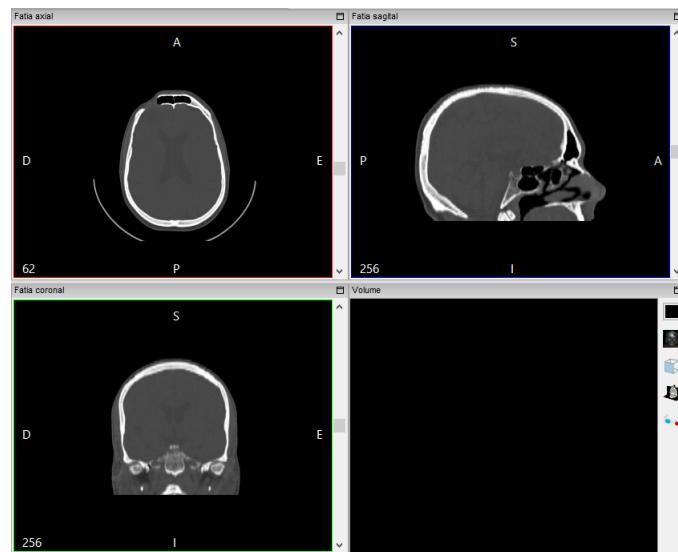


Figura 4.4: Conjunto de imagens antes de inverter eixo - Da Anterior-Posterior para Superior-Inferior.

4.3 Reorientar imagem (Rotacionar)

Caso seja necessário alinhar a imagem levando em consideração algum ponto de referência como algum marco anatômico, é possível realizar essa tarefa utilizando a ferramenta de reorientação de imagem. Para abrir a ferramenta é necessário ir ao menu, **Ferramentas**, **Imagen** e por último **Reorientar imagem** (figura 4.6).

Ao abrir a ferramenta será exibida uma janela (figura 4.7) que mostra em qual orientação e quantos graus a imagem foi rotacionada.

Inicialmente é necessário definir em função de qual ponto a imagem será rotacionada, para isso é necessário **manter o botão esquerdo do mouse pressionado** entre a interseção de duas linhas (figura 4.8) em uma das janelas de orientação axial, coronal ou sagital e arrastar até o ponto desejado.

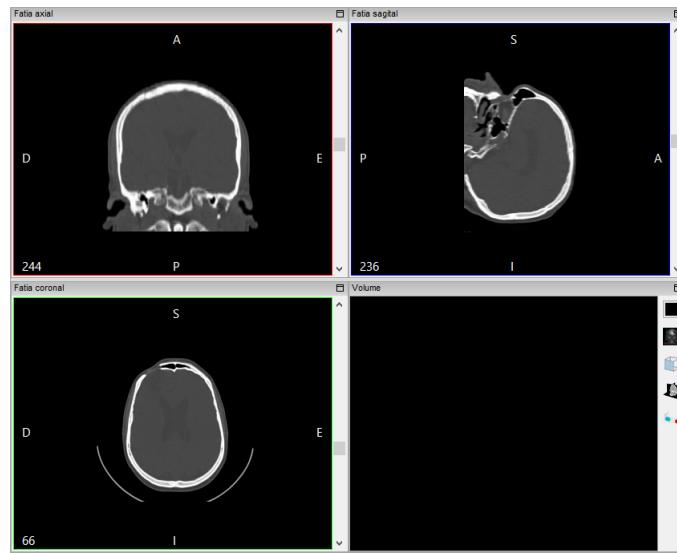


Figura 4.5: Conjunto de imagens com eixo invertido - Da Anterior-Posterior para Superior-Inferior.

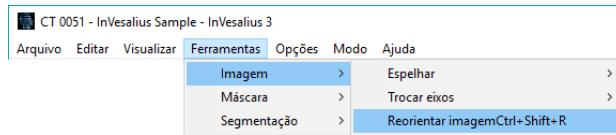


Figura 4.6: Menu para ativar o recurso de reorientar imagem.



Figura 4.7: Janela responsável por exibir os parâmetros de reorientação de imagem.

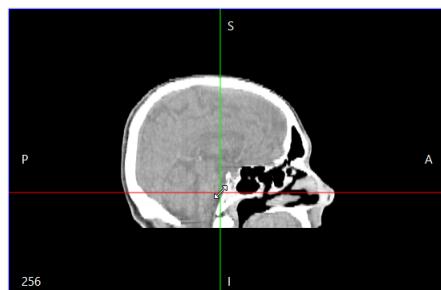


Figura 4.8: Definição do eixo de rotação da imagem.

Para rotacionar a imagem é necessário **manter o botão esquerdo do mouse** sobre a imagem e girá-la.

mouse pressionado e arrastar de forma que o ponto de referencia ou marco anatômico fique alinhado com uma das linhas (figura 4.9). Após a imagem estar na posição desejada, é necessário clicar no botão **Aplicar**, presente na janela de parâmetros (figura 4.7), dependendo do tamanho da imagem é necessário aguardar alguns segundos até o processo finalizar. A figura 4.10 apresenta uma imagem com o processo de reorientação finalizada.

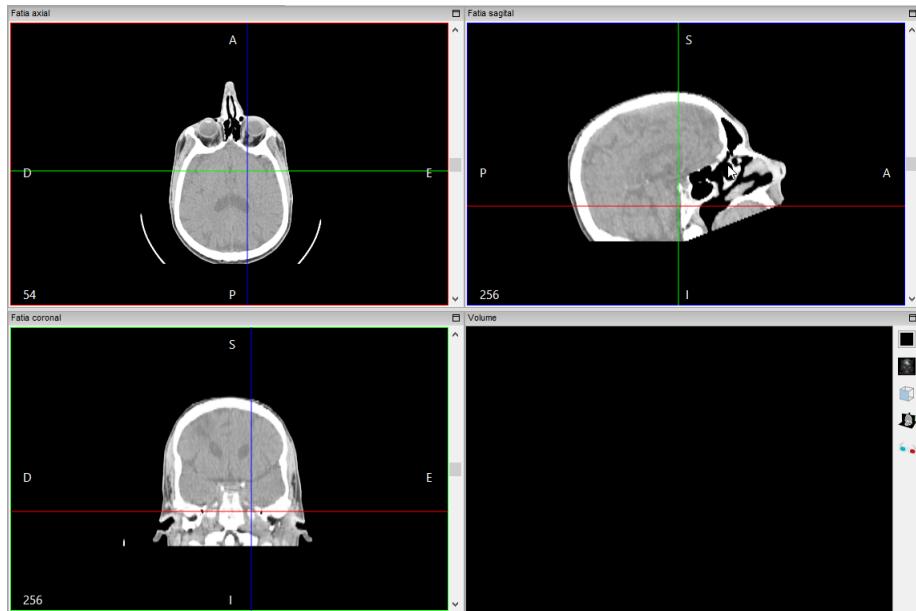


Figura 4.9: Imagem rotacionada.

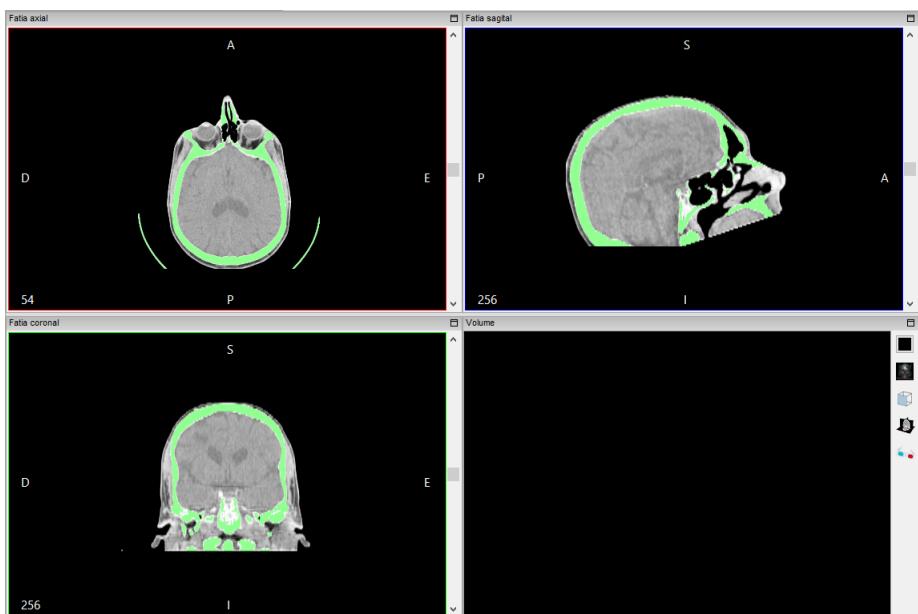


Figura 4.10: Imagem rotacionada após a finalização do processo.

Capítulo 5

Manipulação de Imagens (2D)

5.1 Reconstrução Multiplanar

Ao importar as imagens, o InVesalius mostra, automaticamente, a sua reconstrução multiplanar nas orientações Axial, Sagital e Coronal, bem como uma janela para manipulação 3D. Veja a figura 5.1.

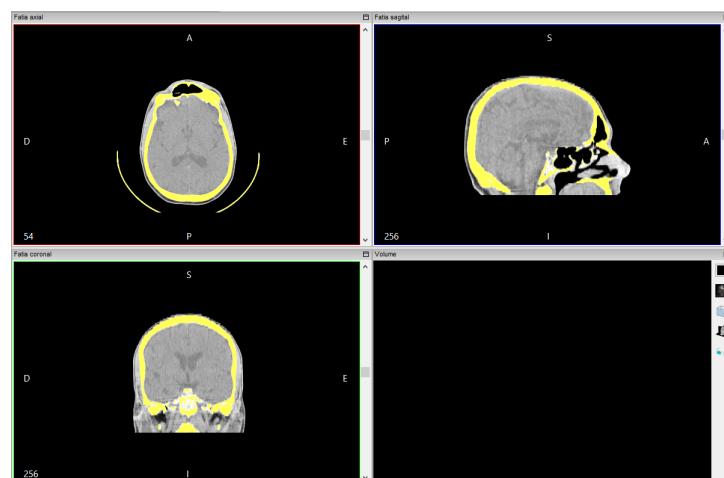


Figura 5.1: Reconstrução multiplanar

Além de criar a reconstrução multiplanar, o InVesalius segmenta a imagem, destacando, por exemplo, os ossos dos tecidos moles. O destaque é representado por meio da aplicação de cores sobre a estrutura segmentada, isto é, as cores formam uma máscara sobre a imagem destacando a estrutura (figura 5.1). Isso será discutido em mais detalhes nos próximos capítulos.

Para esconder a máscara, usa-se o gerenciador de dados, localizado no canto inferior esquerdo da tela. Basta escolher a aba **Máscaras** e clicar uma vez com o botão **esquerdo** do mouse sobre o ícone do olho ao lado de "**Máscara 1**". Veja a figura 5.2.

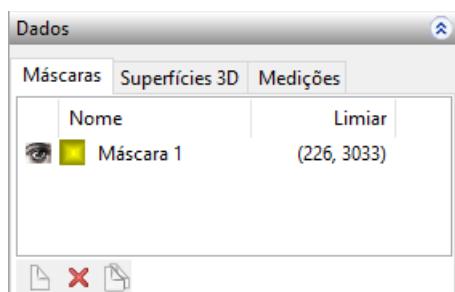


Figura 5.2: Gerenciador de máscaras

O ícone do olho desaparece, e as cores da máscara de segmentação são escondidas (figura 5.3).

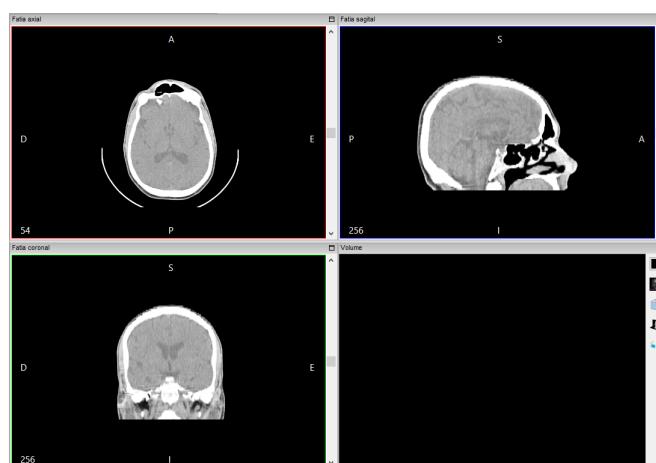


Figura 5.3: Reconstrução multiplanar sem máscara de segmentação

5.1.1 Orientação axial

A orientação axial é composta de cortes transversais da região de interesse, ou seja, cortes paralelos ao plano axial do corpo humano. Na figura 5.4, é exibida uma imagem em orientação axial da região do crânio.

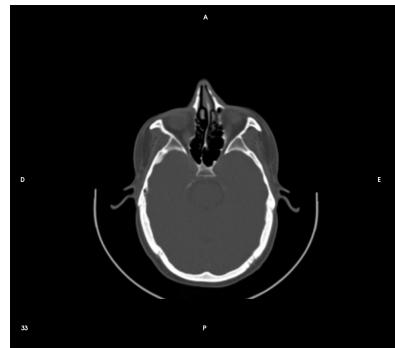


Figura 5.4: Corte axial

5.1.2 Orientação sagital

A orientação sagital é composta de cortes realizados lateralmente em relação à região de interesse, ou seja, cortes paralelos ao plano sagital do corpo humano, que o divide nas porções esquerda e direita. A figura 5.5 mostra uma imagem do crânio em orientação sagital.



Figura 5.5: Corte sagital

5.1.3 Orientação coronal

A orientação coronal é composta de cortes paralelos ao plano coronal, que divide o corpo humano em metades ventral e dorsal. A figura 5.6 mostra uma imagem do crânio em orientação coronal.

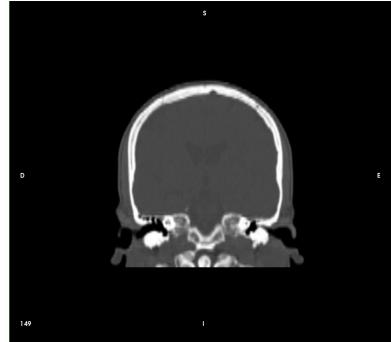


Figura 5.6: Corte coronal

5.2 Correspondência entre as orientações axial, sagital e coronal

Para saber qual o ponto comum das imagens nas diferentes orientações, basta acionar o recurso "Cruz de interseção de fatias" pelo ícone de atalho localizado na barra de ferramentas. Veja a figura 5.7.



Figura 5.7: Atalho para mostrar ponto comum entre diferentes orientações

Quando o recurso é acionado, dois segmentos de reta que se cruzam perpendicularmente são exibidos sobre cada imagem (figura 5.8). O ponto de interseção de cada par de segmentos representa o ponto comum entre as diferentes orientações.

Para modificar o ponto, mantenha **pressionado** o botão **esquerdo** do mouse e o **arraste**. Automaticamente, os pontos correspondentes serão atualizados em cada imagem.

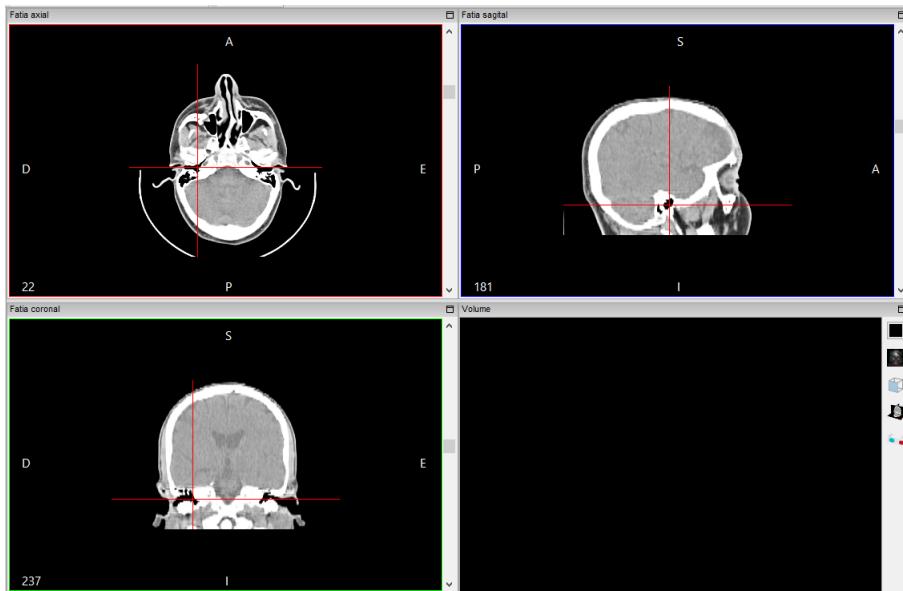


Figura 5.8: Ponto comum entre orientações diferentes

Para desativar a funcionalidade, basta clicar novamente sobre o atalho (figura 5.7). Esse recurso pode ser utilizado em conjunto com o editor de fatias (que será comentado mais à frente).

5.3 Interpolação

Por padrão a visualização das imagens 2D são interpoladas (figura 5.10).a, caso deseja desativar esse recurso, basta ir no menu **Visualizar, Fatias interpoladas** (figura 5.9). Dessa forma será possível visualizar cada pixel individualmente como mostra a figura 5.10.b.

Observação: Essa interpolação é apenas para efeitos de visualização, não influenciando diretamente na segmentação ou na geração de superfície 3D.

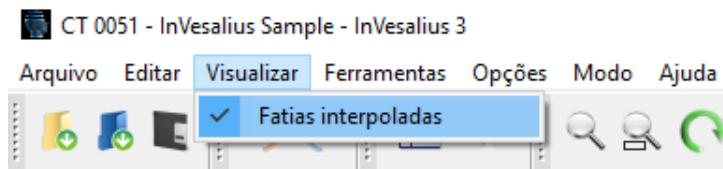


Figura 5.9: Menu para desativar e ativar interpolação

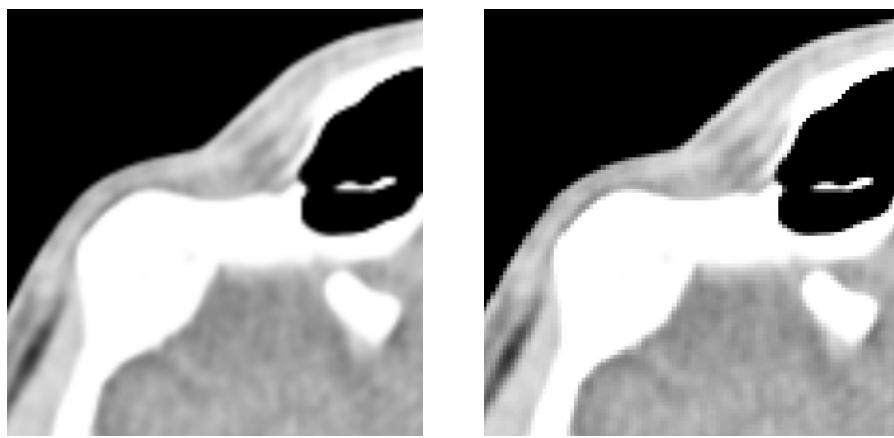


Figura 5.10: Visualização de imagem interpolada e não interpolada.

5.4 Mover

Para mover uma imagem na tela, pode-se utilizar o ícone do atalho "Mover" da barra de ferramentas (figura 5.11). Clique sobre o ícone para ativar o recurso e, em seguida, com o botão **esquerdo** do mouse pressionado sobre a imagem, **arraste-a** para a direção desejada. A figura 5.12 mostra uma imagem deslocada (movida).



Figura 5.11: Atalho para mover imagens



Figura 5.12: Imagem deslocada

5.5 Rotacionar

A rotação de imagens pode ser ativada pelo ícone do atalho "Rotacionar" da barra de ferramentas (figura 5.13). Para rotacionar uma imagem, clique sobre o ícone e, em seguida, com o botão **esquerdo** do mouse pressionado sobre a imagem, **arraste-a** no sentido horário ou anti-horário, dependendo do sentido de rotação desejado.



Figura 5.13: Atalho para rotacionar imagens

5.6 Ampliar (*Zoom*)

No InVesalius, existem diferentes formas de ampliar uma imagem. Pode-se maximizar a janela da orientação desejada, aplicar o *zoom* diretamente na imagem, ou selecionar a região da imagem que será ampliada.

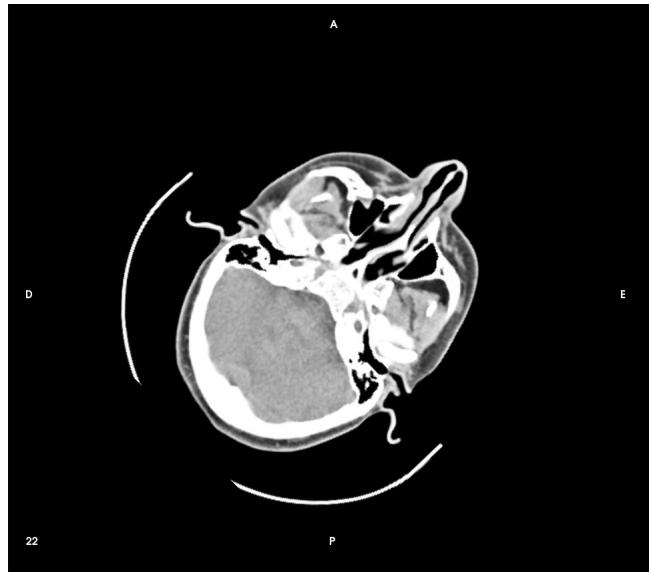


Figura 5.14: Imagem rotacionada

5.6.1 Maximizando as janelas de orientação

Como já sabemos, a janela principal do InVesalius é dividida em 4 subjanelas: axial, sagital, coronal e 3D. Cada uma delas pode ser maximizada de modo a ocupar toda a área da janela principal. Para isso, basta clicar com o botão **esquerdo** do mouse no ícone existente no **canto superior direito** da subjanela (figura 5.15). Para restaurar uma janela maximizada a seu tamanho anterior, basta clicar novamente no ícone.



Figura 5.15: Detalhe de uma subjanela (Observe o ícone de maximizar no canto superior direito)

5.6.2 Ampliando ou reduzindo uma imagem

Para ampliar ou reduzir uma imagem, clique sobre o ícone do atalho "Zoom" na barra de ferramentas (figura 5.16). Mantenha o botão **esquerdo** pressionado sobre a imagem e **arraste** o mouse para **cima**, caso deseje ampliá-la, ou para **baixo**, caso deseje reduzi-la.



Figura 5.16: Atalho de *Zoom*

5.6.3 Ampliando uma área da imagem

Para ampliar uma área determinada da imagem, clique sobre o ícone do atalho "Zoom baseado na seleção" na barra de ferramentas (figura 5.17). Posicione o ponteiro do mouse na posição inicial da seleção, clique e mantenha o botão **esquerdo** do mouse pressionado e **arraste-o** até a posição final da seleção, formando um retângulo (figura 5.18). Assim que o botão esquerdo do mouse for liberado, a operação de *zoom* será aplicada à região selecionada (figura 5.19).



Figura 5.17: Atalho de *Zoom* baseado na seleção

5.7 Brilho e contraste (Janelas)

Para melhorar a visualização das imagens, podemos utilizar o recurso de *window width* e *window level*, popularmente conhecido por "brilho e contraste" ou "janela" (para radiologistas). Com esse recurso, é possível definir a faixa da escala de cinza (*window level*) e a largura dessa faixa (*window width*) que serão usadas para exibir as imagens.



Figura 5.18: Área selecionada para *zoom*

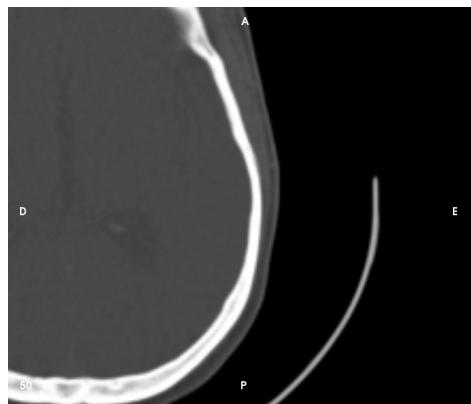


Figura 5.19: Imagem ampliada

O recurso pode ser acionado pelo ícone do atalho "Contraste" na barra de ferramentas. Veja a figura 5.20.



Figura 5.20: Atalho de brilho e contraste

Para aumentar o brilho, mantenha o botão **esquerdo** do mouse pressionado e o **arraste** na horizontal para a direita. Para diminuir o brilho, basta arrastar o mouse para a esquerda. O contraste pode ser alterado arrastando o mouse (com o botão **esquerdo** pressionado) na vertical: para cima para aumentar, ou para baixo para diminuir o contraste.

Para desabilitar o recurso, clique novamente sobre o ícone do atalho (fi-

gura 5.20).

É possível utilizar padrões pré-definidos de brilho e contraste. A tabela 5.1 relaciona alguns tipos de tecido com os respectivos valores de brilho e contraste da imagem. Para usar um padrão pré-definido, posicione o cursor do mouse sobre a imagem e clique com o botão **direito** para abrir um menu de contexto sobre ela. Quando o menu se abrir, selecione a entrada **Brilho e Contraste** e, em seguida, clique sobre a opção pré-definida, de acordo com o tipo de tecido, como mostra a figura 5.21.

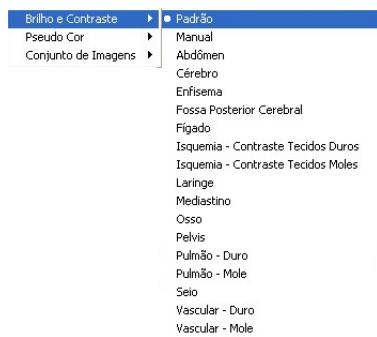
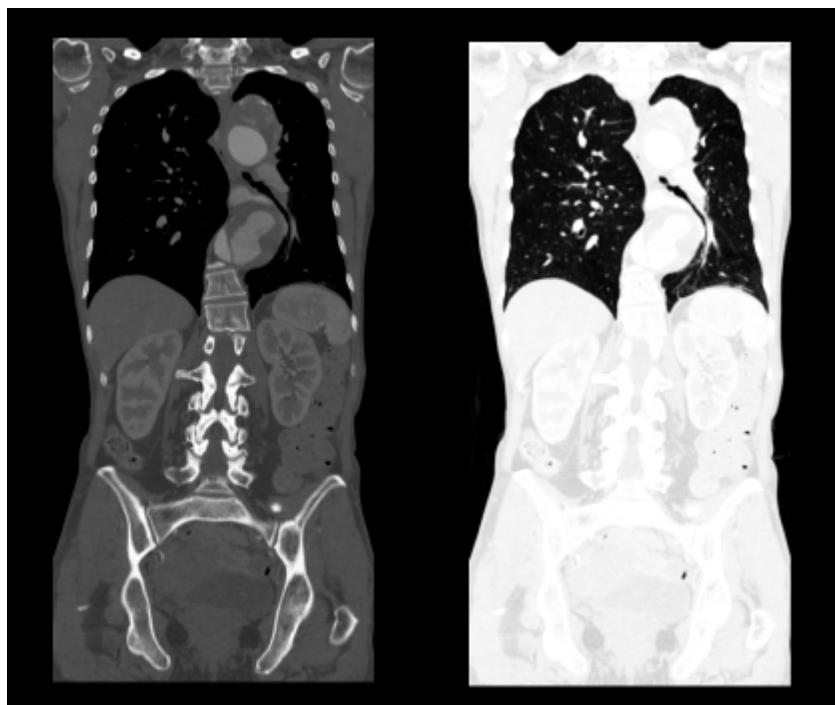


Figura 5.21: Menu de contexto para seleção de brilho e contraste

5.8 Pseudocor

Outro recurso para melhorar a visualização das imagens são as pseudocores. Elas substituem os níveis de cinza por cores, ou pelos níveis de cinza invertidos. Nesse último caso, regiões da imagem que antes eram mais claras se tornam mais escuras e vice-versa.

Para alterar a visualização usando uma pseudocor, posicione o cursor do mouse sobre a imagem e clique com o botão **direito** para abrir um menu de contexto sobre ela. Quando o menu se abrir, selecione a entrada **Pseudocor** e, em seguida, clique sobre a opção de pseudocor desejada, como mostra a figura 5.23.



(a) Osso

(b) Pulmão

Figura 5.22: Diferentes tipos de brilho e contraste

Tabela 5.1: Valores de brilho e contraste para alguns tecidos

Tecido	Brilho	Contraste
Padrão	Exame	Exame
Manual	Alterado	Alterado
Abdômen	350	50
Cérebro	80	40
Enfisema	500	-850
Fossa Posterior Nasal	120	40
Fígado	2000	-500
Isquemia - Contraste Tecidos Duros	15	32
Isquemia - Contraste Tecidos Moles	80	20
Laringe	180	80
Mediastino	350	25
Osso	2000	300
Pélvis	450	50
Pulmão Duro	1000	-600
Pulmão Mole	1600	-600
Seio	4000	400
Vascular - Duro	240	80
Vascular - Mole	680	160



Figura 5.23: Pseudo Cor

As figuras de 5.24 a 5.30 exemplificam as diversas opções de pseudocor disponíveis.

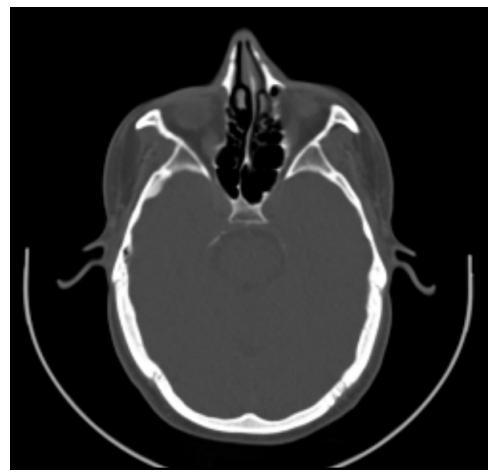


Figura 5.24: Padrão

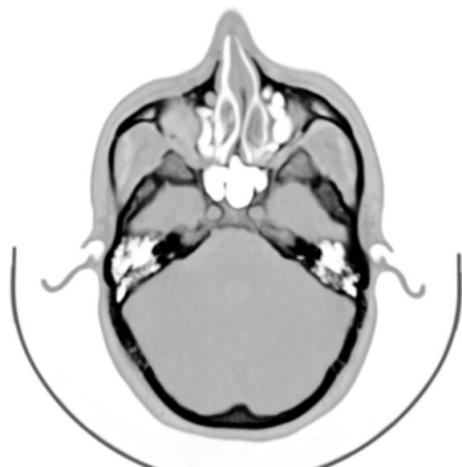


Figura 5.25: Imagem Cinza Invertido

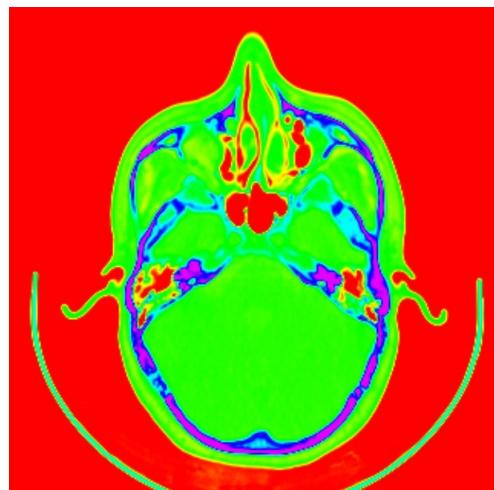


Figura 5.26: Arco-íris

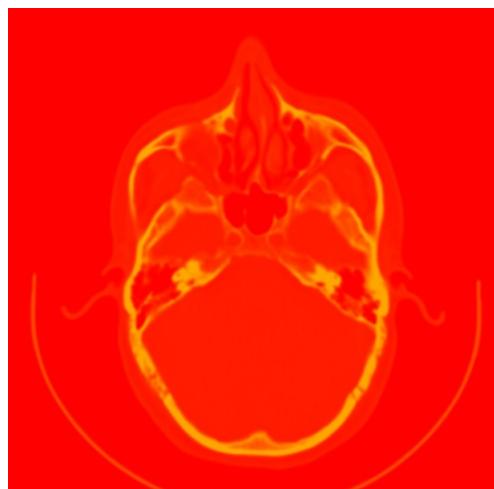


Figura 5.27: Deserto

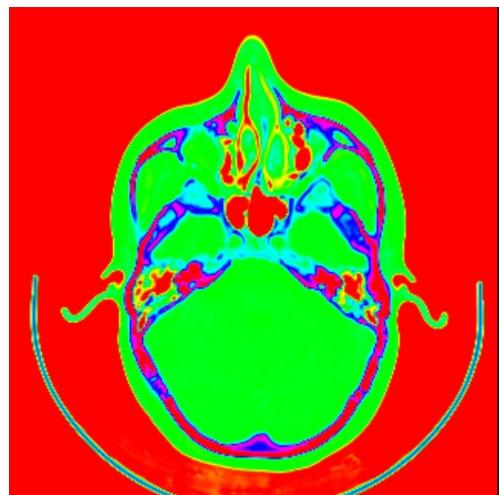


Figura 5.28: Matiz

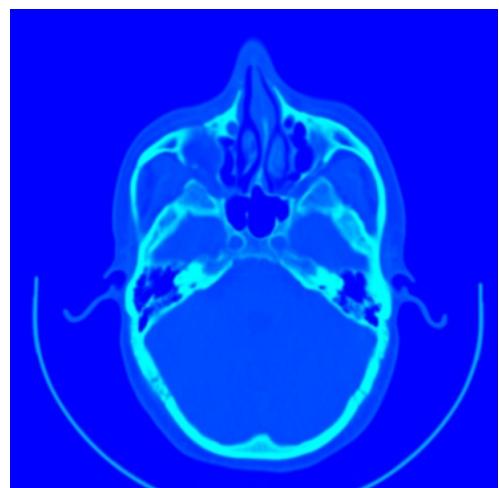


Figura 5.29: Oceano

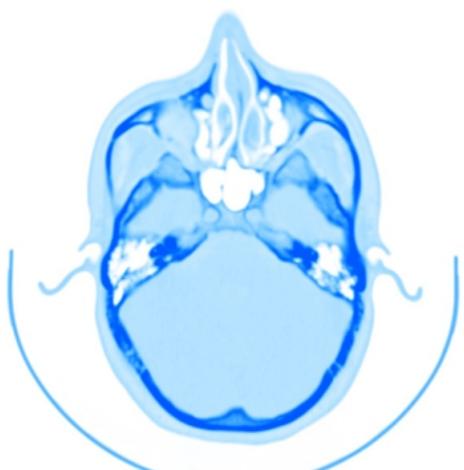


Figura 5.30: Saturação

5.9 Tipo de projeção

É possível alterar o tipo de projeção das imagens 2D a serem visualizadas, além do modo normal, o InVesalius dispõe de seis tipos de projeções que podem serem acessadas da seguinte forma: Possione o cursor do mouse sobre a imagem e clique com o botão **direito** para abrir um menu de contexto sobre ela. Quando o menu se abrir, selecione a entrada tipo de projeção e, em seguida, clique sobre a opção de pseudocor desejada, como mostra a figura 5.31.

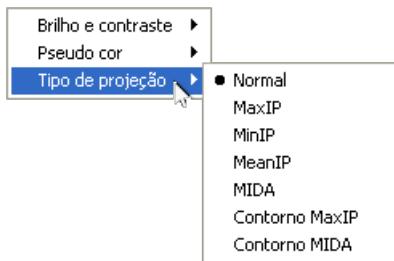


Figura 5.31: Menu de Tipo de projeção

5.9.1 Normal

O modo normal é a visualização padrão, ou seja, sem nenhum tipo de projeção, da maneira em que a imagem foi adquirida ou customizada previamente seja com brilho e contraste ou pseudocor. Exemplificamos na figura 5.32.

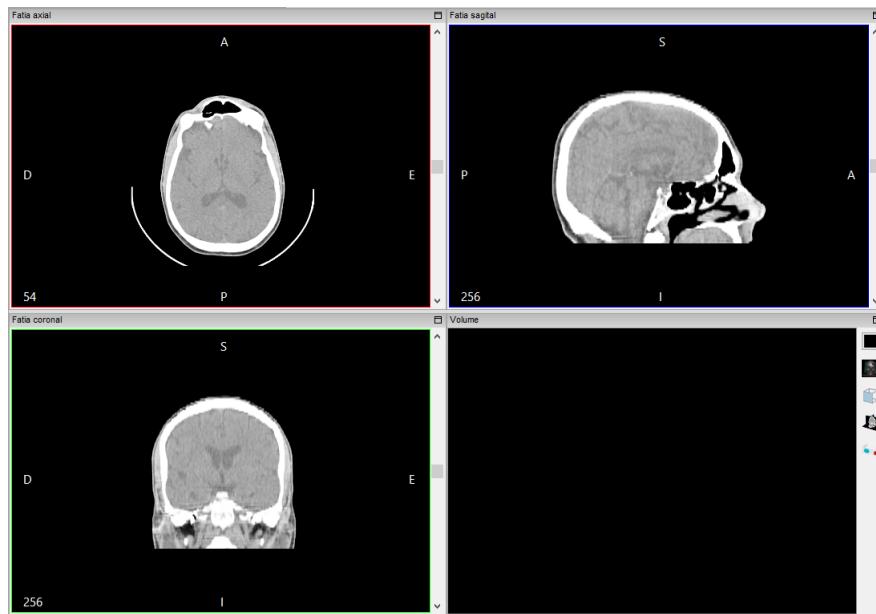


Figura 5.32: Projeção normal

5.9.2 MaxIP

MaxIP também é conhecido como MIP (*Maximum Intensity Projection*), o método seleciona somente os voxels que possuem intensidade máxima entre os visitados como mostra a figura 5.33. De acordo com a quantidade ou "profundidade" do MaxIP cada voxel é visitado em ordem de sobreposição, por exemplo, para selecionar MaxIP do pixel $(0, 0)$ composto por 3 fatias é necessário visitar o pixel $(0, 0)$ das fatias $(1, 2, 3)$ e selecionar o maior valor.

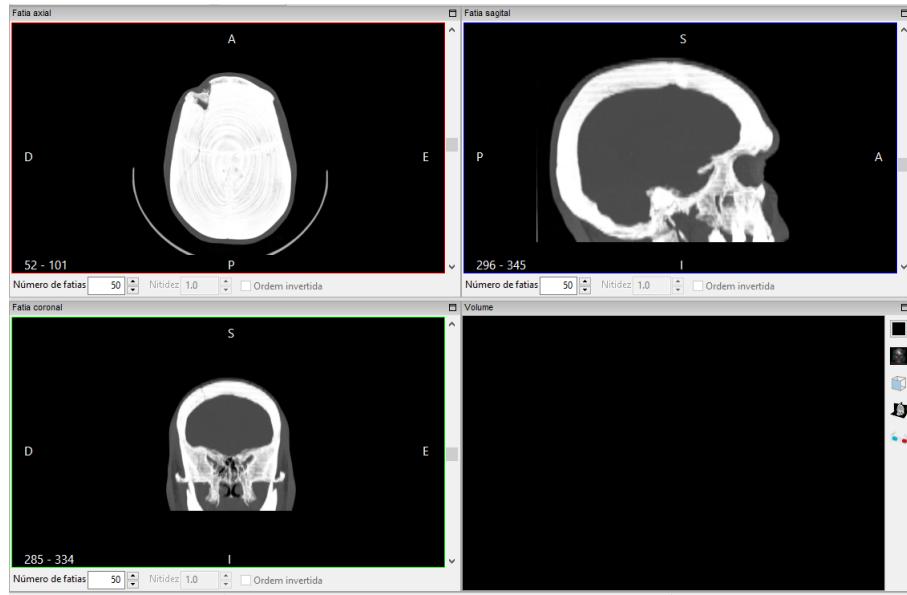


Figura 5.33: Projeção MaxIP ou MIP

Como mostra a figura 5.34, a quantidade de imagens que irá compor o MaxIP é setada no inferior da imagem de cada orientação.

Número de fatias	150	Nitidez	1.0	<input type="checkbox"/> Ordem invertida
------------------	-----	---------	-----	--

Figura 5.34: Seleção da quantidade de imagens que compõe o MaxIP ou MIP

5.9.3 MinIP

Ao contrário do MaxIP, o MinIP (*Minimun Intensity Projection*) seleciona somente os voxels que possuem intensidade mínima entre os visitados, apresentamos na figura 5.35 um exemplo. A seleção da quantidade de imagens que irá compor a projeção é feita no inferior da imagem de cada orientação como mostra a figura 5.34.

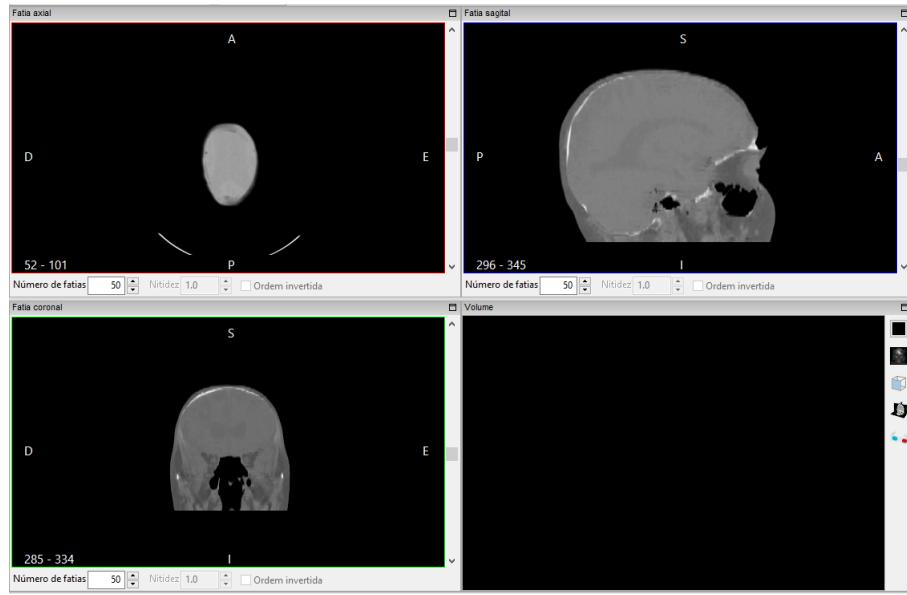


Figura 5.35: Projeção MinIP

5.9.4 MeanIP

A técnica MeanIP (*Mean Intensity Projection*) que é mostrada na figura 5.36 compõe a projeção realizando a média dos voxels visitados. Os voxels são visitados da mesma forma dos métodos MaxIP e MinIP. Também é possível definir quantas imagens irão compor a projeção no inferior da imagem de cada orientação como é mostrada na figura 5.34.

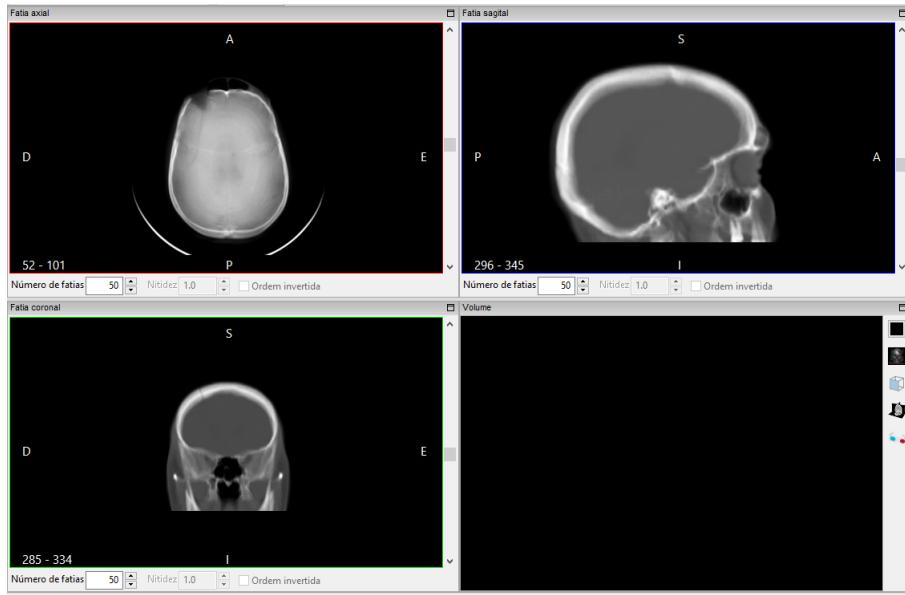


Figura 5.36: Projeção MeanIP

5.9.5 MIDA

A técnica MIDA (*Maximum Intensity Difference Accumulation*) projeta uma imagem levando em consideração somente os voxels que possuem valores máximos locais. A partir de cada pixel da tela é simulado um raio em direção ao volume, cada voxel é interceptado por cada um destes raios chegando até o final do volume, cada um desses voxels visitados tem o seu valor acumulado, mas são levados em consideração somente se o valor for maior que os valores já visitados anteriormente. A exemplo do MaxIP, é possível selecionar quantas imagens serão utilizadas para acumular os valores. Apresentamos na figura 5.37 um exemplo de projeção MIDA.

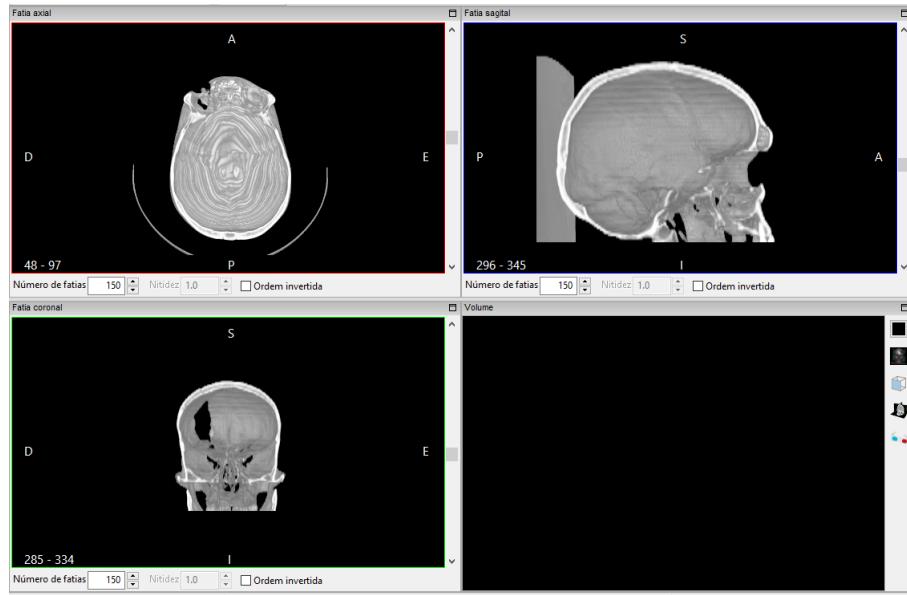


Figura 5.37: Projeção MIDA

Como mostra a figura 5.38, é possível inverter a ordem que os voxels são visitados, bastando selecionar a opção **Ordem invertida** no canto inferior da tela.

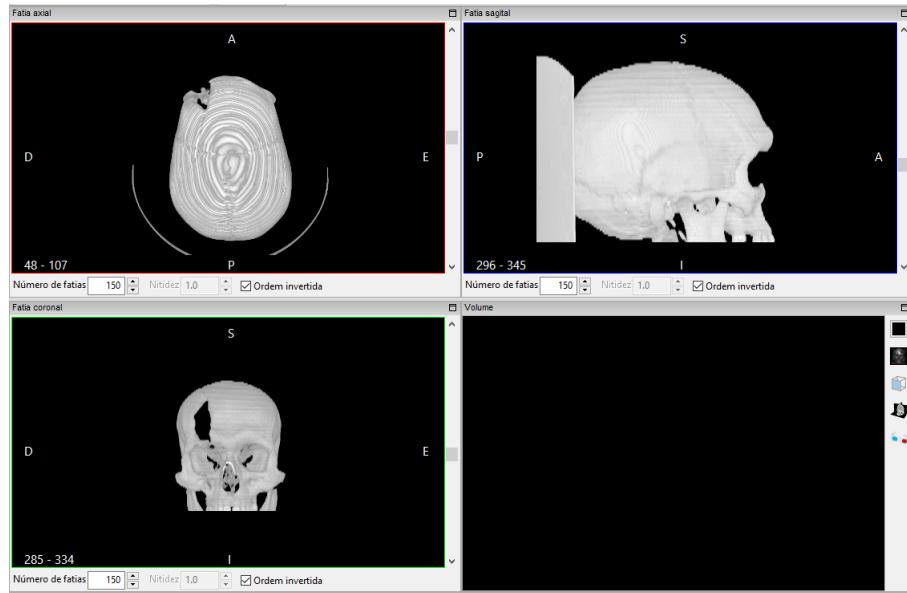


Figura 5.38: Projeção MIDA em ordem invertida

5.9.6 Contorno MaxIP

Compõe a projeção 2D do conjunto de imagens que contém o volume usando a técnica *Contour MaxIP*. A técnica consiste em visualizar contornos presentes na projeção gerada com a técnica MaxIP(5.9.2). Um exemplo é apresentado na figura 5.39.



Figura 5.39: Projeção de Contorno MaxIP

5.9.7 Contorno MIDA

Compõe a projeção 2D do conjunto de imagens que contém o volume usando a técnica *Contour MIDA*. A técnica consiste em visualizar contornos presentes na projeção gerada com a técnica MIDA(5.9.5). A exemplo do MIDA é possível inverter a ordem que o volume é visitado. Exemplificamos na figura 5.40.

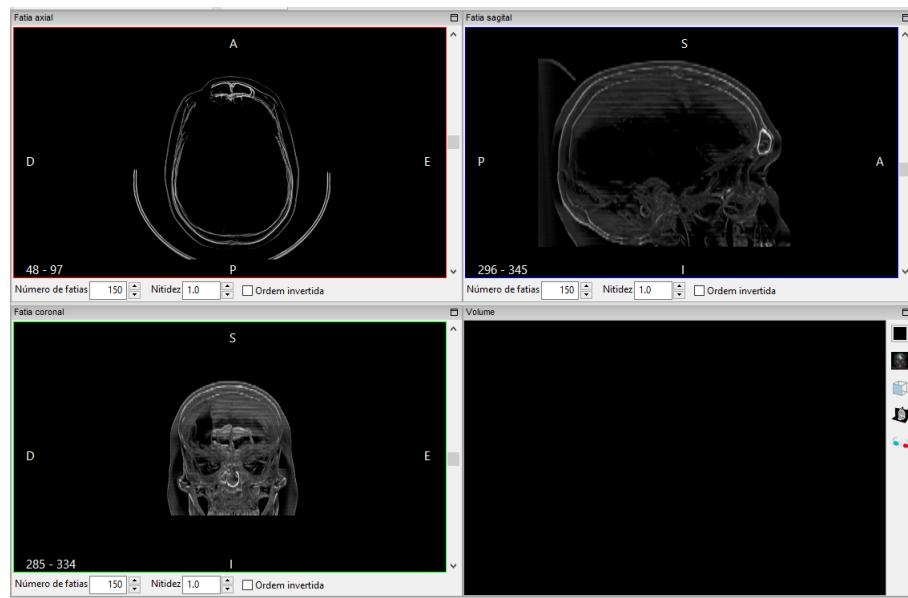


Figura 5.40: Projeção de Contorno MIDA

Capítulo 6

Segmentação

Para selecionar um determinado tipo de tecido da imagem, é utilizado o recurso de segmentação, disponível no InVesalius.

6.1 Limiar (*Threshold*)

Limiar é uma técnica de segmentação de imagens que permite selecionar da imagem somente os *pixels* cuja intensidade está dentro de um limiar definido pelo usuário. O limiar é definido por dois números, limiares inicial e final, também conhecidos como *thresholds* mínimo e máximo. Como referência para a definição, é utilizada a escala de Hounsfield (tabela 1.1).

A segmentação é acionada no painel situado no lado esquerdo da interface do InVesalius, no item **2. Selecione a região de interesse** (figura 6.1).

Antes de iniciar a segmentação, é necessário configurar uma máscara. A máscara é uma imagem com a região selecionada colorida e sobreposta à imagem original. Veja a figura (6.2)

Para alterar o limiar, pode-se utilizar a barra que representa os níveis de cinza na imagem (figura 6.3). É possível alterar o limiar inicial usando o controle deslizante *esquerdo* da barra. De forma semelhante, o limiar final pode ser alterado por meio do controle *direito*. É possível, ainda, digitar diretamente os valores desejados nas respectivas caixas de texto nas extremidades da barra. Com a alteração dos valores, automaticamente a máscara

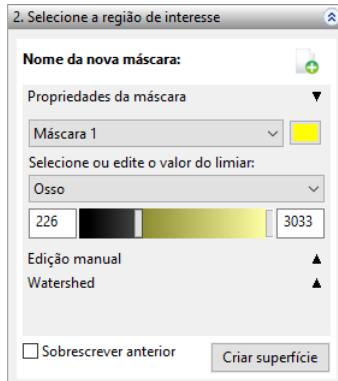


Figura 6.1: Seleção de região de interesse



Figura 6.2: Máscara (regiões em amarelo)

será atualizada, pintando somente os *pixels* com intensidade dentro da faixa determinada.



Figura 6.3: Seleção dos *pixels* com intensidade entre 226 e 3021 (Osso)

Também existem valores pré-definidos de limiar de acordo com alguns tipos de tecido, como mostra a figura 6.4. Basta selecionar o tecido desejado e a máscara será atualizada automaticamente.

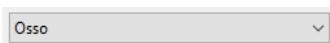


Figura 6.4: Caixa de seleção de valores pré-definidos de limiar

A tabela 6.1 mostra a faixa de níveis de cinza de acordo com o tipo de tecido ou material.

Tabela 6.1: Limiares pré-definidos para alguns materiais

Material	Limiar inicial	Limiar final
Esmalte (Adulto)	1553	2850
Esmalte (Criança)	2042	3021
Ossos	226	3021
Ossos Compactos (Adulto)	662	1988
Ossos Compactos (Criança)	586	2198
Ossos Esponjosos (Adulto)	148	661
Ossos Esponjosos (Criança)	156	585
Personalizado	Def. Usuário	Def. Usuário
Tecido Epitelial (Adulto)	-718	-177
Tecido Epitelial (Criança)	-766	-202
Tecido Gorduroso (Adulto)	-205	-51
Tecido Gorduroso (Criança)	-212	-72
Tecido Muscular (Adulto)	-5	135
Tecido Muscular (Criança)	-25	139
Tecidos Moles	-700	225

A tabela 6.1 é mais indicada para tomógrafos médicos. Nos tomógrafos odontológicos, comumente as faixas de níveis de cinza são maiores e não regulares. Assim, é necessário utilizar a barra de limiar (figura 6.3) para ajustá-las.

Caso se deseje criar uma nova máscara, basta clicar no ícone do atalho presente no painel, dentro do item **2. Selecione a região de interesse**. Veja a figura 6.5.



Figura 6.5: Atalho para criar nova máscara

Clicando-se nesse atalho, uma nova janela será apresentada (figura 6.6). Selecione a faixa de limiar desejada e clique em **OK**.

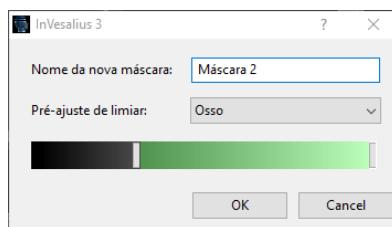


Figura 6.6: Criar uma nova máscara

Com uma máscara de segmentação configurada, é possível gerar a superfície 3D correspondente às imagens em estudo. A superfície será composta por uma malha de triângulos. O próximo capítulo trará maiores detalhes sobre esse tipo de superfície.

Para iniciar a geração, clique no botão **Gerar superfície** (figura 6.7). Caso já exista uma superfície gerada previamente, pode-se substituí-la pela nova. Para isso, basta selecionar, **antes** da geração, a opção **Sobrescrever anterior**.



Figura 6.7: Botão Gerar superfície

Após alguns instantes, a superfície será exibida na janela de visualização 3D do InVesalius (figura 6.8).

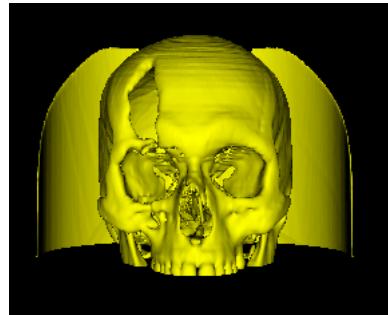


Figura 6.8: Superfície 3D

6.2 Segmentação manual (Edição de imagens)

Há situações em que a segmentação por limiar não é eficiente, pois ela é aplicada ao conjunto todo das imagens. Para aplicar a segmentação a imagens isoladas, pode-se usar a segmentação manual. Com ela, é possível adicionar ou apagar uma determinada região da imagem que foi segmentada por limiar. No entanto, a segmentação manual requer maior conhecimento de anatomia por parte do usuário. Para utilizá-la, é necessário clicar em **Edição Manual** (figura 6.9) para abrir o painel de edição.

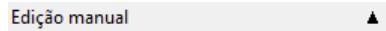


Figura 6.9: Ícone para abrir a ferramenta de edição manual

O painel de edição aparece como mostra a figura 6.10.

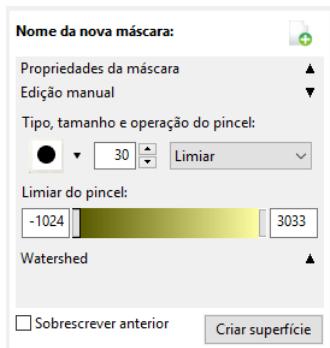


Figura 6.10: Painel de edição

Há dois tipos de pincel disponíveis para desenho: um em forma de círculo e outro em forma de quadrado. Para escolher um pincel, clique no triângulo da lista de seleção para abri-la e, a seguir, clique sobre o tipo escolhido. O pincel selecionado aparece no painel como mostra a figura 6.11.



Figura 6.11: Tipo de pincel

Também é possível alterar o diâmetro do pincel, conforme mostra a figura 6.12.



Figura 6.12: Seleção do diâmetro do pincel

É necessário selecionar o tipo de operação que será realizada pelo pincel. As opções são as seguintes:

- Desenhar**, para pintar uma região que não foi selecionada;
- Apagar**, para remover uma região que foi selecionada;
- Limiar**, para remover uma região que está fora do limiar e foi selecionada, ou pintar uma região que está dentro do limiar e não foi selecionada.

A figura 6.13 ilustra a lista de operações do pincel:

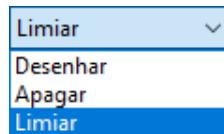


Figura 6.13: Seleção do tipo de operação do pincel

A figura 6.14 mostra um caso em que algumas imagens contêm ruídos causados pela presença de prótese dentária de amálgama no paciente. Observe os "raios" saindo da região da arcada dentária. Isso ocorre porque a máscara de segmentação também seleciona parte dos ruídos, pois eles estão na mesma intensidade do limiar para osso.

A figura 6.15 ilustra como é uma superfície gerada a partir dessa segmentação.



Figura 6.14: Imagem com ruído segmentada com limiar

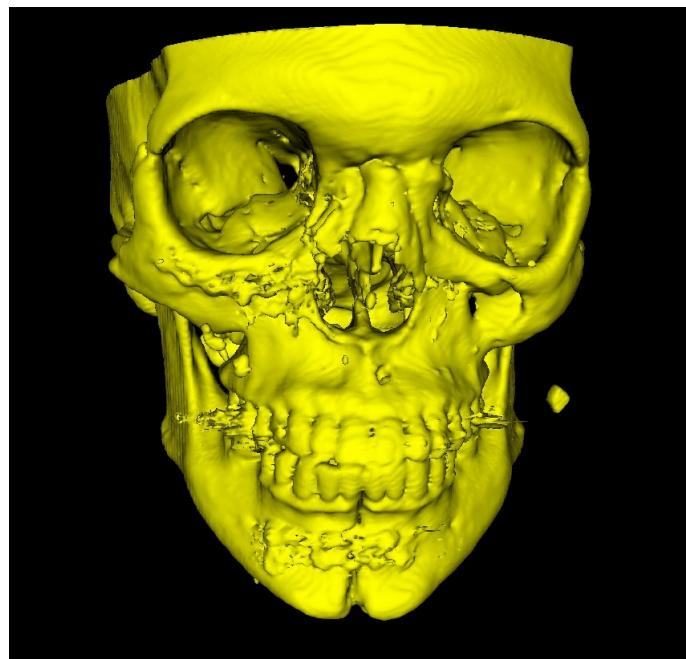


Figura 6.15: Superfície gerada a partir de imagem com ruído

Em casos como este, utilizando o editor, com o pincel na opção **Apagar**, mantenha o botão **esquerdo** do mouse pressionado enquanto o **arrasta** sobre a região que deseja remover (na máscara).

A figura 6.17 mostra a imagem da figura 6.14 após edição.

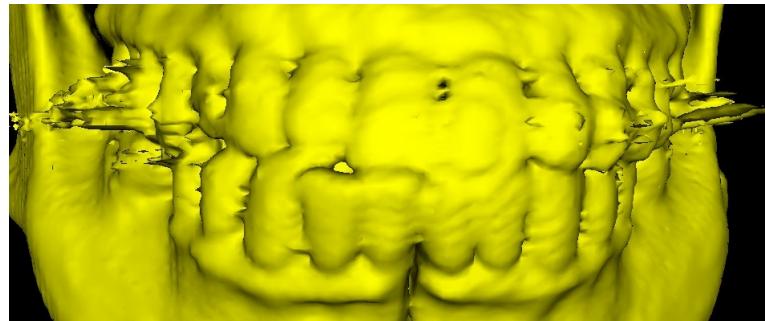


Figura 6.16: Zoom da região com ruído

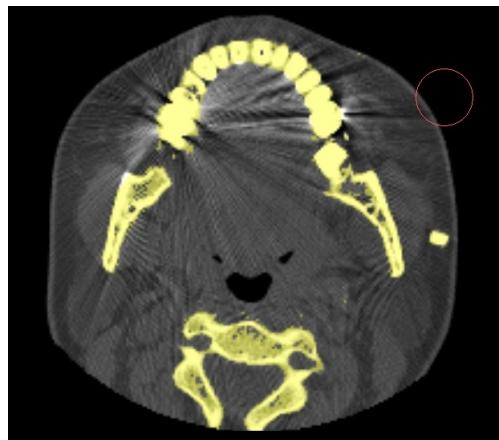


Figura 6.17: Imagem com ruído removido

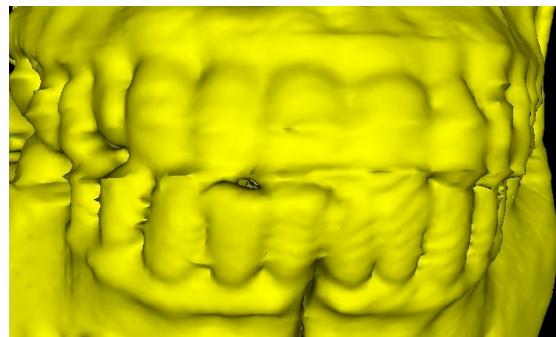


Figura 6.18: Superfície criada a partir da imagem com ruído removido

Realizada a edição, basta gerar a superfície a partir da imagem editada (figura 6.18). Como houve edição, ao clicar em **Criar superfície**, será requerido se deseja gerar a superfície a partir do método **binário** ou utilizando o método de suavização **Suavização sensível ao contexto** (figura 6.19)

para minimizar os "degraus" na superfície. Demais detalhes serão discutidos no capítulo 8.

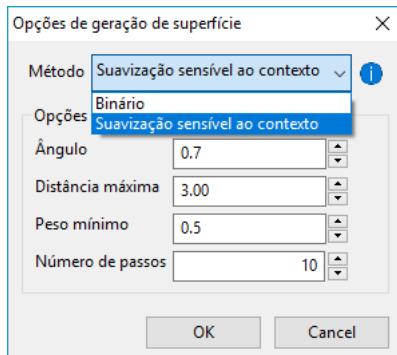


Figura 6.19: Método de criação de superfície

6.3 Watershed

A segmentação por watershed, necessita que o usuário indique através de marcadores o que é objeto e o que é fundo. Esse método de segmentação interpreta a imagem como uma bacia hidrográfica, sendo que os valores dos níveis de cinza são as altitudes, formando vales e montanhas, os marcadores de fundo e objeto são as fontes de água. Essas fontes de água, começam "encher" essa bacia hidrográfica até se encontrarem, assim segmentando a imagem em fundo e objeto. Para utilizá-la, é necessário clicar na opção **Watershed** para abrir o painel de edição (figura 6.20).

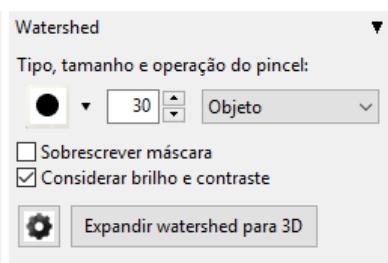


Figura 6.20: Painel de segmentação por Watershed

Antes de iniciar a segmentação por Watershed, é recomendável limpar

toda a máscara utilizando a ferramenta de limpeza de máscara, conforme é mostrado na seção 7.2.

Para inserir marcadores de fundo e objeto, é utilizada uma ferramenta em forma de pincel, a exemplo da segmentação manual, existe a opção de selecionar pincel retangular ou circular, também é possível alterar o tamanho deles.

É necessário também selecionar o tipo de operação que será realizada pelo pincel. As opções são as seguintes:

- **Objeto**, para inserir marcadores de objeto;
- **Fundo**, para inserir marcadores de fundo (não é objeto);
- **Apagar**, para apagar marcadores de objeto ou fundo.

A opção "**Sobrescrever máscara**" é utilizada quando deseja-se que a máscara selecionada seja substituída pelo resultado da segmentação. Já a opção "**Considerar brilho e contraste**" é utilizada para o algoritmo levar em consideração a imagem que está sendo visualizada, assim é possível alterar o brilho e contraste e obter resultados melhores de segmentação.

É possível configurar o método de *Watershed* através do botão ao lado esquerdo do painel (figura 6.21). Ao abrir essa opção é mostrada a janela 6.22. A opção método permite alterar o algoritmo que é utilizado na segmentação, existe o Wartershed convencional e o Watershed baseado no método de IFT (*Image Forest Transform*), em alguns casos, como segmentação de cérebro ele apresenta melhor resultado.

A conectividade dos pixels que serão levados em consideração, pode ser alterados, no caso 2D, é possível selecionar conectividade 4 e 8, já no caso 3D pode-se selecionar 6,18 ou 26. O valor "**Sigma da gaussiana**" é alterado para o método suavizar mais ou menos a imagem ao aplicar a segmentação, valores altos tendem a deixar a imagem mais suavizada e consequentemente o algoritmo seleciona menos detalhes e ruídos.



Figura 6.21: Botão para abrir a configuração do método de Watershed



Figura 6.22: Opções de configuração do método de Watershed

Existe a opção do método ser executado para todo o volume (expandir para outras fatias), para isso, após ser inserido os marcadores de objeto e de fundo, é necessário clicar no botão **Expandir watershed para 3D**, localizado no painel. Na figura 6.23 é exibido o resultado da segmentação do cérebro em uma fatia (2D), já na figura 6.24 é mostrado a expansão para todo o volume (3D).

Ainda na figura 6.23, podemos visualizar os marcadores de objeto em verde claro, os marcadores de fundo em vermelho e a máscara em verde transparente cobrindo a região selecionada (resultado).

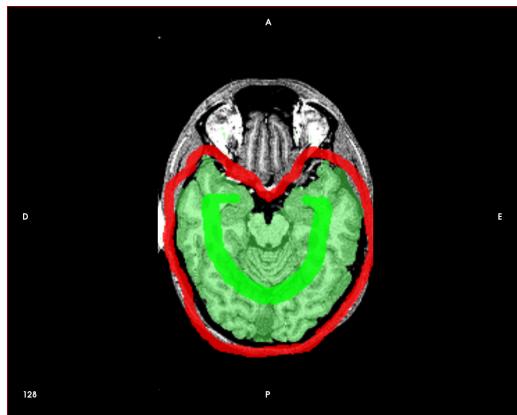


Figura 6.23: Watershed aplicado em uma fatia de um volume.

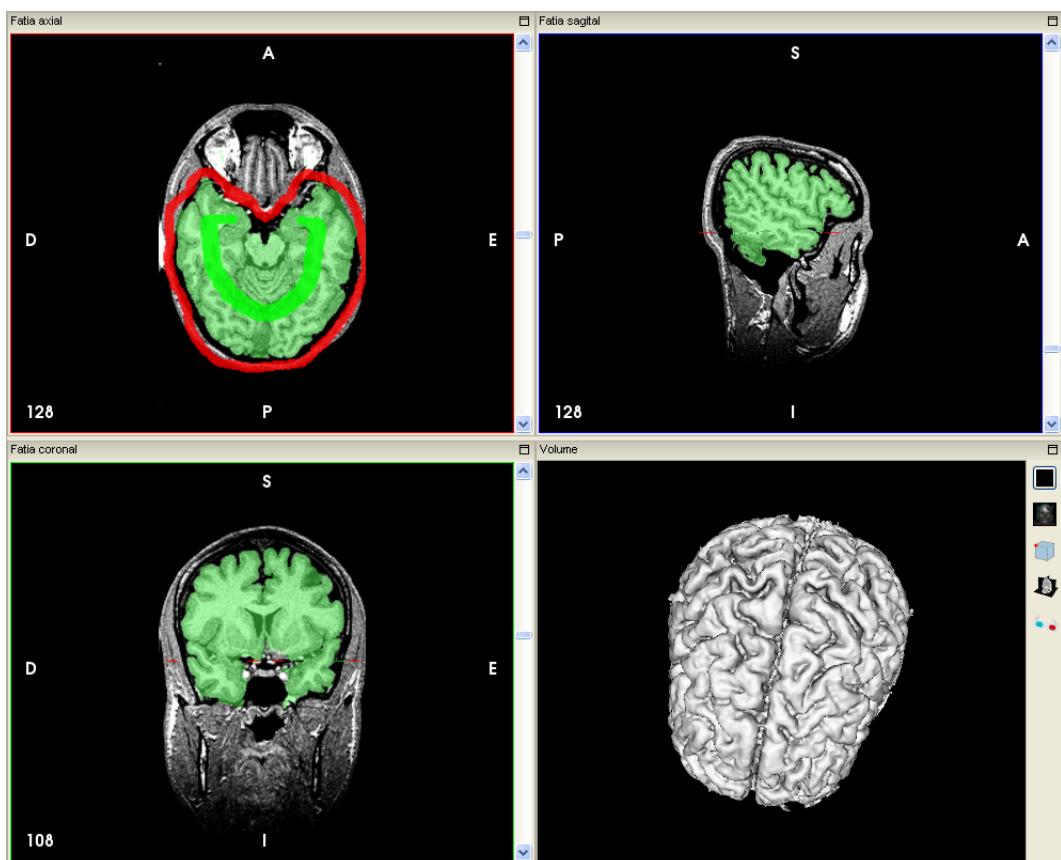


Figura 6.24: Segmentação do cérebro com o método de Watershed aplicado em todo um volume (expandido em 3D).

6.4 Crescimento de região

A técnica de segmentação por crescimento de região é ativada no menu **Ferramentas, Segmentação**, por último **Crescimento de região** (figura ??). Inicialmente deve-se selecionar a configuração entre **2D - Fatia atual** ou **3D - Todas as fatias**, também é necessário selecionar a conectividade do crescimento entre 4 ou 8 para o 2D e 6, 18 ou 26 para 3D. Por último é necessário selecionar o método, entre **Dinâmico, Limiar ou Confidência** (figura 6.26).

A técnica parte de um pixel inicial que é indicado clicando com o **botão direito** do mouse, os pixels vizinhos que satisfazem as condições indicadas anteriormente são selecionados. Cada método leva em consideração diferentes

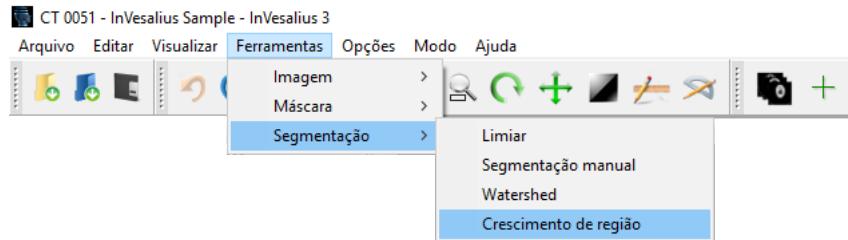


Figura 6.25: Menu para ativar a segmentação por região de crescimento.

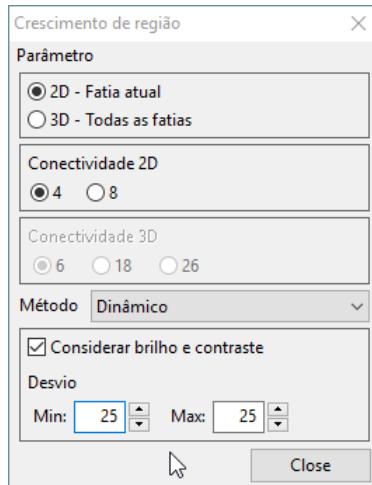


Figura 6.26: Tela para ajuste de parâmetros de segmentação por crescimento de região.

condições, a seguir são apresentadas as diferenças entre cada método:

- **Dinâmico:** Esse método captura o valor do pixel que foi clicado, levando em consideração o desvio para baixo (min) e desvio para cima (max). A opção **Considerar o brilho e contraste** é ativada por padrão, essa opção permite levar em consideração os valores de níveis de cinza que são exibidos e/ou ajustados na opção brilho e contraste. Ao desativar essa opção será levado em consideração os valores de cinza gravados na imagem (figura 6.27).
- **Limiar:** O método limiar selecionará os pixels cuja a vizinhança estejam dentro do valor mínimo e máximo (figura 6.28).
- **Confidênciа:** O método (figura 6.29)

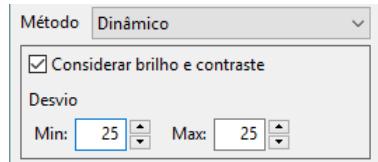


Figura 6.27: Ajuste de parâmetros para o método dinâmico.

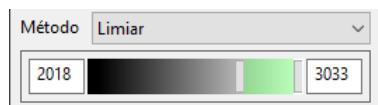


Figura 6.28: Ajuste de faixa de valores do método limiar.

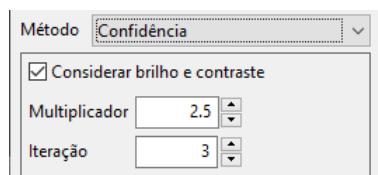


Figura 6.29: Ajuste de faixa de valores do método limiar.

Capítulo 7

Máscara

7.1 Operações booleanas

Após efetuar segmentações, é possível realizar operações booleanas entre as máscaras. As operações booleanas suportadas são:

União, realiza a união de duas máscaras;

Diferença, realiza a diferença entre a primeira máscara com a segunda;

Intersecção, para apagar marcadores de objeto ou fundo.

Disjunção exclusiva, também é conhecida como XOR, mantém as regiões de ambas as máscara que possuem diferença.

Para ativar essa ferramenta é necessário ir no menu **Ferramentas, Operações booleanas**, como é exibido na figura 7.1

É necessário selecionar a primeira máscara, a operação a ser realizada e a segunda máscara conforme mostra a figura 7.2. Em seguida é necessário clicar no botão **Ok**.

Na figura 7.3, apresentamos um exemplo de utilização da ferramenta.

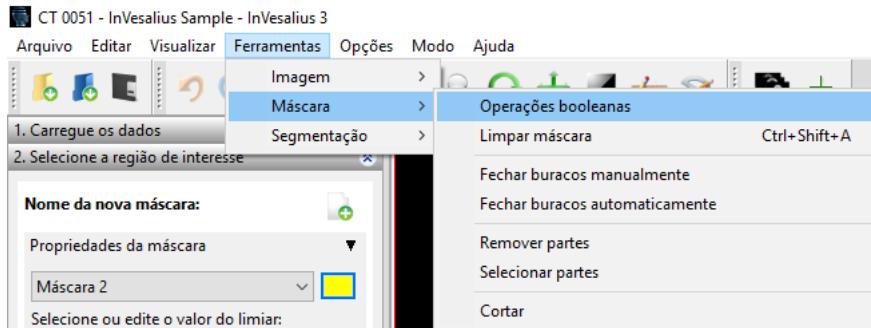


Figura 7.1: Menu para ativar a ferramenta de operações booleanas.

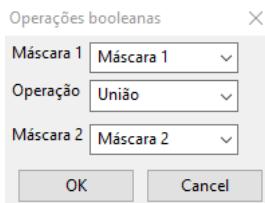


Figura 7.2: Ferramenta de operações booleanas.

7.2 Limpeza total da máscara

Pode-se efetuar a limpeza total da máscara (figura 7.4), isso é recomendado antes de iniciar a inserção de marcadores de Watershed. A ferramenta está localizada no menu, **Ferramentas**, **Máscara**, **Limpar máscara**, também é possível executá-la pressionando as teclas **CTRL+SHIFT+A**.

7.3 Fechar buracos manualmente

Ao realizar a segmentação é possível que pequenas partes (buracos) que deseja-se ser selecionadas não sejam e ao gerar a superfície para a impressão 3D pode ser que ocorra inconsistências por causa desses buracos, para evitar esse tipo de problema é recomendável preenche-los. Para isso é basta acessar o menu **Ferramentas**, **Máscara** e por último clicar em **Fechar buracos manualmente** (figura 7.5). Em seguida será exibido uma tela (figura 7.6) para configurar os parâmetros.

Entre os parâmetros existe a opção de realizar o fechamento de buraco

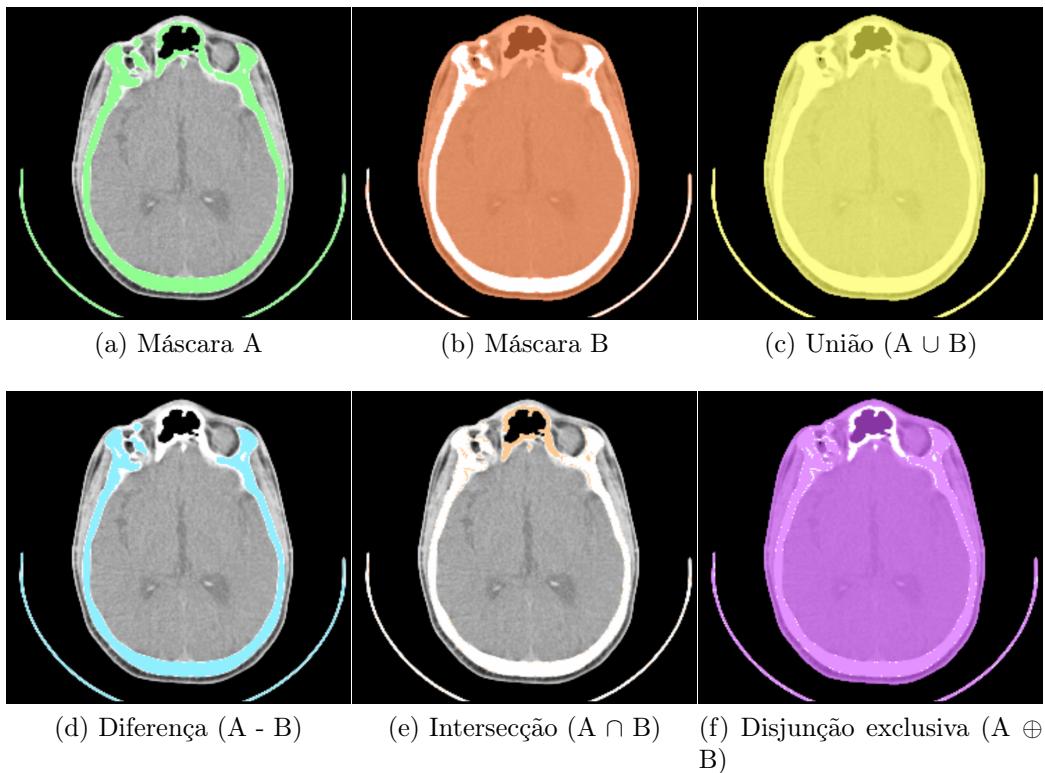


Figura 7.3: Exemplo de operações booleanas.

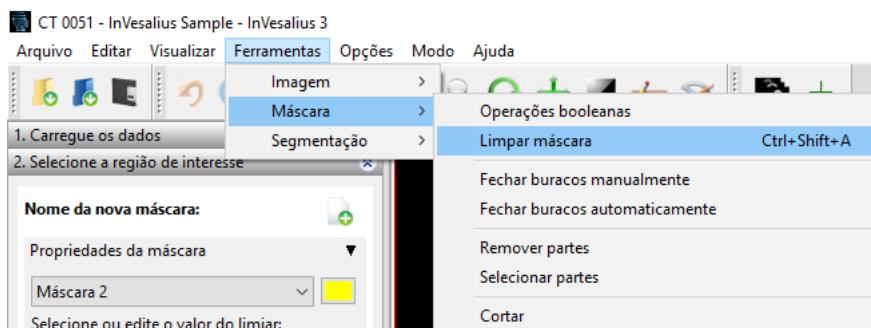


Figura 7.4: Limpeza de máscara

levando em consideração somente a fatia atual (**2D - Fatia Atual**) ou todas as fatias (**3D - Todas as fatias**) e suas respectivas conectividades, no caso 2D, conectividade 4 ou 8, conectividade 6,18 ou 26. No caso 3D se houver conectividade no buraco em diferentes fatias ele irá expandir para as demais fatias.

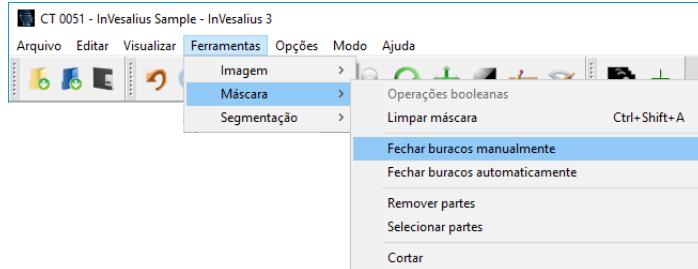


Figura 7.5: Menu para acessa a ferramenta de fechamento de buracos manual.

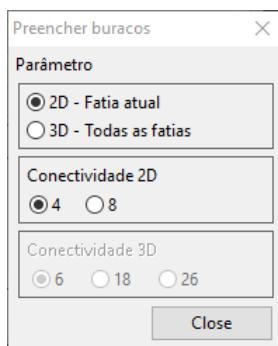


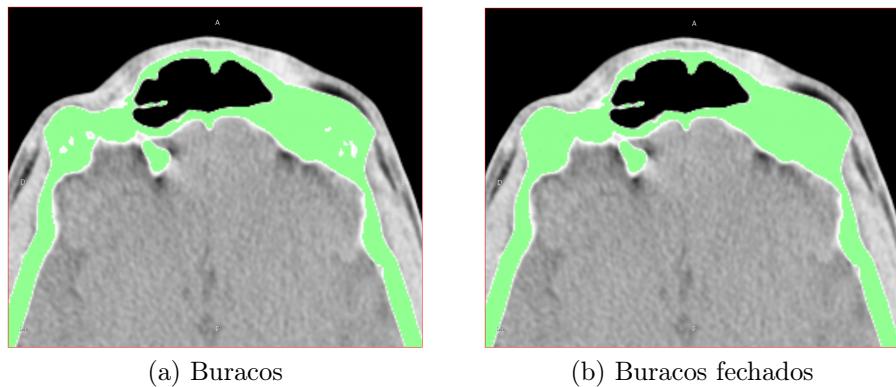
Figura 7.6: Tela para configurar parâmetros de fechamento de buracos.

Quando os parâmetros estiverem configurados, clique com o **botão esquerdo** do mouse sobre o buraco que deseja-se fechar.

Podemos observar na imagem 7.7.a, um exemplo de uma máscara sem preenchimento de buracos e outra com os buracos preenchidos (imagem 7.7.b). Após o uso da ferramenta, para sair clique no botão **fechar ou close** no canto inferior direito da janela de configuração de parâmetros.

7.4 Fechar buracos automaticamente

Para abrir a ferramenta, no menu do InVesalius clique em **Ferramentas**, **Máscara** e por fim **Fechar buracos automaticamente** (figura 7.8), será aberto uma janela para configurar os parâmetros dos buracos que deseja-se fechar. A ferramenta não requer que o usuário clique nos buracos que deseja fechar, ela leva em consideração o tamanho do buraco em voxels que é configurado na janela de configuração de parâmetros (figura 7.9)



(a) Buracos

(b) Buracos fechados

Figura 7.7: Exemplo de máscara com buracos e buracos preenchidos.

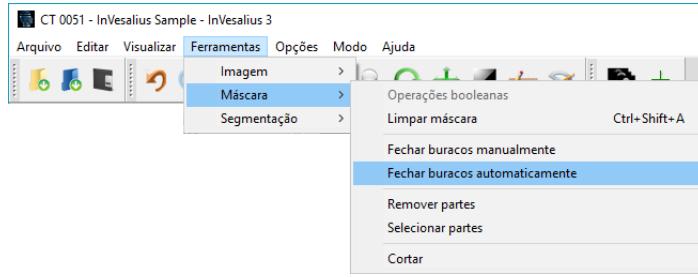


Figura 7.8: Menu para acessar a ferramenta de fechamento de buracos automático.

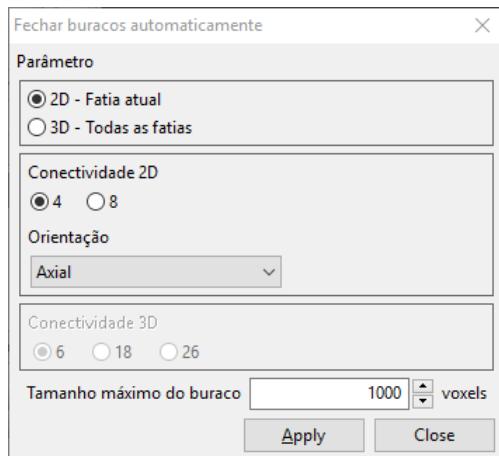


Figura 7.9: Tela para configurar parâmetros de fechamento de buracos.

Entre os parâmetros existe a opção de realizar o fechamento de buraco levando em consideração somente a fatia atual (**2D - Fatia Atual**) ou todas

as fatias (**3D - Todas as fatias**) e suas respectivas conectividades, no caso 2D, conectividade 4 ou 8, conectividade 6,18 ou 26. No caso 2D é necessário indicar qual a janela será aplicado o fechamento de buracos, sendo axial, coronal ou sagital. No caso 3D se houver conectividade no buraco em diferentes fatias ele irá expandir para as demais fatias.

Com os parâmetros configurados, clique no botão **Aplicar ou Apply**, caso o resultado não seja satisfatório, reconfigure o tamanho do buraco ou outros parâmetros como conectividade e aplique novamente. Para sair clique no botão **Sair ou Close**.

7.5 Remover partes

Antes de gerar a superfície é recomendável remover as partes desconexas não desejadas na máscara, dessa forma ao gerar a superfície será utilizada menores quantidades de memória RAM e o processo será mais rápido. Para remover as partes não desejáveis é necessário abrir a ferramenta de remover partes, clicando no menu **Ferramentas, Máscara e Remover Partes** (figura 7.10). Em seguida irá ser exibido uma janela para configurar os parâmetros de seleção (figura 7.11). É possível selecionar partes desconectadas apenas na máscara 2D (**2D - Fatia atual**) ou em todo o conjunto de imagens, selecionando a opção **3D - Todas as fatias**. Também é possível selecionar suas respectivas conectividades, no caso 2D, conectividade 4 ou 8, conectividade 6,18 ou 26.

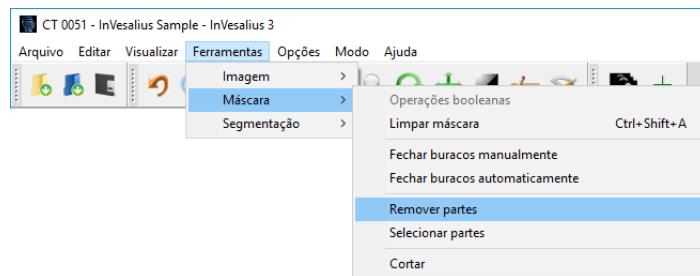


Figura 7.10: Menu para acessar a ferramenta de remoção de partes.

Selecionado os parâmetros desejados, basta clicar com o **botão direito**

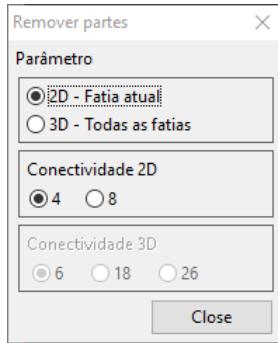


Figura 7.11: Tela para configurar parâmetros de remoção de partes.

do mouse sobre a região que deseja remover. A figura 7.12 apresenta uma exemplo de parte removida e não removida. Para sair da ferramenta clique no botão **Sair ou Close**.

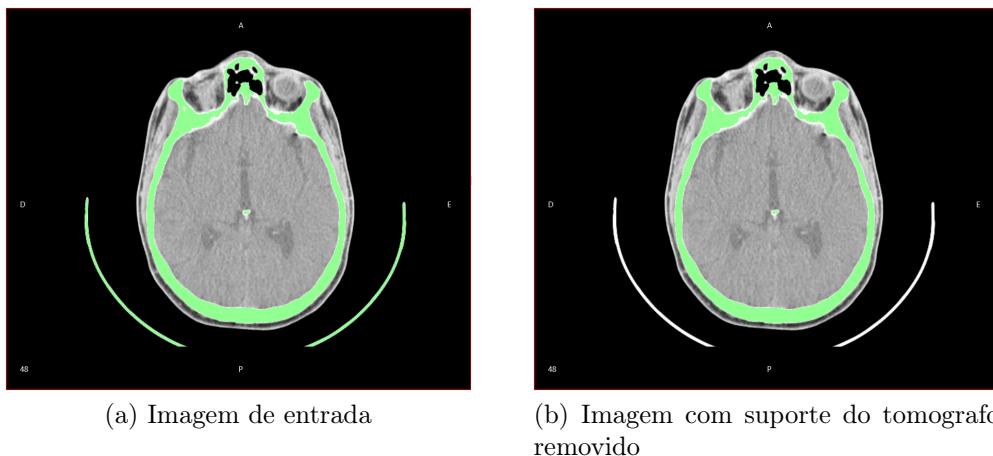


Figura 7.12: Exemplo de região removida na máscara.

7.6 Selecionar partes

Para abrir a ferramenta de seleção de partes desconexas é necessário ir ao menu, **Ferramentas, Máscara** e por fim **Selecionar Partes** (figura 7.13). A ferramenta irá apresentar uma tela de configuração de parâmetros que consiste em qual conectividade será levada em consideração (figura 7.14),

podendo ser 6, 18 ou 26 e o nome da nova máscara que irá ter a imagem resultante.

Todas as imagens a região que tem conectividade com o pixel selecionado. Para selecionar o pixel, é necessário clicar com o **botão esquerdo do mouse** em sobre o pixel desejado, o objeto irá ficar da cor vermelha, é possível selecionar vários objetos. Após a seleção é necessário clicar no **botão Ok**. A figura 7.15.a apresenta um objeto selecionado na cor vermelha e a figura 7.15.b somente o objeto após ter fechado a ferramenta (**botão Ok**).

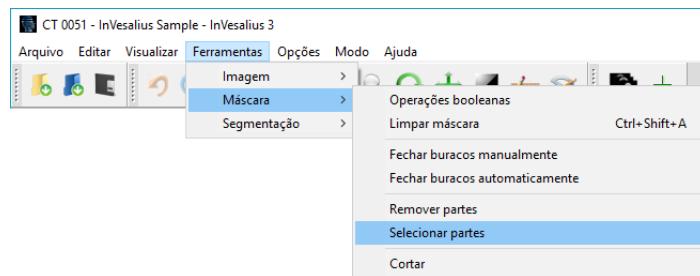


Figura 7.13: Menu para acessar a ferramenta de seleção de partes.

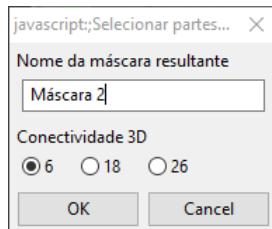


Figura 7.14: Tela para configurar parâmetros de seleção de partes.

7.7 Cortar

É possível cortar parte da máscara afim de selecionar uma região de interesse, isso pode ajudar reduzindo a quantidade de informações a ser processadas ao gerar superfície. Para abrir a ferramenta é necessário ir no menu **Ferramentas, Máscara** e por último **Cortar** (figura 7.16).

Será exibida uma caixa delimitadora em cada janela das orientações axial, coronal e sagital.

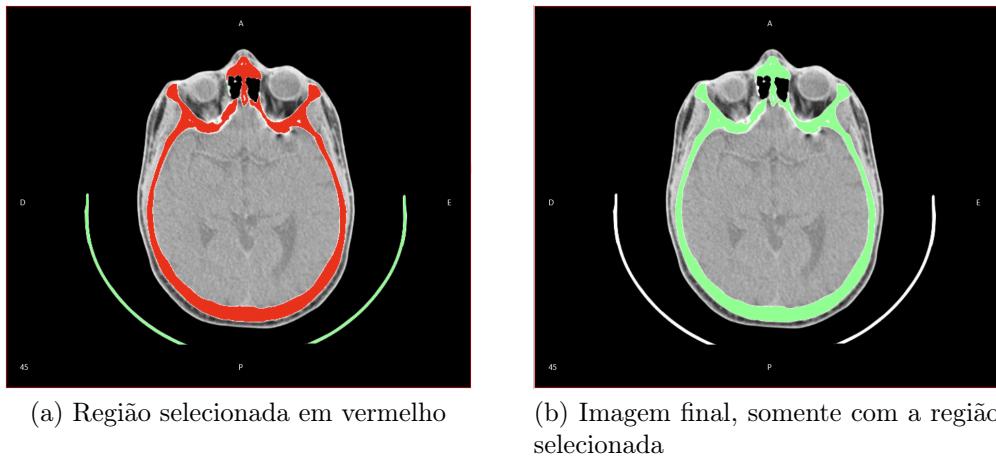


Figura 7.15: Exemplo de região selecionada na máscara.

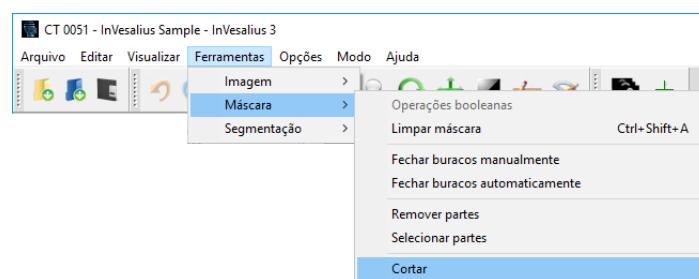


Figura 7.16: Menu para acessar a ferramenta de corte.

Capítulo 8

Superfície (Malha de Triângulos)

No InVesalius, a superfície 3D é gerada com base em um modelo segmentado (obtido a partir da segmentação das imagens). O método utilizado para gerar a superfície é o algoritmo *marching cubes*. Resumidamente, o algoritmo transforma os *voxels* das imagens que foram "empilhadas" e segmentadas em uma malha de polígonos simples - no caso, triângulos.

Os controles disponíveis para a configuração de superfícies 3D no InVesalius encontram-se no painel esquerdo do software, dentro do item **3. Configure a superfície 3D**, opção **Propriedades da superfície**.

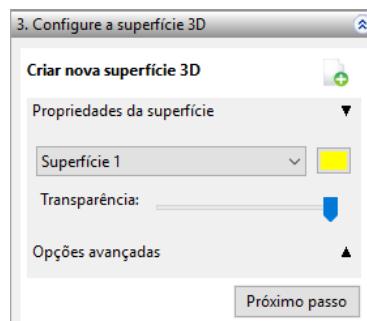


Figura 8.1: Configuração de uma superfície 3D

8.1 Criando superfícies

É possível criar uma nova superfície com base em uma máscara de segmentação já existente. Para isso, no painel esquerdo, dentro do item **3. Configure a superfície 3D**, clique no atalho ilustrado na figura 8.2.



Figura 8.2: Atalho para criar uma superfície

Ao se clicar nesse atalho, uma janela se abre para permitir a configuração da superfície a ser criada (figura 8.3). Além de ser possível determinar a qualidade da superfície a gerar, há opções também para o preenchimento de buracos existentes e para a seleção da maior região da superfície.

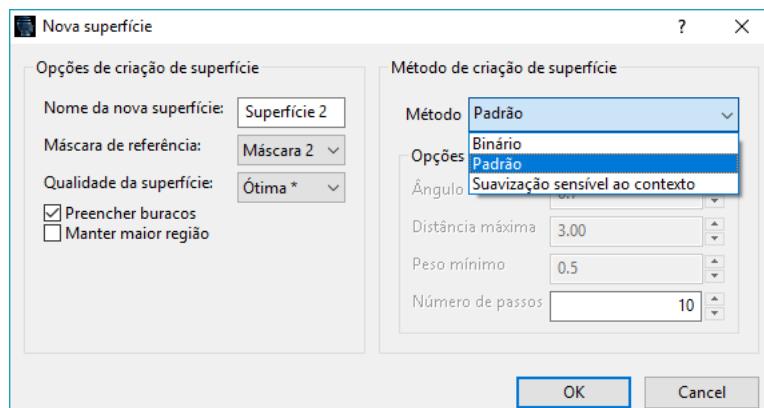


Figura 8.3: Janela para criação de superfície

A seleção da maior região pode ser usada, por exemplo, para remover do modelo o suporte ou a mesa do tomógrafo. A figura 8.4 ilustra um caso com as duas opções selecionadas: "Preencher buracos" e "Manter maior região".

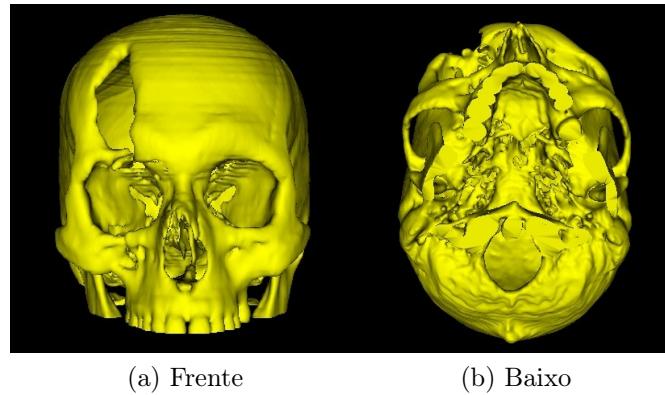


Figura 8.4: Superfície com região maior selecionada e com buracos preenchidos

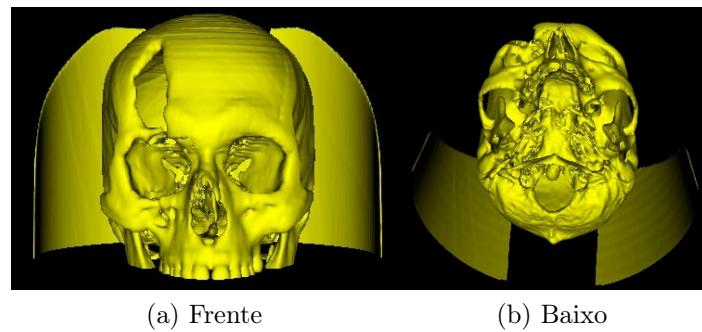


Figura 8.5: Superfície sem a seleção da maior região e com buracos abertos

Já a figura 8.5 mostra o mesmo caso sem essas opções selecionadas. Observa-se o suporte do tomógrafo e a superfície aberta.

O item **Método de criação de superfície** tem as seguintes opções, "Binário", "Context aware smoothing" e "Padrão, podemos visualizar um exemplo de superfície a partir dos 3 métodos na figura 8.6.

O método **binário**, tem como partida a máscara que foi segmentada, sendo a região selecionada como 1 e o restante 0. Como existem somente 2 valores, as curvas na superfície que o algoritmo gera são abruptas ou popularmente conhecida como "degraus".

No método **Context aware smoothing**, inicialmente a superfície é gerada a partir do método binário, mas em seguida é executado o algoritmo

"Context aware smoothing" para suavizar a superfície resultante e evitar os "degraus" na mesma. Neste passo é requerido 4 valores, que serão apresentados a seguir.

O **ângulo**, nesse caso será formado entre 2 normais de triângulos adjacentes, que **caso esteja acima do valor** definido no campo ângulo, o triângulo é elegido para ser o ponto de partida da suavização, a faixa de valor é de 0 até 1, sendo 0° e 90° respectivamente. A **distância máxima** é o raio a partir dos triângulos elegidos no passo anterior, que será utilizada como limite de suavização. O **peso mínimo** é o quanto de suavização será aplicado nas áreas que estão fora do raio determinado anteriormente. O **número de passos** é quantas vezes o algoritmo vai executar.

O método **padrão** é ativo **somente quando não existir edição manual na máscara**, os pixels da imagem original que estão sob a máscara é utilizado para a geração de superfície, como normalmente imagens de tomografia ou ressonância possui vários níveis de cinza, é gerada uma superfície com curvas mais suaves.

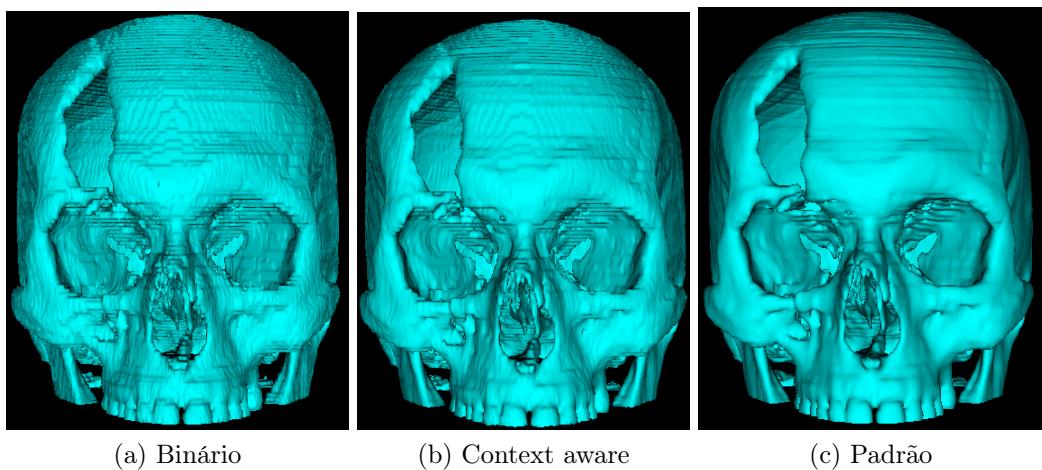


Figura 8.6: Superfícies geradas por diferentes métodos

8.2 Transparência

É possível visualizar uma superfície com transparência. Para isso, primeiro selecione a superfície por meio da lista de seleção, dentro do item **3. Configure a superfície 3D**, opção **Propriedades da superfície** (figura 8.7).

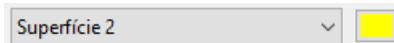


Figura 8.7: Seleção de superfície

Em seguida, para determinar o nível de transparência que a superfície selecionada receberá, arraste o controle deslizante ilustrado na figura 8.8. Quanto mais para a direita o controle, maior será a transparência aplicada.

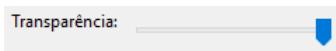


Figura 8.8: Seleção de nível de transparência

A figura 8.9 ilustra a visualização de duas superfícies: uma mais externa (esverdeada) e outra mais interna (amarelada). A superfície mais externa aparece com a transparência aumentada.

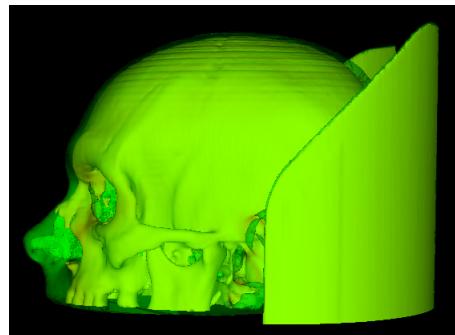


Figura 8.9: Superfícies com nível alterado de transparência

8.3 Cor

A cor de uma superfície também pode ser alterada. Selecione a superfície (reveja a figura 8.7) e, em seguida, clique no botão ao lado da superfície selecionada. A figura 8.10 ilustra o botão, também localizado no item **3. Configure a superfície 3D**, opção **Propriedades da superfície**.



Figura 8.10: Botão para alteração de cor

Uma janela de seleção de cores se abre (figura 8.11). Selecione a cor desejada e clique no botão **OK**.

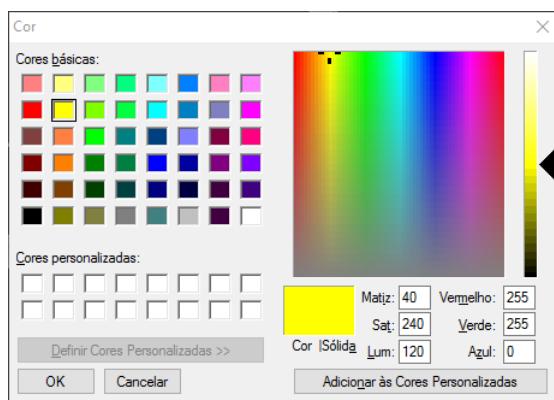


Figura 8.11: Opções de cor

8.4 Separando regiões desconexas

Para separar regiões da superfície que se encontram desconexas, é necessário clicar na opção **Ferramentas avançadas**, dentro do item **3. Configure a superfície 3D**. Veja a figura 8.12.

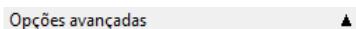


Figura 8.12: Atalho para opções avançadas

Um menu com as opções disponíveis será exibido, como ilustra a figura 8.13.

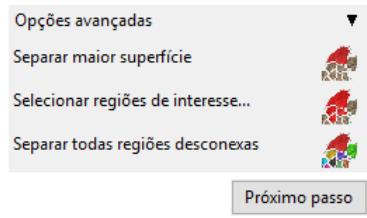


Figura 8.13: Opções avançadas

8.4.1 Separar maior superfície

A opção **Separar maior superfície** seleciona, automaticamente, somente a região desconexa que contém maior volume. Para realizar a operação, basta clicar no atalho que a figura 8.14 ilustra. É criada uma nova superfície resultante da operação.



Figura 8.14: Atalho para separação da maior região desconexa

Como exemplo, a figura 8.15 mostra um caso antes da separação da maior região.

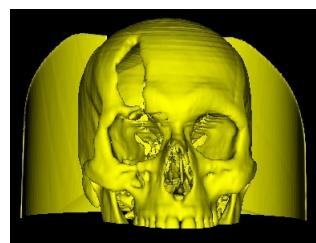


Figura 8.15: Superfícies desconexas

Na figura 8.16, observa-se a superfície com a maior região desconexa separada.

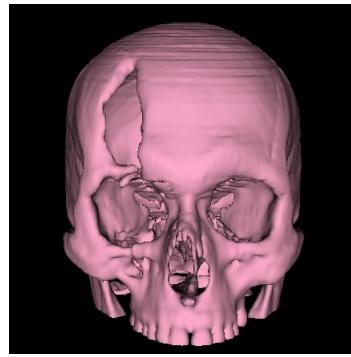


Figura 8.16: Maior região separada

8.4.2 Selecionar as regiões de interesse

Outra modalidade de seleção se dá pela opção **Selecionar as regiões de interesse....**. Para ativá-la, o usuário deve clicar sobre o botão ilustrado na figura 8.17. Em seguida, basta clicar sobre as regiões desconexas da superfície que se pretende selecionar.



Figura 8.17: Atalho para seleção de regiões de interesse

No exemplo da figura 8.18, foram selecionados o crânio e a parte direita do suporte do tomógrafo.

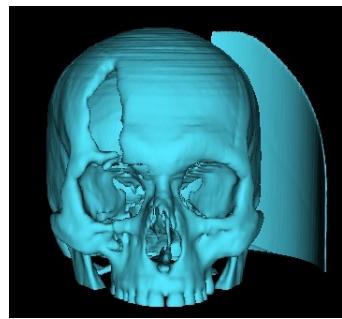


Figura 8.18: Exemplo de regiões de interesse selecionadas

8.4.3 Separar todas regiões desconexas

É possível, também, separar automaticamente *todas* as regiões desconexas. Para isso, basta clicar no botão ilustrado pela figura 8.19, que representa a opção **Separar todas regiões desconexas**.



Figura 8.19: Atalho para separação de todas as regiões desconexas

A figura 8.20 mostra um exemplo.

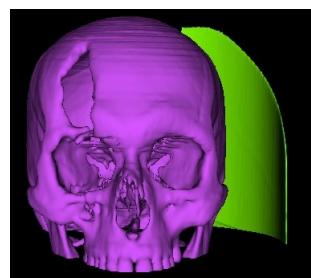


Figura 8.20: Exemplo de separação de todas as regiões desconexas

Capítulo 9

Medições

O InVesalius permite realizar medições lineares e angulares em 2D (planos axial, coronal e sagital) e em 3D (superfícies). Também é possível fazer medições volumétricas em superfícies.

9.1 Medição linear

Para realizar medições lineares, é necessário ativar o recurso clicando no atalho correspondente localizado na barra de ferramentas (figura 9.1).



Figura 9.1: Atalho para ativar medição linear

Uma medição linear é definida entre dois pontos. Com o recurso ativado, clique **uma** vez sobre a imagem para estabelecer o ponto inicial. Em seguida, posicione o ponteiro do mouse no ponto final e clique **uma** vez novamente. A medição é executada e o resultado é exibido automaticamente sobre a imagem ou superfície.

A figura 9.2 mostra uma medida linear em 2D na orientação axial, e a figura 9.3 mostra outra medida linear em 3D (superfície).

Uma vez feita a medida linear em 2D, é possível editá-la, para isso é necessário posicionar o mouse sobre uma das extremidades, manter o **botão**

direito do mouse pressionado e arrastar para a posição desejada.

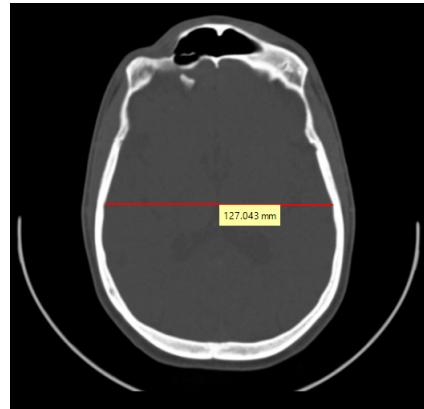


Figura 9.2: Medida linear sobre imagem plana

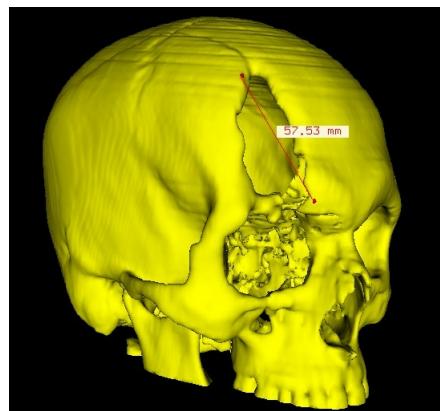


Figura 9.3: Medida linear sobre superfície

Nota: A medida linear é dada em milímetros (mm).

9.2 Medição angular

Uma medição angular em 2D ou sobre uma superfície (3D) pode ser realizada clicando-se no atalho ilustrado na figura 9.4.

Para efetuar a medição angular, é necessário fornecer os três pontos que descreverão o ângulo a ser medido, A \hat{B} C. Posicione o ponteiro do mouse e clique **uma** vez com o botão esquerdo para determinar o primeiro ponto,



Figura 9.4: Atalho para medição angular

A. Para inserir o segundo ponto, B (o vértice do ângulo ou o "centro do transferidor"), posicione o ponteiro do mouse e clique **uma** vez novamente. Repita as mesmas ações para determinar o terceiro ponto, C. A medição é executada e, automaticamente, a medida resultante é exibida sobre a imagem ou superfície.

A figura 9.5 ilustra uma medida angular em uma imagem plana, e a figura 9.6 ilustra uma medida angular sobre uma superfície.

A exemplo da medida linear em 2D, também é possível editar a medida angular 2D, para isso é necessário posicionar o mouse sobre uma das extremidades, manter o **botão direito do mouse** pressionado e arrastar para a posição desejada.

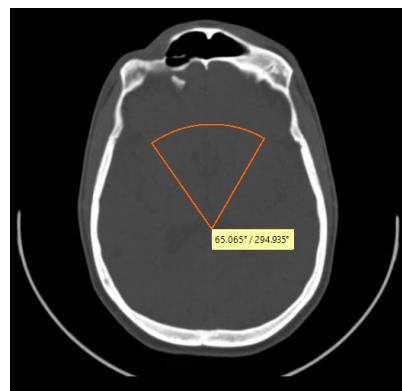


Figura 9.5: Medida angular sobre imagem plana

Nota: A medida angular é dada em graus ($^{\circ}$)

9.3 Medição volumétrica

As medições de volume e área são feitas automaticamente ao se criar uma nova superfície. Elas são exibidas na aba **Superfícies 3D**, no painel de

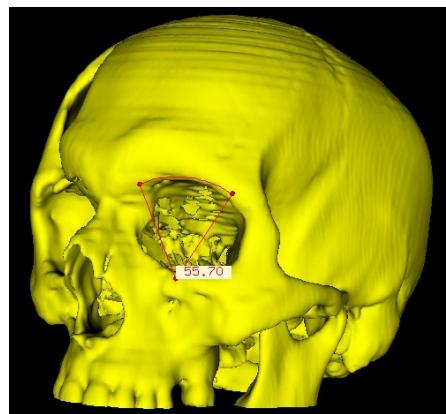


Figura 9.6: Medida angular sobre superfície

gerenciamento de **Dados**, localizado no canto inferior esquerdo da tela, como ilustra a figura 9.7.

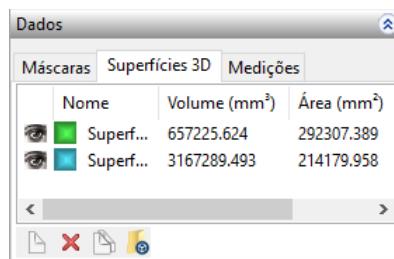


Figura 9.7: Medidas volumétricas

Nota: A medida de volume é dada em milímetro cúbico (mm^3), já a de área em milímetro quadrado (mm^2)

Capítulo 10

Gerenciamento de dados

Nos capítulos anteriores, mostrou-se como manipular superfícies, máscaras para segmentação e medições. É possível exibir ou ocultar e criar ou remover esses elementos pelo painel de gerenciamento de **Dados**, localizado no canto inferior esquerdo da tela do InVesalius. O painel é dividido em 3 abas: **Máscaras**, **Superfícies 3D** e **Medições**, conforme mostra a figura 10.1. Cada uma das abas agrupa dados correspondentes aos elementos a que se referem.

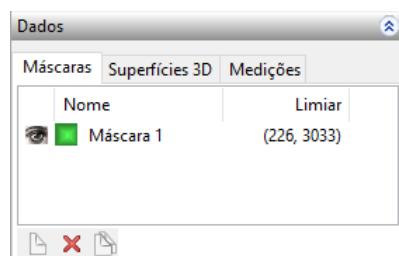


Figura 10.1: Gerenciamento de dados

Dentro de cada aba, aparece um painel dividido em linhas e colunas. Em cada linha, a primeira coluna determina a visualização do elemento listado naquela linha. Isto é, o ícone que representa um "olho" ativa ou desativa a exibição das máscaras, superfícies ou medições. Caso um desses elementos esteja em exibição, o ícone da figura 10.2 correspondente a ele também estará visível.



Figura 10.2: Ícone indicativo da visibilidade de elementos

Algumas operações são possíveis sobre os dados. Por exemplo, para excluir um dado, é necessário primeiro selecionar seu nome, como mostra a figura 10.3 e, em seguida, clicar no atalho que a figura 10.4 ilustra.

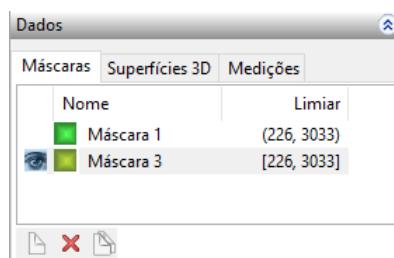


Figura 10.3: Dado selecionado



Figura 10.4: Excluir dado

Para criar uma nova máscara, superfície ou medição, basta clicar no atalho ilustrado na figura 10.5, desde que a respectiva aba esteja aberta.



Figura 10.5: Novo dado

Para copiar um dado, basta selecioná-lo e clicar no atalho que a figura 10.6 ilustra.



Figura 10.6: Copiar dado

10.1 Máscaras

Na coluna **Nome**, são exibidos a cor e o nome atribuídos à máscara. Já a coluna **Limiar** exibe o intervalo de valores utilizado para criar a máscara. A figura 10.1 mostra um exemplo.

10.2 Superfícies 3D

Na coluna **Nome**, são exibidos a cor e o nome atribuídos à superfície. A coluna **Volume** mostra o volume total da superfície. Por fim, a coluna **Transparência** indica o nível de transparência em uso para exibir a superfície. A figura 10.7 traz um exemplo.

Dados		
Máscaras	Superfícies 3D	Medições
Nome	Volume (mm ³)	Área (mm ²)
Superf...	657225.624	292307.389
Superf...	3167289.493	214179.958

Figura 10.7: Gerenciamento de superfícies

10.2.1 Importação de superfície

É possível importar arquivos do tipo STL, OBJ, PLY e VTP (VTK Polydata File Format) com um projeto do InVesalius ativo, para isso é necessário clicar no ícone que é mostrado na figura 10.8, selecionar (figura 10.9) o formato do arquivo que será importado e depois clicar no **Abrir**.



Figura 10.8: Importar Superfície

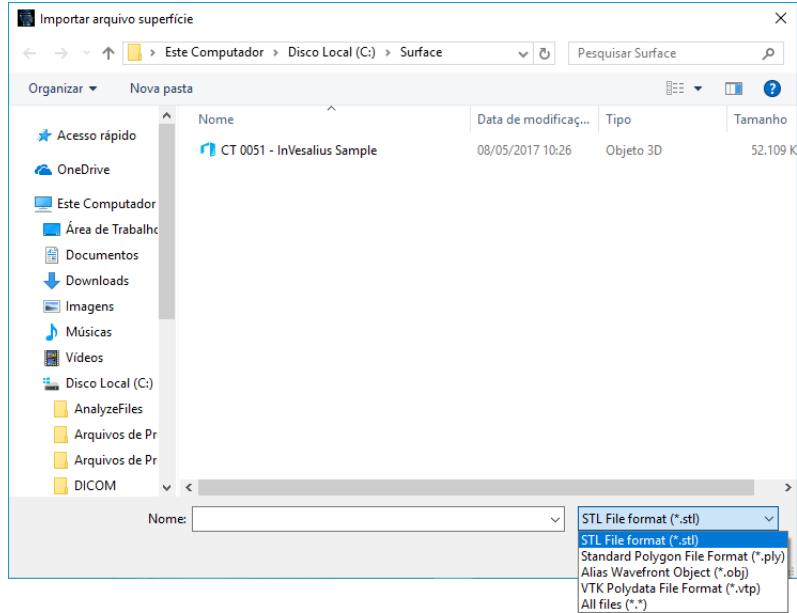


Figura 10.9: Janela para importação de superfície

10.3 Medições

A aba **Medições** traz as seguintes informações. A coluna **Nome** exibe a cor e o nome atribuídos à medição. A coluna **Local** exibe onde a medição foi feita (imagem axial, coronal, sagital ou 3D), e **Tipo** indica o tipo da medida (linear ou angular). Por último, a coluna **Valor** informa a medida propriamente dita. Veja a figura 10.10.

Dados			
Máscaras Superfícies 3D Medições			
Nome	Local	Tipo	Valor
M 1	Axial	Linear	127.043 m...
M 2	Axial	Angu...	65.065°
M 3	Sagital	Linear	35.074 mm
M 4	3D	Linear	37.219 mm

Figura 10.10: Gerenciamento de medições

Capítulo 11

Visualização simultânea de imagens e superfície

A visualização simultânea de imagens e superfície pode ser acionada clicando com o botão **esquerdo** do mouse sobre o atalho localizado no canto inferior direito da tela do InVesalius. Veja a figura 11.1.



Figura 11.1: Atalho para visualização simultânea

Este recurso permite habilitar ou desabilitar a exibição das imagens nas diferentes orientações (ou planos) na mesma janela de visualização da superfície 3D. Para isso, basta marcar ou desmarcar a opção correspondente no menu indicado na figura 11.2.



Figura 11.2: Seleção das orientações (planos) a exibir

Vale notar que uma orientação, quando selecionada, apresenta uma marca na opção correspondente. Isso é ilustrado na figura 11.3.



Figura 11.3: Orientações selecionados para exibição

Se a superfície já estiver sendo exibida, os planos das orientações serão apresentados como mostra a figura 11.4. Caso contrário, somente os planos serão exibidos (figura 11.5).

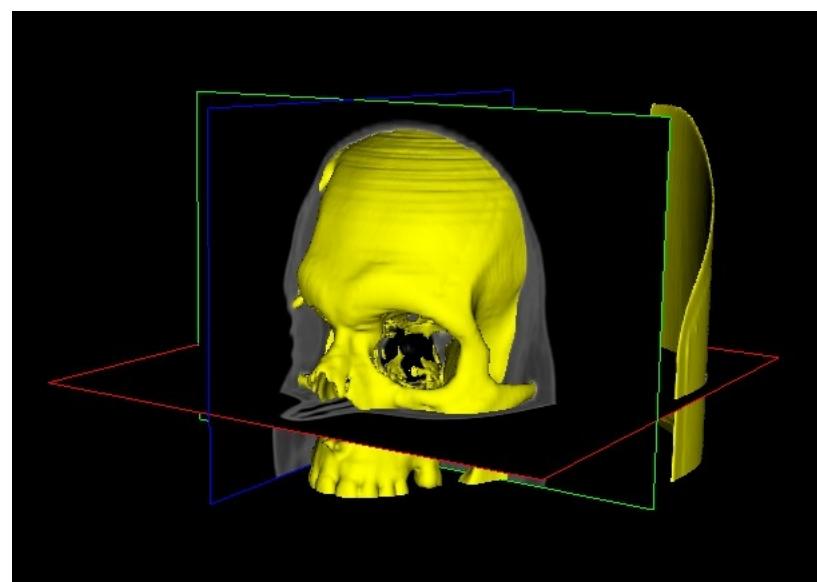


Figura 11.4: Superfície e planos exibidos simultaneamente

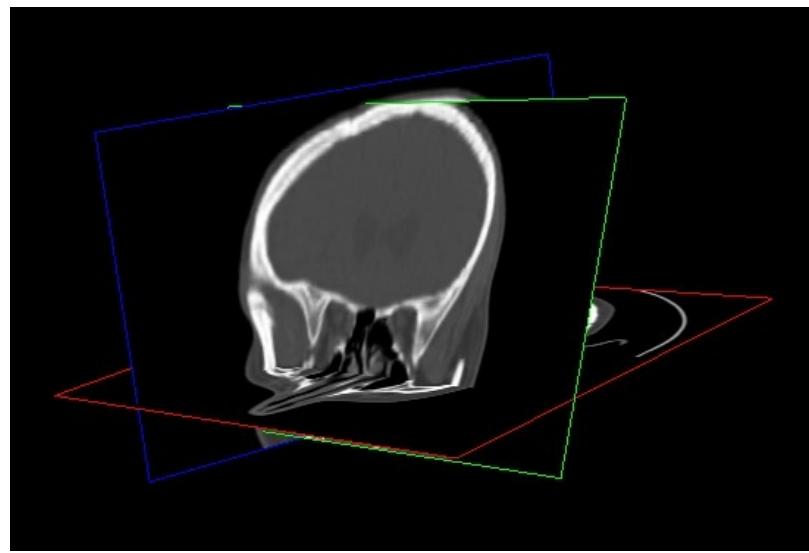


Figura 11.5: Exibição de planos (sem superfície)

Para desativar a exibição de um plano, basta desmarcar a opção correspondente no menu (figura 11.3).

Capítulo 12

Visualização volumétrica

Para a visualização volumétrica dos modelos, o InVesalius dispõe de uma técnica conhecida como *Raycasting*. Trata-se de uma técnica que, resumidamente, consiste em simular, para cada pixel da tela, o traçado de um raio de luz em direção ao objeto. A cor do pixel será baseada na cor e na transparência de cada voxel interceptado pelo raio de luz.

No InVesalius, existem diversos padrões pré-definidos (*presets*) para visualizar determinados tipos de tecidos ou diferentes tipos de exames (tomografia com contraste, por exemplo).

Para acessar esse recurso, basta clicar no atalho ilustrado pela figura 12.1, localizado no canto inferior direito da tela (ao lado da janela de exibição de superfícies) e selecionar um dos padrões disponíveis.

Para desativar a visualização volumétrica, clique novamente no atalho indicado pela figura 12.1 e escolha a opção **Desabilitado**.



Figura 12.1: Atalho para visualização volumétrica

12.1 Padrões de visualização

São diversos os padrões de visualização pré-definidos. Alguns exemplos são ilustrados nas figuras seguintes.

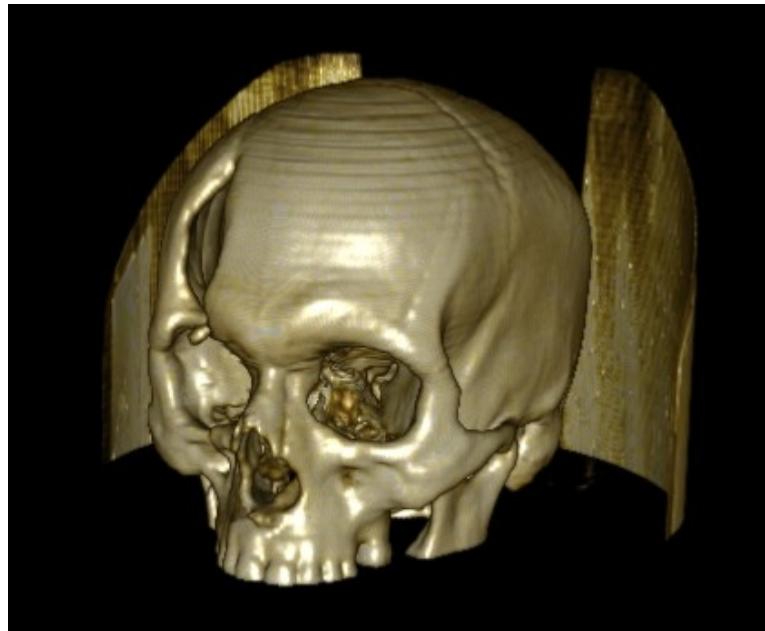


Figura 12.2: Brilhante

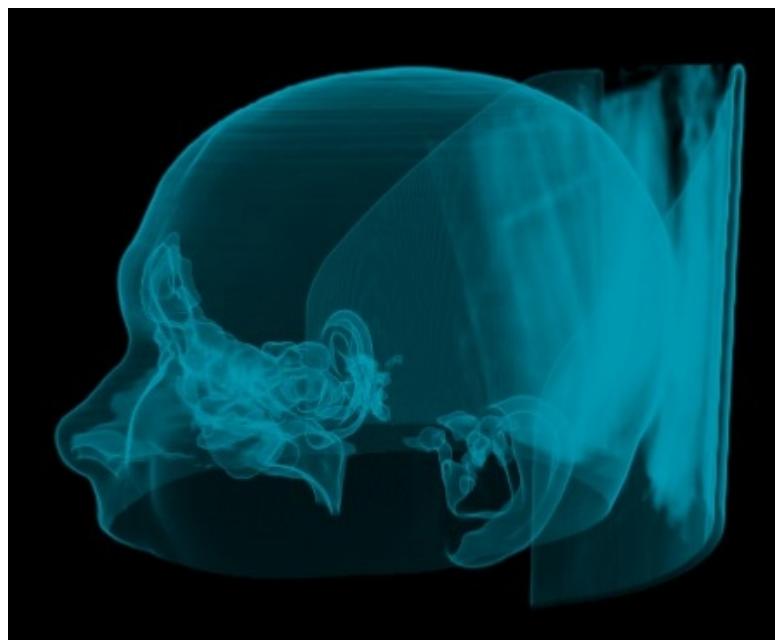


Figura 12.3: Vias Aéreas II

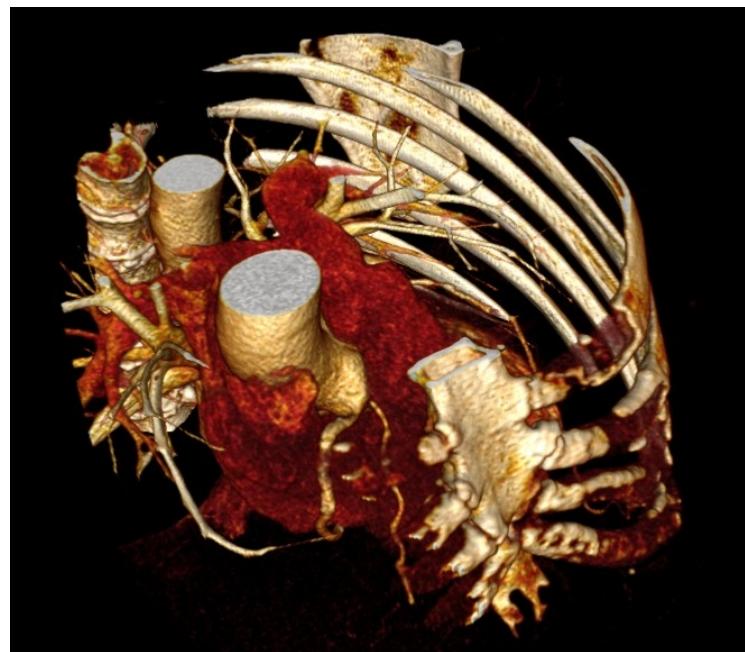


Figura 12.4: Contraste Médio

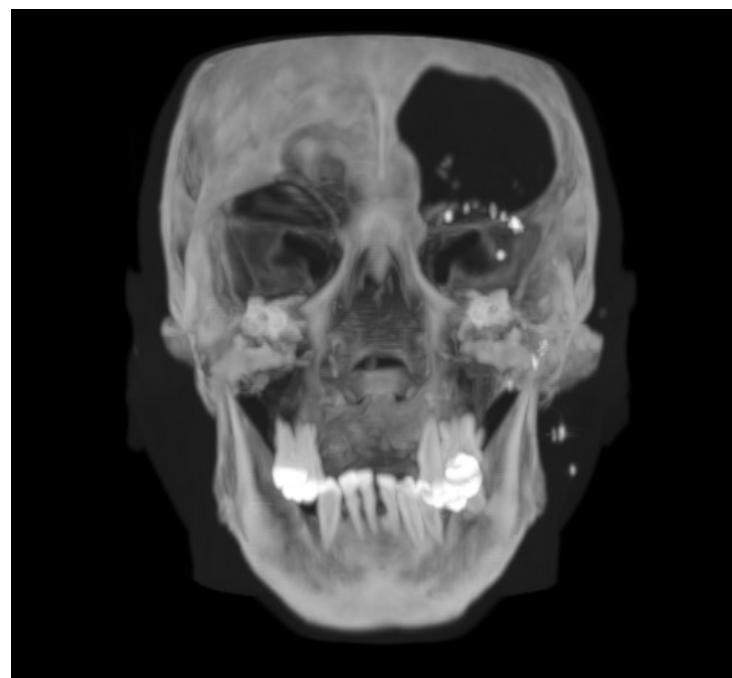


Figura 12.5: MIP

12.2 Personalização de padrão

Alguns padrões podem ser personalizados (ou customizados). Veja a figura 12.6, que exibe um padrão e alguns controles gráficos de ajuste. Com eles, é possível alterar a cor de uma dada estrutura e sua opacidade, determinando como e se ela será exibida.

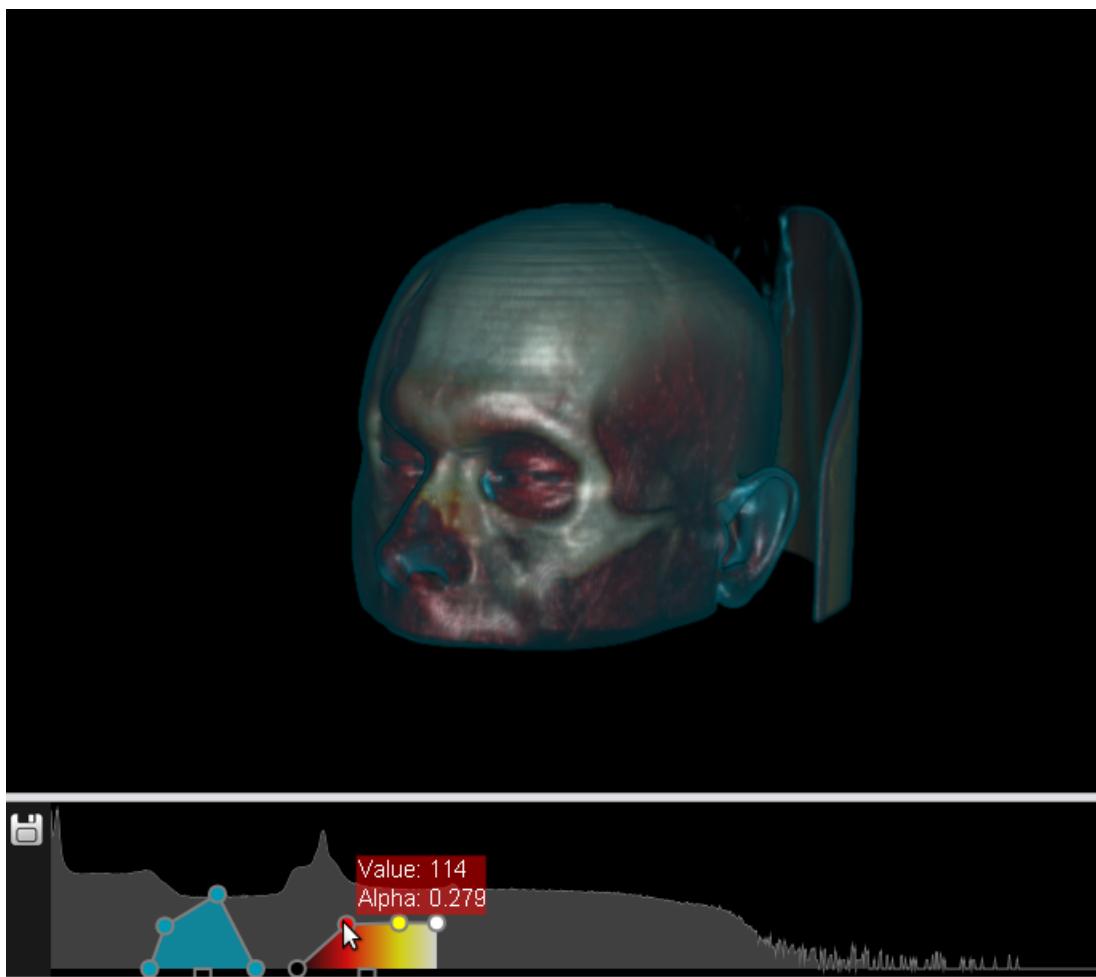


Figura 12.6: Ajustes para o padrão de visualização Mole + Pele II

Caso se deseje ocultar uma estrutura, é necessário utilizar o controle gráfico de ajuste mantendo baixa a opacidade da região correspondente. No exemplo da figura 12.6, suponha que se pretende esconder a parte muscular, que aparece em vermelho. Para isso, basta posicionar o ponteiro do mouse sobre o ponto em vermelho e, com o botão esquerdo pressionado, **arrastar** o ponto para baixo, a fim de diminuir a opacidade (o que equivale a aumentar a transparência). A figura 12.7 ilustra o resultado.

Nota: O valor *Alpha* indica a opacidade da cor, e o valor *Value*, a intensidade da cor no pixel.

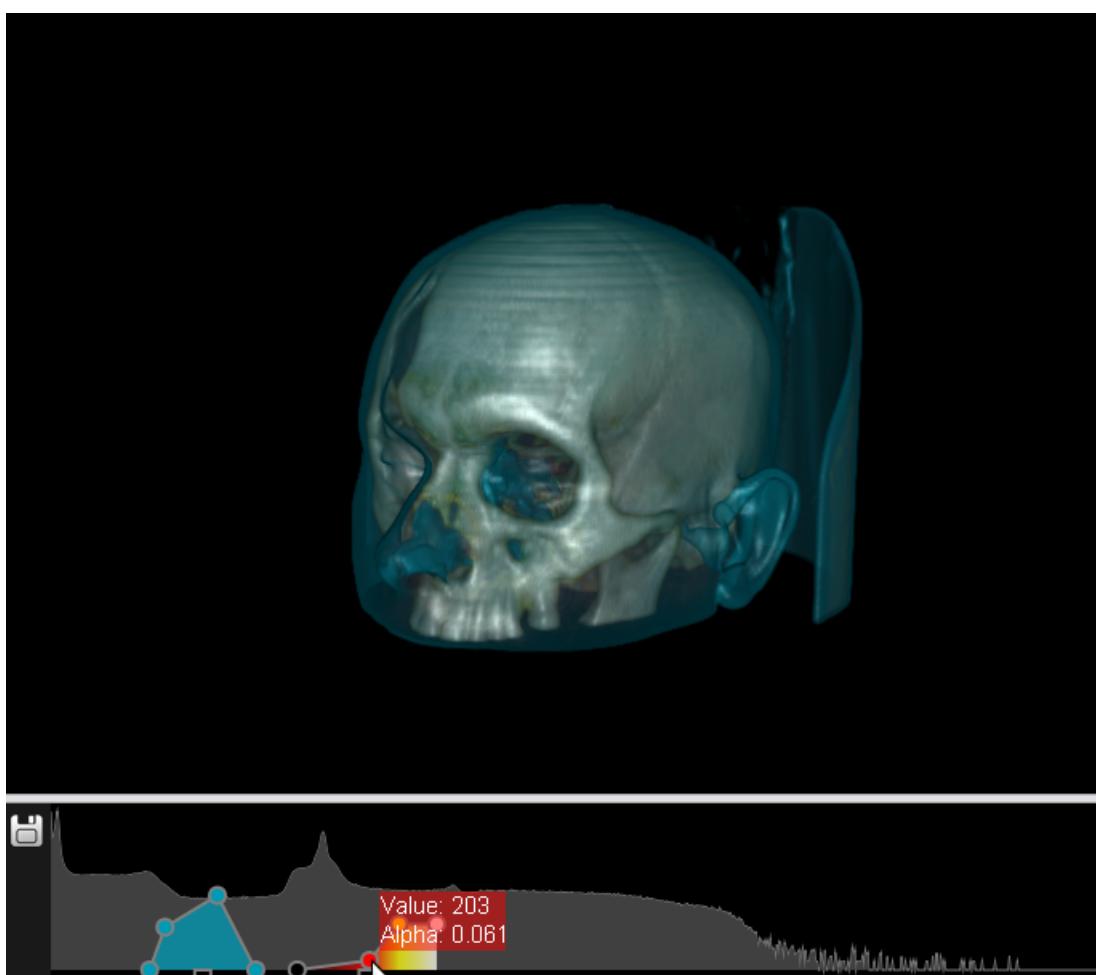


Figura 12.7: Padrão de visualização Mole + Pele II alterado

É possível remover ou adicionar pontos no controle gráfico de ajuste. Para a remoção, basta clicar com o botão **direito** do mouse sobre o ponto. Para adicionar um novo ponto, clique com o botão **esquerdo** sobre a linha do gráfico. Pode-se também salvar o padrão resultante, clicando no atalho que a figura 12.8 ilustra.



Figura 12.8: Atalho para salvar padrão

Ao salvar o padrão, o InVesalius exibe uma janela como a da figura 12.9. Digite um nome para o padrão personalizado e clique em **OK**. O padrão salvo estará disponível com os demais na próxima vez em que o software for aberto.

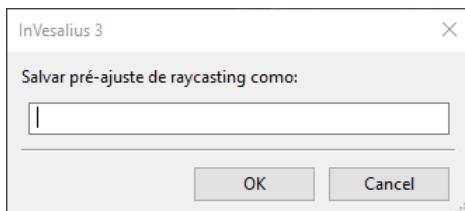


Figura 12.9: Janela para nomear e salvar um padrão

12.3 Personalização de padrão com Brilho e Contraste

É possível personalizar um padrão sem utilizar o controle gráfico de ajuste, apresentado na seção anterior. Isso é feito por meio do controle de brilho e **Contraste** presente na barra de ferramentas. Para ativar o controle, clique no atalho ilustrado pela figura 12.10.



Figura 12.10: Atalho para brilho e contraste

Com o controle ativado, arrastando o mouse com o botão esquerdo pressionado sobre a janela do volume, é possível alterar os valores de *window width* e *window level*. O procedimento é o mesmo aplicado para as fatias 2D, visto na seção 5.7. Arrastando o mouse na direção horizontal, altera-se o valor de *window level*. Para a esquerda, diminui-se seu valor e, para a direita, aumenta-se seu valor. Arrastando o mouse na direção vertical, altera-se o valor de *window width*. Para baixo, diminui-se seu valor e, para cima, aumenta-se seu valor.

Com a manipulação desses valores, conseguem-se diferentes resultados de visualização. Por exemplo, para adicionar tecido à visualização, **arraste** o mouse diagonalmente, do canto inferior direito para o canto superior esquerdo da janela de visualização. Para remover tecido da visualização, faça o contrário, ou seja, **arraste** o mouse diagonalmente, do canto superior esquerdo para o canto inferior direito. Veja a figura 12.11.

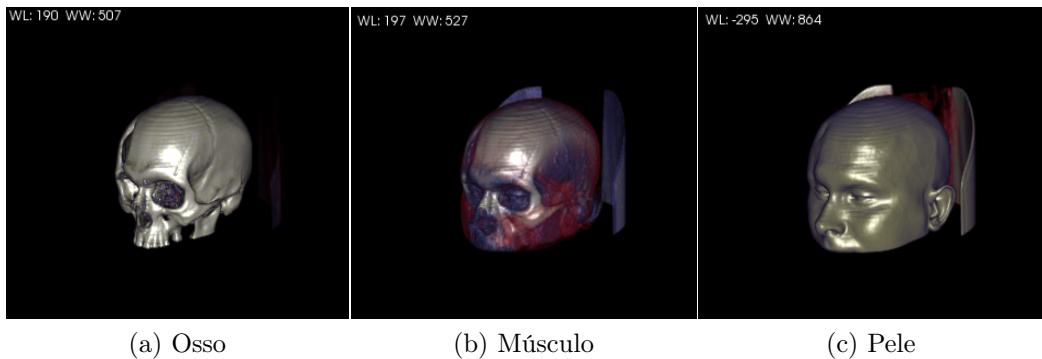


Figura 12.11: Adição de tecido

12.4 Corte

Em visualização volumétrica, o corte é utilizado para visualizar uma região interna do volume. O InVesalius dispõe de uma ferramenta para corte com base em um plano de referência. Com um padrão de visualização selecionado, clique em **Ferramentas** e, em seguida, em **Plano para corte** (figura 12.12).

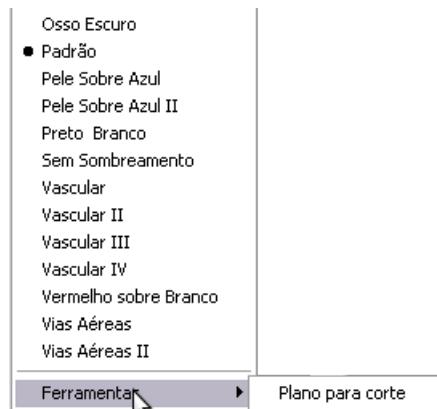


Figura 12.12: Ativando plano para corte

Uma representação do plano para corte é exibida junto ao volume. Para realizar o corte, mantenha o botão **esquerdo** pressionado sobre o plano e **arraste** o mouse. Para rotacionar o plano, mantenha o botão **esquerdo** pressionado sobre a sua borda e movimente o mouse na direção desejada. Veja um exemplo na figura 12.13.

Para desativar o recurso de corte, clique novamente em **Ferramentas** e em **Plano para corte** (figura 12.12).

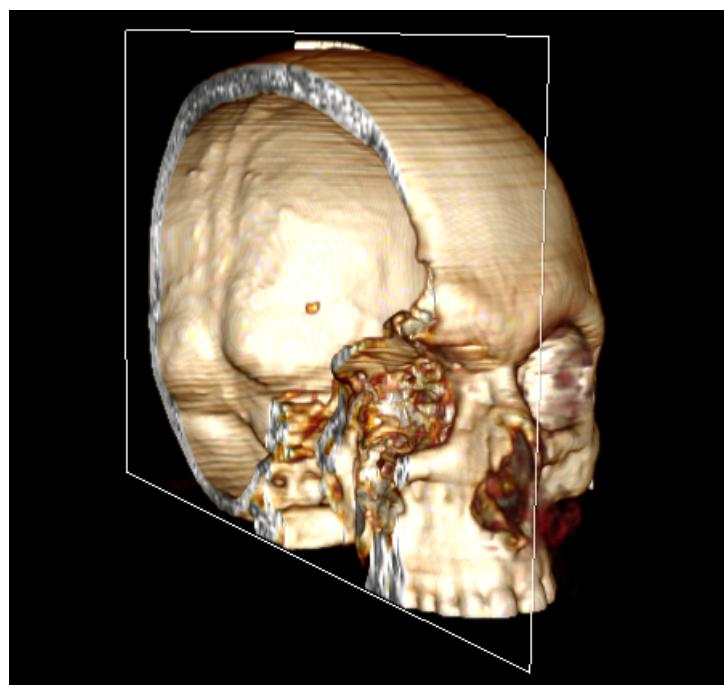


Figura 12.13: Imagem com plano de corte

Capítulo 13

Exportando dados

Com o InVesalius, é possível exportar dados para outros softwares, em formatos de arquivo como OBJ, STL, entre outros.

O menu que contém as opções para exportação localiza-se no painel esquerdo do InVesalius, dentro do item **4. Exporte os dados**. Caso o menu não esteja visível, dê um clique duplo com o botão **esquerdo** do mouse sobre o item para expandi-lo. A figura 13.1 mostra esse menu.

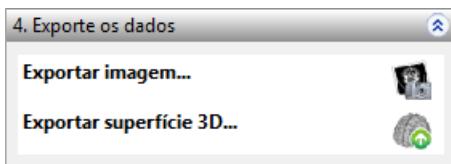


Figura 13.1: Menu para exportação de dados

13.1 Superfície

Para exportar uma superfície, é necessário selecioná-la no menu de dados, conforme mostra a figura 13.2.

Dados		
Máscaras	Superfícies 3D	Medições
	Nome	Volume (mm ³) Área (mm ²)
	Superf... Superf...	657225.624 292307.389 3167289.493 214179.958

Figura 13.2: Seleção de superfície a exportar

Em seguida, clique sobre o ícone que a figura 13.3 ilustra.



Figura 13.3: Atalho para exportar superfície

Na janela exibida (figura 13.4), insira o nome do arquivo e selecione o formato desejado para a exportação. Em seguida, clique em **Salvar**.

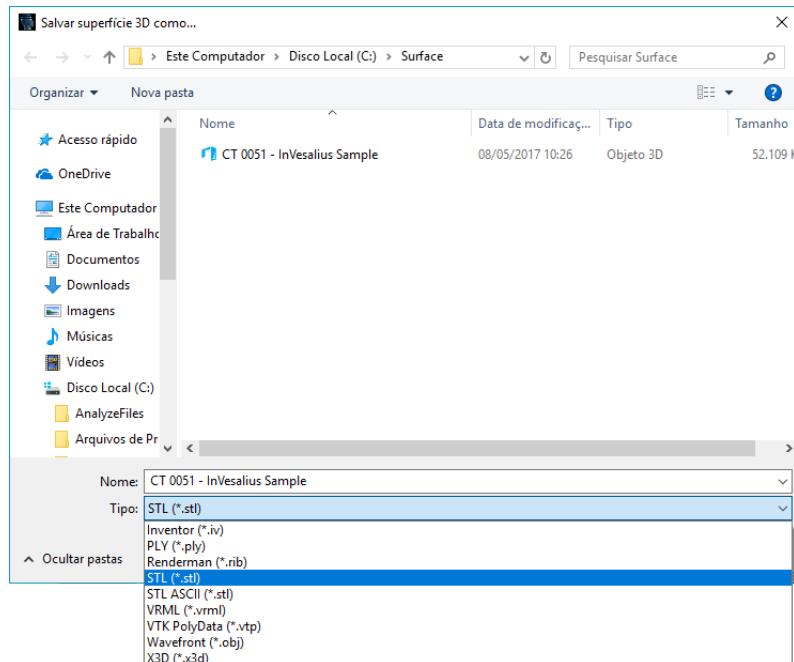


Figura 13.4: Janela para exportar superfície

Os tipos de arquivo que podem ser exportados estão listados na tabela 13.1:

Tabela 13.1: Formatos de arquivo que o InVesalius exporta

Formato	Extensão
Inventor	.iv
Polygon File Format	.ply
Renderman	.rib
Stereolithography (formato binário)	.stl
Stereolithography (formato ASCII)	.stl
VRML	.vrml
VTK PolyData	.vtp
Wavefront	.obj

13.2 Imagem

É possível exportar imagens de qualquer das orientações de exibição (axial, coronal, sagital e 3D). Para isso, clique com o botão **esquerdo** do mouse sobre o atalho exibido na figura 13.5 e selecione a sub-janela correspondente à imagem que deseja exportar.



Figura 13.5: Menu para exportar imagem

Na janela exibida (figura 13.6), selecione o formato do arquivo e clique no botão **Salvar**.

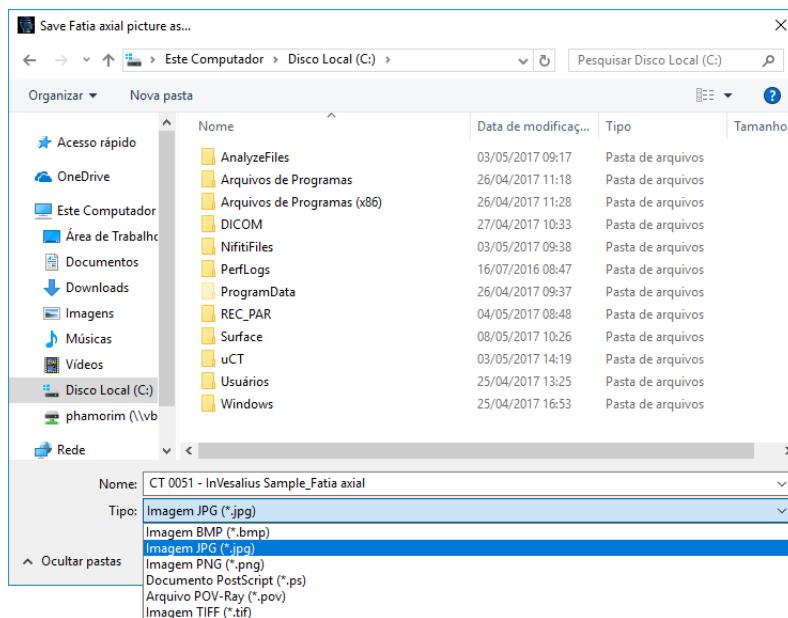


Figura 13.6: Janela para exportar imagem

Capítulo 14

Customização

Algumas opções de customização estão disponíveis para o usuário do InVesalius. Elas são apresentadas a seguir.

14.1 Menu de ferramentas

Para ocultar/exibir o menu lateral de ferramentas, clique sobre o botão que a figura 14.1 ilustra.



Figura 14.1: Atalho para ocultar/exibir menu lateral de ferramentas

Com o menu ocultado, amplia-se a área da janela do InVesalius disponível para a visualização das imagens, conforme mostra a figura 14.2.

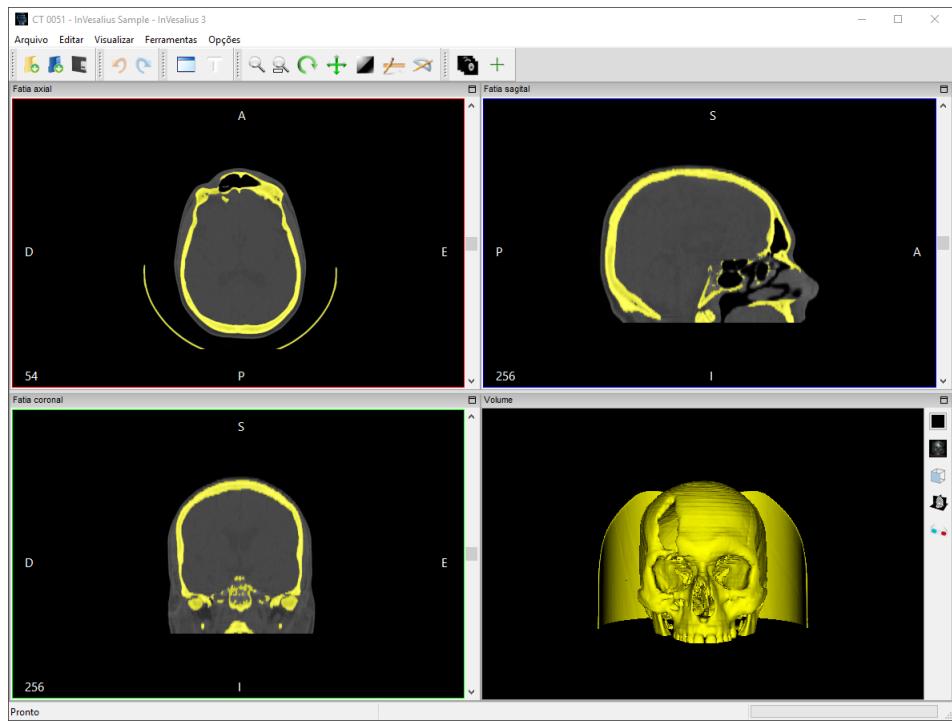


Figura 14.2: Menu lateral ocultado

14.2 Posicionamento automático de volume/superfície

Para acertar automaticamente a posição de visualização de um volume ou superfície, pode-se clicar sobre o ícone apresentado na figura 14.3 (localizado no canto inferior direito da tela do InVesalius) e escolher uma das opções de visualização disponíveis.



Figura 14.3: Opções de posição para visualização

14.3 Cor de fundo da janela de volume/superfície

Para alterar a cor de fundo da janela de volume/superfície, clique no atalho que a figura 14.4 mostra. O atalho também está localizado no canto inferior direito da tela do InVesalius.



Figura 14.4: Atalho para cor de fundo da janela de volume/superfície

Uma janela para seleção de cor se abre, como aparece na figura 14.5. Após isso, basta clicar sobre a cor desejada e, em seguida, clicar em **OK**.

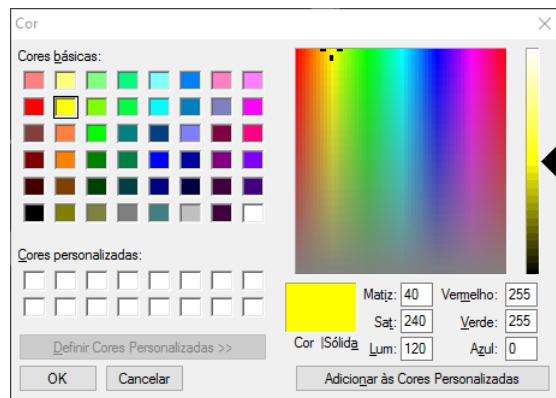


Figura 14.5: Seleção de cor de fundo

A figura 14.6 mostra um exemplo dessa janela com a cor de fundo alterada.

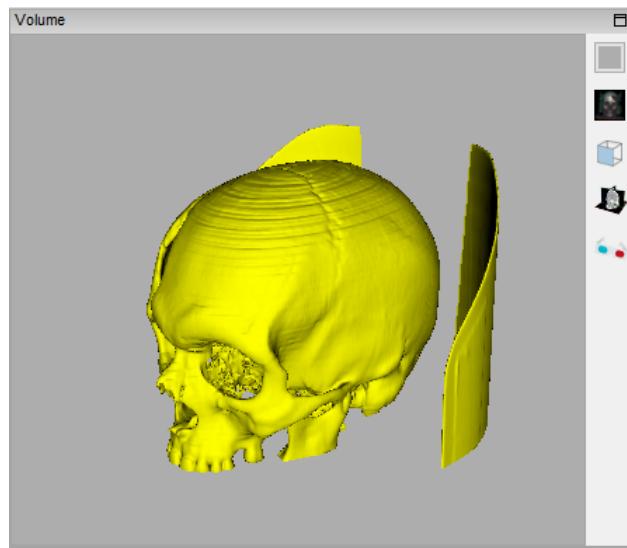


Figura 14.6: Cor de fundo alterada

14.4 Exibir/ocultar textos em janela 2D

Para exibir ou ocultar os textos que aparecem nas janelas de imagens 2D, clique no atalho exibido na figura 14.7, localizado na barra de ferramentas.



Figura 14.7: Atalho para exibir ou ocultar texto

As figuras 14.8 e 14.9 ilustram, respectivamente, a exibição dos textos habilitada e desabilitada.

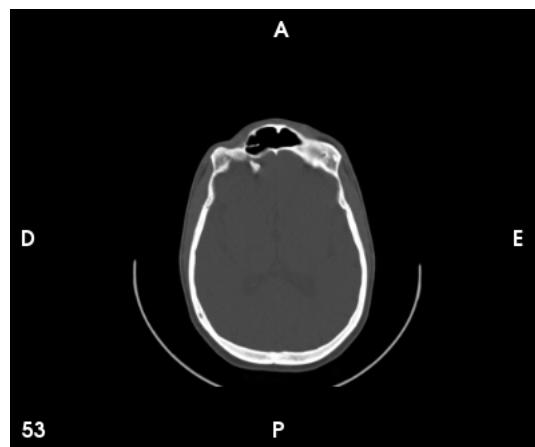


Figura 14.8: Exibição de texto habilitada



Figura 14.9: Exibição de texto desabilitada

Capítulo 15

Neuronavegação

15.1 Introdução

Neuronavegação é uma técnica que através da visualização computacional permite rastrear instrumentos cirúrgicos em relação às estruturas neurais. Além disso, sistemas de neuronavegação têm sido apontados como uma ferramenta fundamental para aumentar a precisão de experimentos em neurociência, como a estimulação magnética transcraniana (EMT), eletro-encefalografia, magnetoencefalografia e espectroscopia no infravermelho próximo. Apesar do vasto campo de aplicações, o uso da neuronavegação em centros de pesquisa é limitado pelo alto custo. O módulo de neuronavegação do InVesalius oferece aos usuários uma alternativa de baixo custo e código aberto aos sistemas comerciais de navegação. Desta maneira, é possível utilizar ferramentas específicas para neuronavegação e ainda ter a possibilidade de desenvolvimento de funcionalidades sob demanda. O neuronavegador é distribuído em uma versão executável compatível com sistema operacional Windows 7, 8 e 10.

15.2 Modo Navegação

Para utilizar o neuronavegador, é necessário habilitar o modo de neuronavegação do InVesalius selecionando no menu **Modo** em seguida **Navegação**

(figura 15.1). Será ativada uma nova aba "Sistema de navegação" que ficará visível no painel à esquerda da janela principal como é apresentado na figura 15.2.

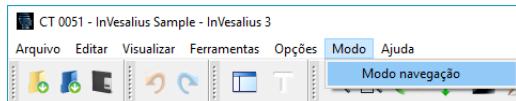


Figura 15.1: Menu para ativar o modulo de neuronavegação.

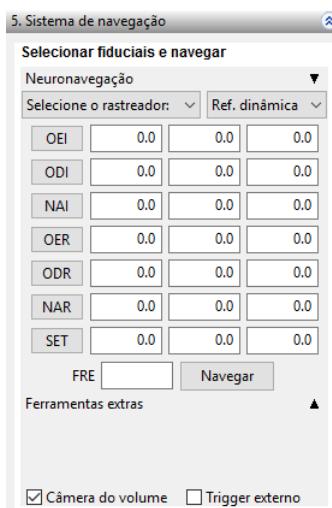


Figura 15.2: Aba do sistema de neuronavegação.

15.3 Rastreadores espaciais e modo de referência

O sistema de neuronavegação se comunica com vários sistemas de rastreamento espacial. Atualmente, suporta os dispositivos fabricados pela ClaroNav (figura 15.3) e Polhemus (figura 15.4).

O usuário deve selecionar o dispositivo correspondente no botão **Selecionar o rastreador:**, figura 15.5. Caso o usuário não possua nenhum dos rastreadores suportados e deseja realizar um teste do sistema, deve selecionar a opção **Depurar rastreador** e realizar normalmente os procedimentos que

serão citados a seguir. Nessa opção, trata-se de uma simulação, do qual serão geradas coordenadas aleatórias.



Figura 15.3: Rastreador Claron - www.claronav.com/microntracker/.



Figura 15.4: Rastreador Polhemus - <http://polhemus.com/motion-tracking/overview/>.

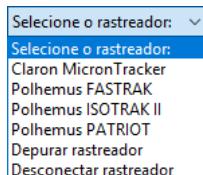


Figura 15.5: Menu para seleção de rastreador.

É possível realizar a navegação com dois diferentes tipos de referência, estático e dinâmico (figura 15.6). No modo estático as coordenadas do dispositivo de rastreamento são detectadas com apenas uma sonda. Este modo de navegação é chamado de modo de referência estática porque a cabeça dos sujeitos deve permanecer estática na posição em que foram detectados os pontos fiduciais (Mais informações na seção 15.4). Para evitar problemas relacionados com o movimento da cabeça, alguns dispositivos de rastreamento

fornecem uma sonda de referência. A sonda de referência pode ser ligada a uma parte não móvel da cabeça, por exemplo testa, para acompanhar as translações e rotações durante o procedimento de navegação. O uso de uma sonda de referência é o chamado modo de referência dinâmica.

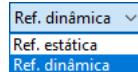


Figura 15.6: Menu para seleção de referência.

15.4 Corregistro

O objetivo do corregistro é estabelecer uma relação entre o espaço de coordenadas do rastreador espacial e o espaço de coordenadas virtual (imagem). Para realizar o corregistro, o usuário deve selecionar três marcadores fiduciais na imagem, para isso primeiramente deverá ativar o recurso de **Correspondência entre as orientações axial, sagital e coronal** (ver seção 5.2), coletar as três coordenadas fiduciais usando a sonda do dispositivo de rastreamento. Os fiduciais mais utilizados são o trago auricular esquerdo, trago auricular direito e a fossa nasal. A figura 15.7 ilustra a coleta dos pontos fiduciais. Quando é selecionado algum ponto fiducial na imagem, automaticamente é criado um marcador (esfera da cor verde) no volume, figura 15.8.

OEI	3.0	126.2	121.0
ODI	164.0	126.8	121.0
NAI	87.0	31.5	100.3
OER	33.0	-0.1	-62.5
ODR	32.0	39.8	-70.2
NAR	168.1	31.5	-83.2

Figura 15.7: Botões e coordenadas para seleção de pontos fiduciais.

As siglas dos botões para coleta dos fiduciais representam:

- OEI: trago auricular esquerdo na imagem
- ODI: trago auricular direito na imagem

- NAI: fossa nasal na imagem
- OER: trago auricular esquerdo no rastreador
- OER: trago auricular direito no rastreador
- NAR: fossa nasal esquerdo no rastreador

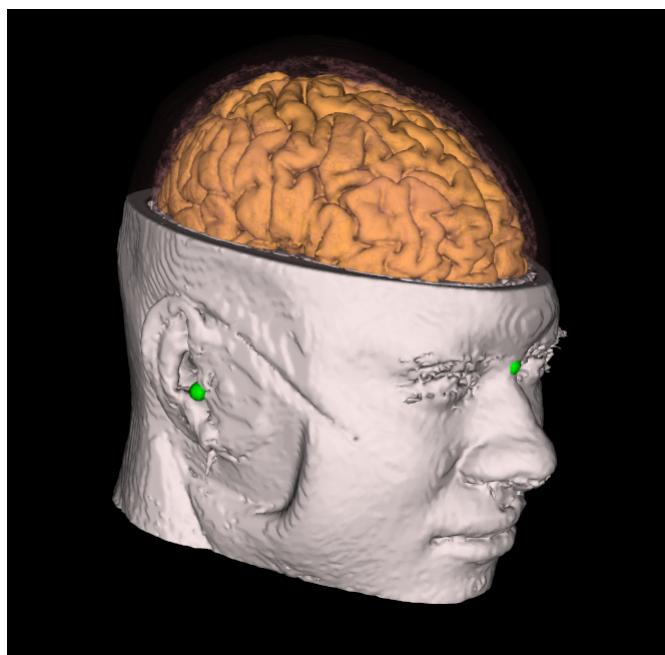


Figura 15.8: Criação de marcadores nos pontos fiduciais da imagem.

15.5 Erro de registro fiducial e navegação

Após o usuário selecionar os três pontos fiduciais na imagem e os respectivos pontos com o rastreador espacial, o próximo passo é clicar no **botão Navegar** e o procedimento de navegação será iniciado. Para pausar a navegação, basta clicar novamente no **botão Navegar**. Automaticamente após selecionado a navegação é calculado o erro de registro fiducial, conhecido como *Fiducial Registration Error* (FRE). Esse erro representa a distância média

quadrática do ponto fiducial na imagem com o respectivo ponto fiducial obtido após realizado o correngistro.

Ao lado do botão de navegação, há a caixa de texto respectivo ao FRE. Se o FRE apresentar um valor alto (acima de 3 mm) a navegação não será precisa e a caixa de texto ficará vermelha, figura 15.9, recomenda-se que o correngistro seja refeito. Caso contrário, para FRE menor que 3 mm a caixa de texto fica verde, representando que a navegação terá precisão aceitável, figura 15.10.



Figura 15.9: Botão de navegação e FRE com valor elevado para navegação.



Figura 15.10: Botão de navegação e FRE com valor aceitável para navegação.

15.6 Marcadores

Durante a navegação, é possível criar marcadores esféricos no volume 3D. Para acessar essa função, basta clicar na aba **Ferramentas extras**, figura 15.11.

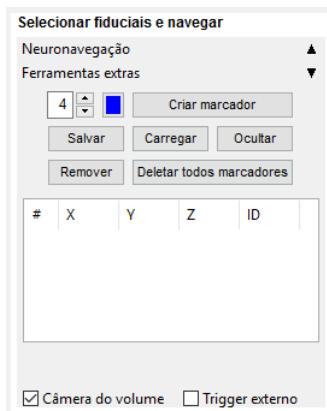


Figura 15.11: Aba para manipulação de marcadores.

A criação de marcadores pode ser executada clicando no botão correspondente, com isso será criado um marcador na posição da cruz vermelha com as características escolhidas na aba, figura 15.11. O número 4 representa o tamanho do raio da esfera que será criada. Ao lado do tamanho do marcador é possível definir a cor da esfera (figura 15.12).

Caso o usuário desejar identificar o marcador criado no volume, um **clique duplo com o botão esquerdo do mouse** deve ser realizado no marcador desejado, com isso o respectivo começará a piscar.

É possível criar uma identificação para o marcador, para isso, deve-se clicar com o botão direto sobre o marcador desejado e selecionar **Editar ID**, figura 15.13, será aberto uma janela para o usuário digitar a identificação, figura 15.14.

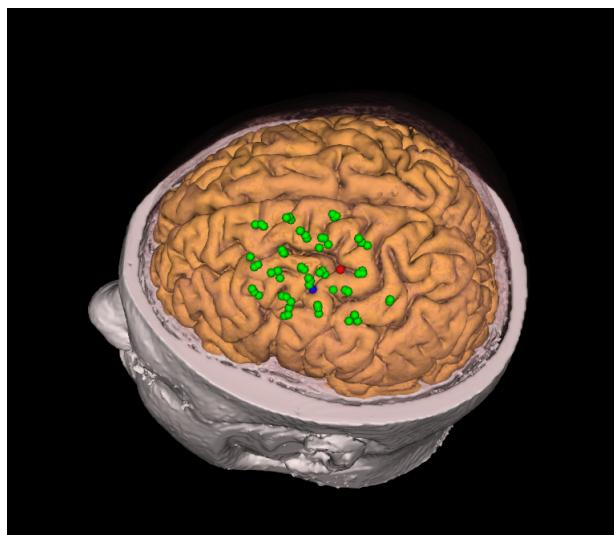


Figura 15.12: Volume com marcadores em diferentes cores.

A exportação dos marcadores é feita através do **botão salvar**, a extensão do arquivo gerado é o .mks. Essa extensão de arquivo pode ser aberta por processadores de texto como bloco de notas. O arquivo possui as coordenadas X , Y e Z seguido o código RGB , tamanho de marcador e a identificação. Posteriormente, esse arquivo pode ser importado através do **botão Carregar**.

Caso o usuário desejar excluir apenas um marcador basta **selecionar** o

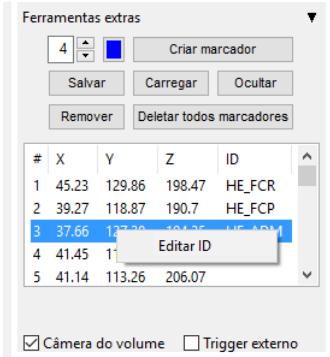


Figura 15.13: Aba para manipulação de marcadores.

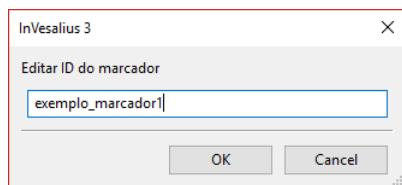


Figura 15.14: Janela para editar identificação do marcador.

item desejado na lista e clicar no **botão Remover**, também existe a opção de excluir todos os marcadores criados, **Deletar todos marcadores**. Além disso, pode-se ocultar/mostrar a exibição dos marcadores no volume pelo **botão ocultar/mostrar**.

15.7 Caixas de seleção, trigger externo

Outra maneira para criação de marcadores é a monitoração externa de trigger. Para ativa-la basta selecionar a caixa de seleção **Trigger externo**. Essa função foi desenvolvida para comunicar dispositivos EMT e criar automaticamente o marcador em posições onde os pulsos foram aplicados. No entanto, outras aplicações são possíveis de acordo com a necessidade do usuário. A comunicação com o dispositivo externo é feita através da porta serial COM1, e basta enviar qualquer sinal do tipo RS-232 em uma velocidade *baud rate* de 9600 no pino de recepção que será criado um marcador na atual posição da cruz.

15.8 Câmera do volume

O posicionamento da câmera do volume é atualizado automaticamente, tanto pela posição da cruz vermelha das fatias quanto pela posição da sonda durante a navegação. O usuário pode desabilitar a atualização automática e atualizar a câmera manualmente. O posicionamento será alterado caso o usuário o fizer na janela de volume. Para isso, basta desmarcar a caixa de seleção **Câmera do volume**.

Autores do Manual

Paulo Henrique Junqueira Amorim
paulo.amorim@cti.gov.br

Thiago Franco de Moraes
thiago.moraes@cti.gov.br

Fábio de Souza Azevedo
fabio.azevedo@cti.gov.br

André Salles Cunha Peres (Neuronavegador)
peres.asc@gmail.com

Victor Hugo (Neuronavegador)
victorhos@hotmail.com

Renan Matsuda (Neuronavegador)
renan_hiroshi@hotmail.com

Oswaldo Baffa Filho (Neuronavegador)
baffa@usp.br

Jorge Vicente Lopes da Silva
jorge.silva@cti.gov.br