

Segmentação para impressão 3D

Attila Nagy

Universidade de Szeged

Csaba Pintér

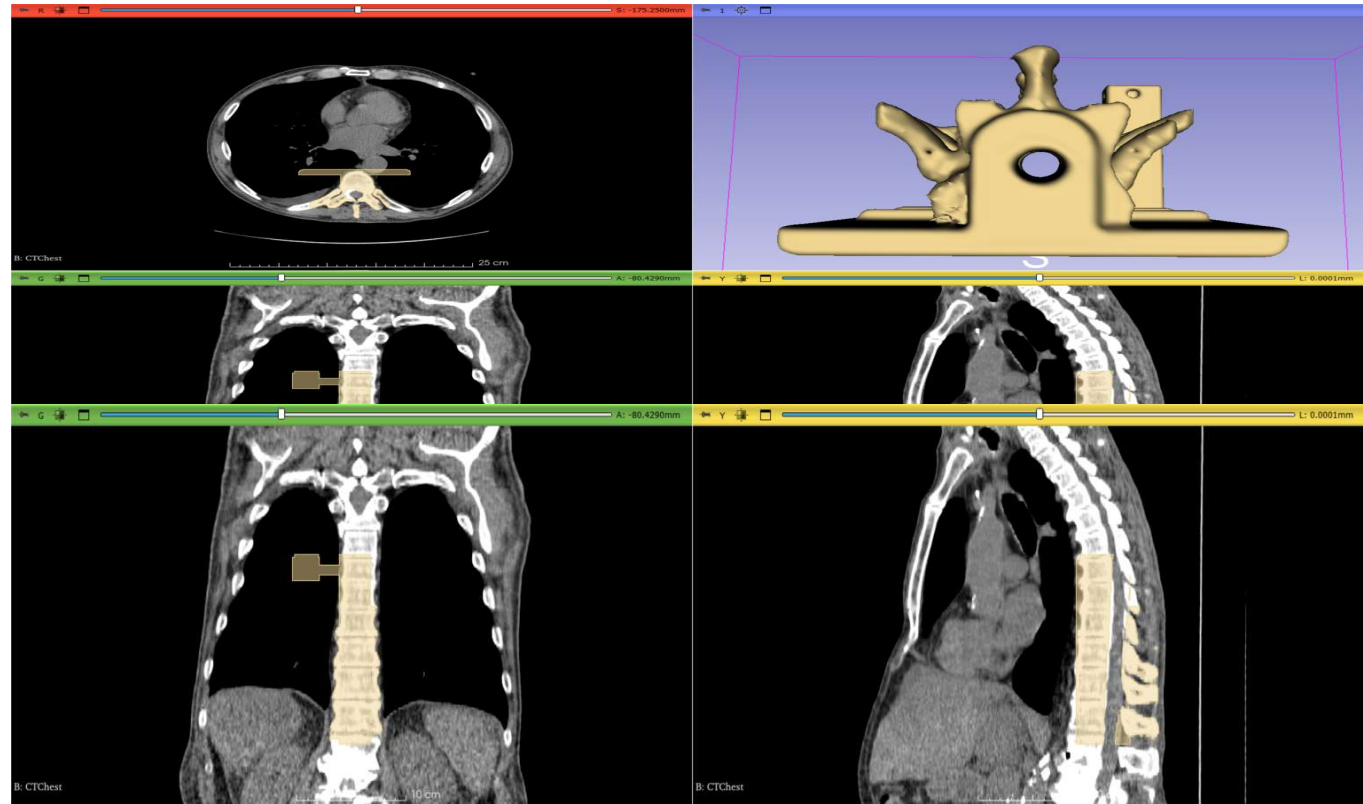
EBATINCA, S.L., Espanha

38&40th NA-MIC Project Week, 2023 Janeiro – 2024 Janeiro



Objetivos de Aprendizagem

Este tutorial demonstra a segmentação de imagens no módulo Editor de Segmento do 3D Slicer com o objetivo de impressão 3D.



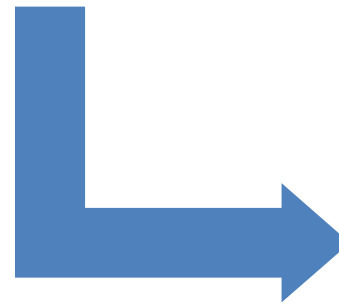


Utilidade clínica do fantoma de coluna

- Fantoma de treinamento para inserção de agulha
- Suporte para marcador eletromagnético
- Preenchido com gel (~tecido mole)
- Coberto com película (~pele)
- Tubo com água no centro



[Moult et al. 2013](#)





Material

- Este tutorial requer a instalação de uma versão estável recente do 3D Slicer (pelo menos 5.6.1), que está disponível na página de download do Slicer: <http://download.slicer.org/>
- Conjunto de dados do tutorial: Modelo STL da base do fantoma: <https://raw.githubusercontent.com/Slicer/SlicerSegmentationFor3DPrintingTutorial/main/BasePiece.stl> (fonte: PerkLab Model Catalog)
- Páginas de documentação do usuário:
https://slicer.readthedocs.io/en/latest/user_guide/modules/segmentations.html
https://slicer.readthedocs.io/en/latest/user_guide/modules/segmenteditor.html



Plataformas

- Desenvolvido e mantido em Windows 64bit, macOS e Linux 64bit e 32bit

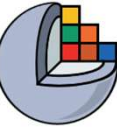


- O Slicer requer:

Mínimo de 4GB de RAM (mais é recomendado)

GPU dedicada para renderização rápida (OpenGL 3.2+)

Um guia rápido sobre como usar este tutorial



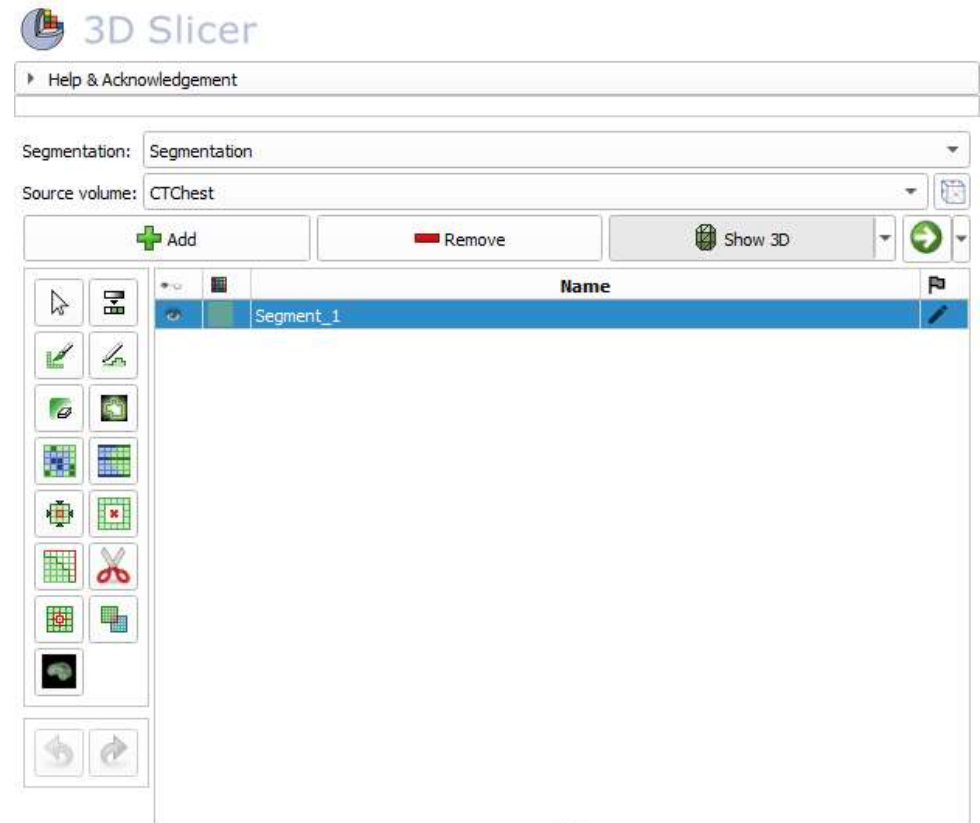
- O Slicer é uma plataforma abrangente. Portanto, geralmente há mais de uma maneira de trabalhar com seus dados e alcançar o mesmo resultado. Durante este tutorial, às vezes mostramos mais de uma possibilidade, então você verá três tipos de slides:
- Slides que são **comuns** a ambas as abordagens, com **fundo branco**.
- Se você estiver interessado em **mais detalhes**, basta seguir todos os slides. Os slides com um **tom verde claro** mostram diferentes maneiras de alcançar os mesmos resultados.
- Se você deseja uma solução **mais rápida**, sem entrar muito nos detalhes, além dos slides brancos, siga os slides marcados com um relógio (mostrado no canto), e fundo levemente **avermelhado**.





Módulo de Editor de Segmento

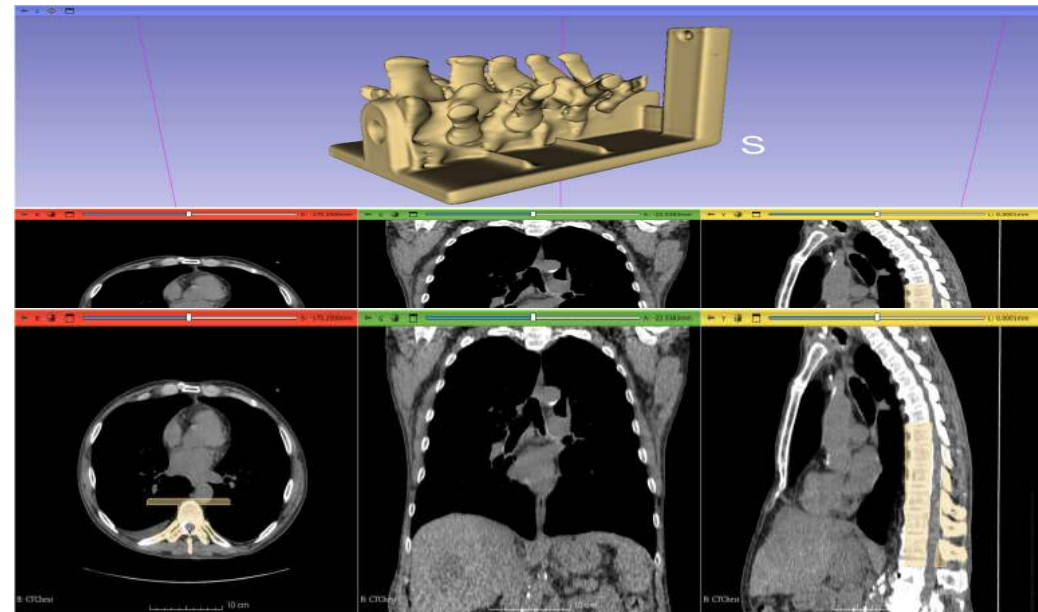
- Atualização de superfície 3D em tempo real
- Edição em fatias oblíquas
- Segmentos sobrepostos
- Ferramentas intuitivas
- Manual
- Semiautomático
- Configurações avançadas

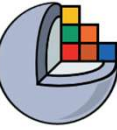




Visão geral

1. Carregar imagem de TC
2. Segmentar vértebras para impressão 3D
3. Adicionar base do fantoma à segmentação
4. Mesclar e finalizar o fantoma
5. Salvar segmento do fantoma em arquivo STL para impressão 3D





Parte 1: Carregar imagem de TC

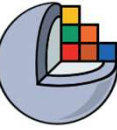
Visão geral:

Carregar o conjunto de dados de amostra “CTChest”

Ajustar o contraste da imagem para melhor visibilidade



1/1: Carregar o conjunto de dados "CTChest"



3D Slicer

Welcome

 Add Data

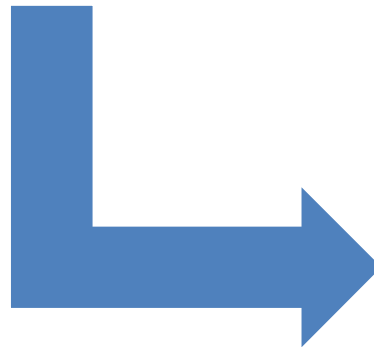
 Add DICOM Data

 Install Extensions

 Download Sample Data

 Customize Slicer




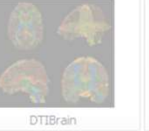

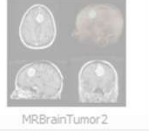
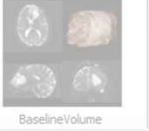










 Explore Added Data



3D Slicer

Help & Acknowledgement

Builtin

| | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  MRHead |  CTChest |  CTACardio |  DTIBrain |  MRBrainTumor1 |
|  MRBrainTumor2 |  BaselineVolume |  DTIVolume |  DWIVolume |  CTA abdomen (Panoramix) |
|  CBCTDentalSurgery |  MR-US Prostate |  CT-MR Brain |  CBCT-MR Head |  CTLiver |
|  CTP Cardio Sequence |  CT Cardio Sequence | | | |



1/2: CT de amostra carregado

3D Slicer 5.2.2
File Edit View Help
Modules: Sample Data

3D Slicer
Help & Acknowledgement

Built-in

- MRHead
- CTChest
- CTACardio
- DTIBrain
- MRBrainTumor 1
- MRBrainTumor2
- BaselineVolume
- DTIVolume
- DWIVolume
- CTA abdomen (Panorama)
- CBCTDentalSurgery
- MR-US Prostate
- CT-MR Brain
- CBCT-MR Head
- CTLiver
- CTP Cardio Sequence
- CT Cardio Sequence

Downloaded 36.2 MB (90% of 40.2 MB)...

Downloaded 40.2 MB (100% of 40.2 MB)...

Download finished

Verifying checksum

Checksum OK

Requesting load CTChest from C:/Users/attila/AppData/Local/Temp/Slicer/RemoteIO/CT-chest.nrrd ...

Load finished

Data Probe

Requesting download *CT-chest.nrrd* from [https://github.com/Slicer/SlicerTestingData/releases/download/SHA256/4507b6664690840abb6cb9af2d919377ffc4ef75b167cb6fd0f747befdb12e38e ...](https://github.com/Slicer/SlicerTestingData/releases/download/SHA256/4507b6664690840abb6cb9af2d919377ffc4ef75b167cb6fd0f747befdb12e38e...)

Downloaded 4.0 MB (10% of 40.2 MB)...

Downloaded 40.2 MB (100% of 40.2 MB)...

Download finished

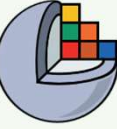
Verifying checksum

Checksum OK

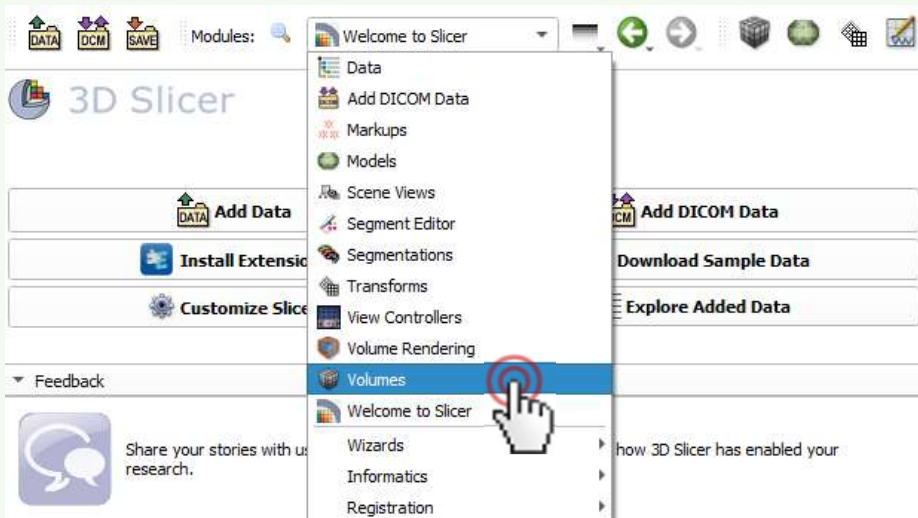
Requesting load *CTChest* from C:/Users/attila/AppData/Local/Temp/Slicer/RemoteIO/CT-chest.nrrd ...

Load finished





1/3/A: Alterar contraste



Selecione o *CTChest* como volume ativo e clique na predefinição

Active Volume: CTChest

Volume Information

Display

Lookup Table: Grey

Interpolate:

Window/Level: Manual W/L

CT-Abdomen
View abdominal CT volume.

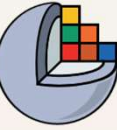
L: 40

Threshold: Off

-3024 3071

Histogram

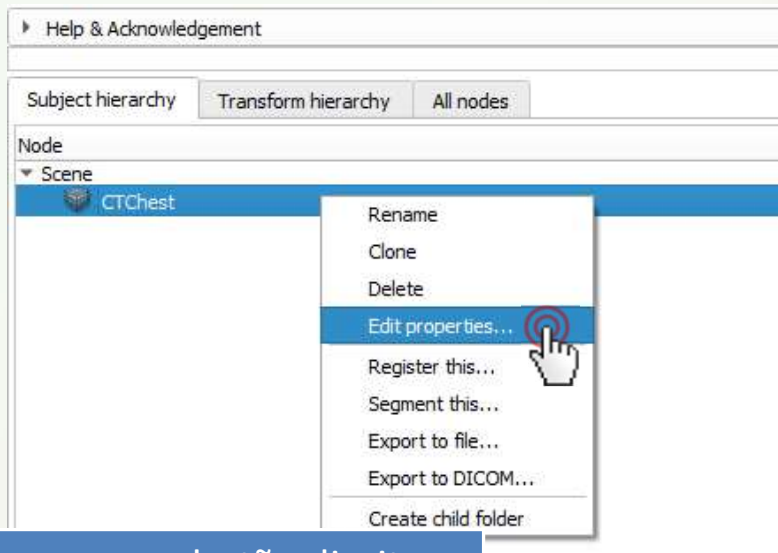
Color Legend



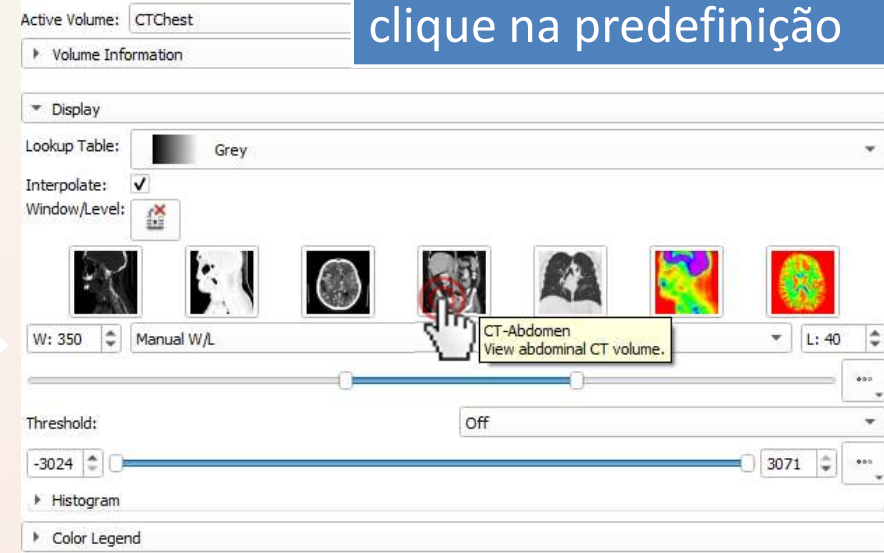
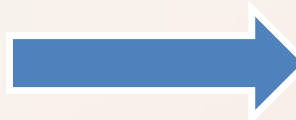
1/3/B: Alterar contraste

Mude para o
Módulo de
Dados

Selecione o *CTChest*
como volume ativo e
clique na predefinição



Clique com o botão direito
nos dados e selecione
"Editar propriedades..."





1/3/C: Alterar contraste

Clique com o botão direito em qualquer uma das visualizações de fatias, selecione "Predefinições de Janela/Nível" e escolha "CT-Abdômen".





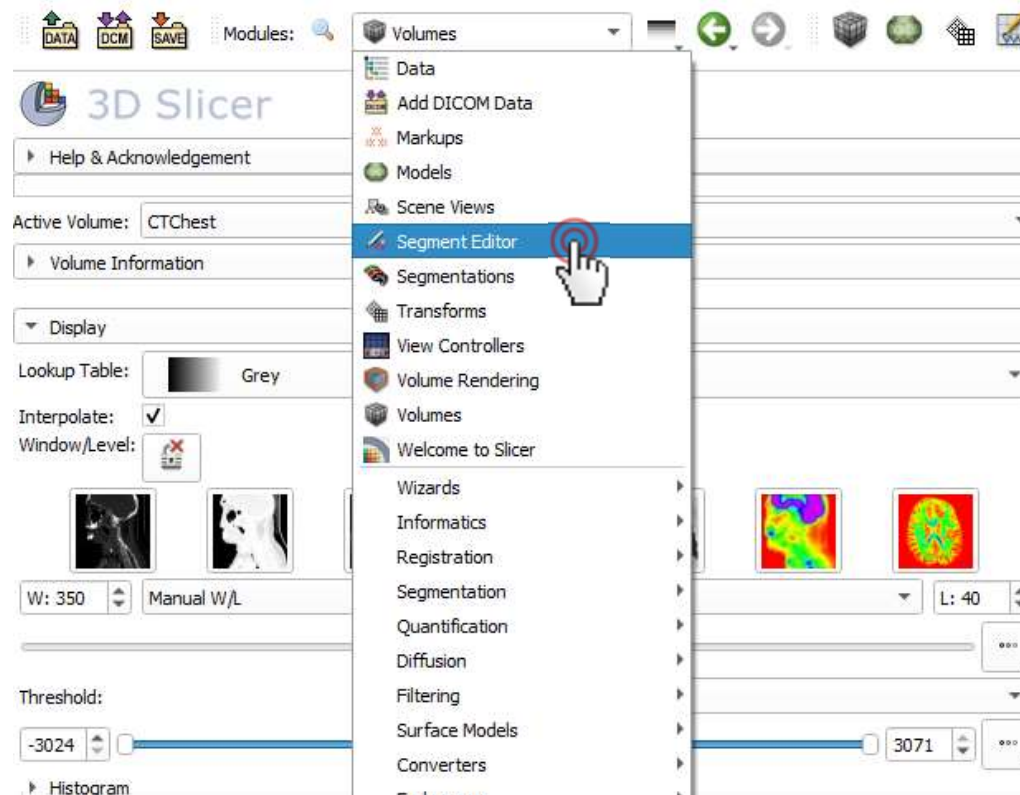
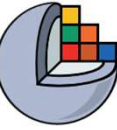
Parte 2: Segmentar vértebras

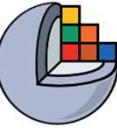
Visão geral:

- Adicionar novo segmento
- Aplicar limiar para os ossos
- Remover manchas com Ilhas
- Cortar as vértebras com Tesoura

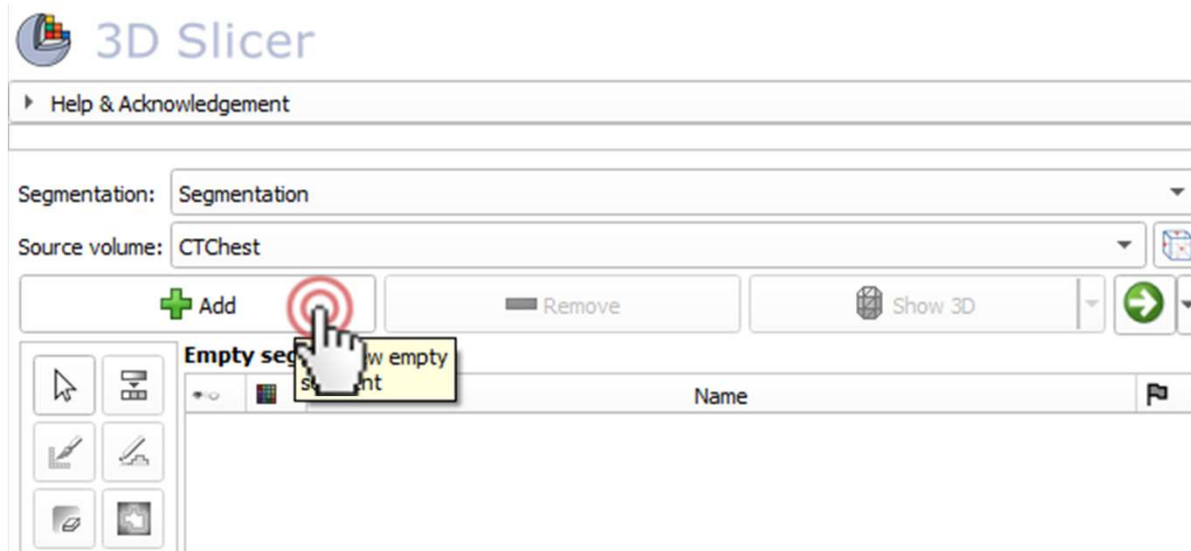


2/1: Mudar para o módulo “Editor de Segmento”





2/2: Adicionar novo segmento

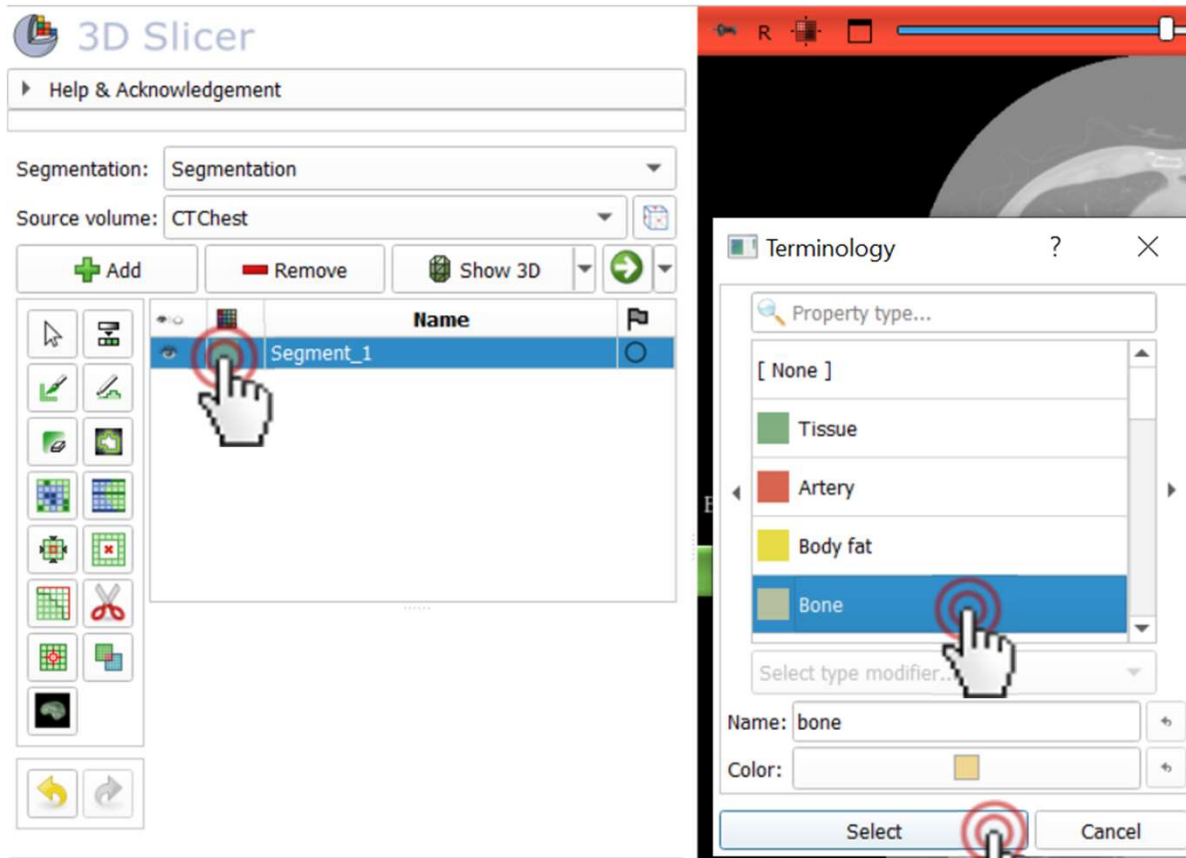


- Segmentação criada automaticamente
- Volume de TC selecionado automaticamente como fonte

(O volume de origem é o volume segmentado que define a resolução dos segmentos)



2/3: Definir terminologia



1. Dê um duplo clique na cor do segmento.
2. Escolha uma Terminologia para o segmento (um nome e uma cor para o segmento).

Você também pode definir um nome e uma cor diferentes, se necessário.

Não é obrigatório, mas torna o seu fluxo de trabalho mais robusto.



2/4: Definir o limiar para obter os ossos

Segmentation: Segmentation

Source volume: CT Chest

+ Add Remove Show 3D

| Name |
|------|
| bone |

Threshold

Fill segment based on source volume intensity range... [Show details.](#)

Threshold Range:

100 3071.00



Threshold

Fill segment based on source volume intensity range... [Show details.](#)

Threshold Range:

100 3071.00

Defina 100

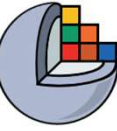
Automatic threshold

Local histogram

Use for masking

Apply





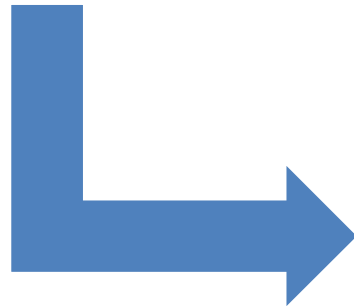
Veja em 3D!

Segmentation: Segmentation

Source volume: CTchest

+ Add Remove Show 3D

| | Name |
|--|------|
| | bone |



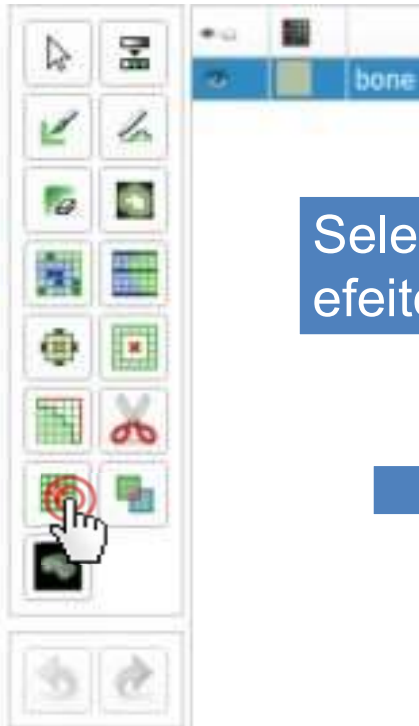
Centralize a visualization 3D.

S



2/5: Remover o ruído com o efeito Ilhas

Selecione o efeito Ilhas



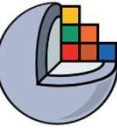
Islands

Edit islands (connected components) in a segment... [Show details.](#)

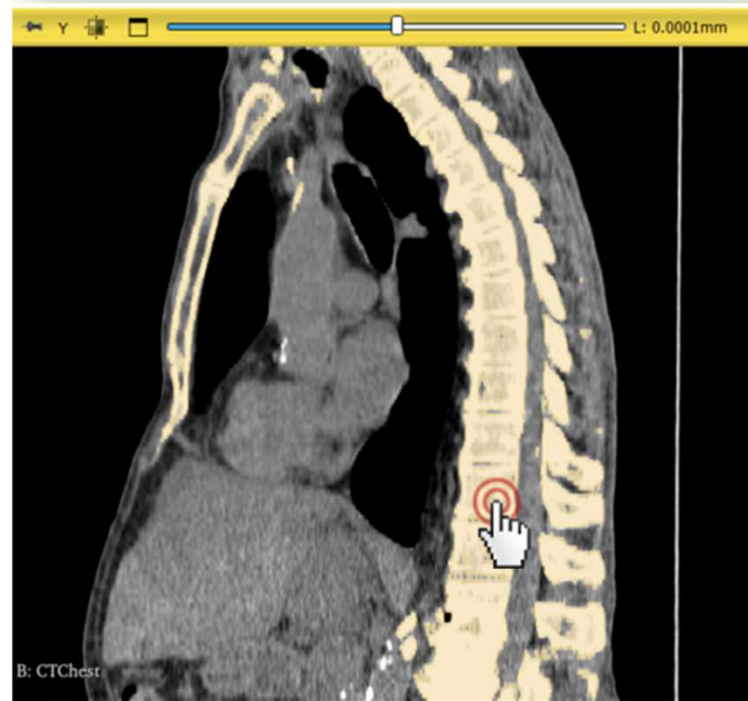
- Keep largest island
- Keep selected island
- Remove small islands
- Remove selected island
- Split islands to segments
- Add selected island

Minimum size: 1000 voxels

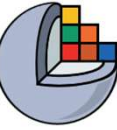
Apply



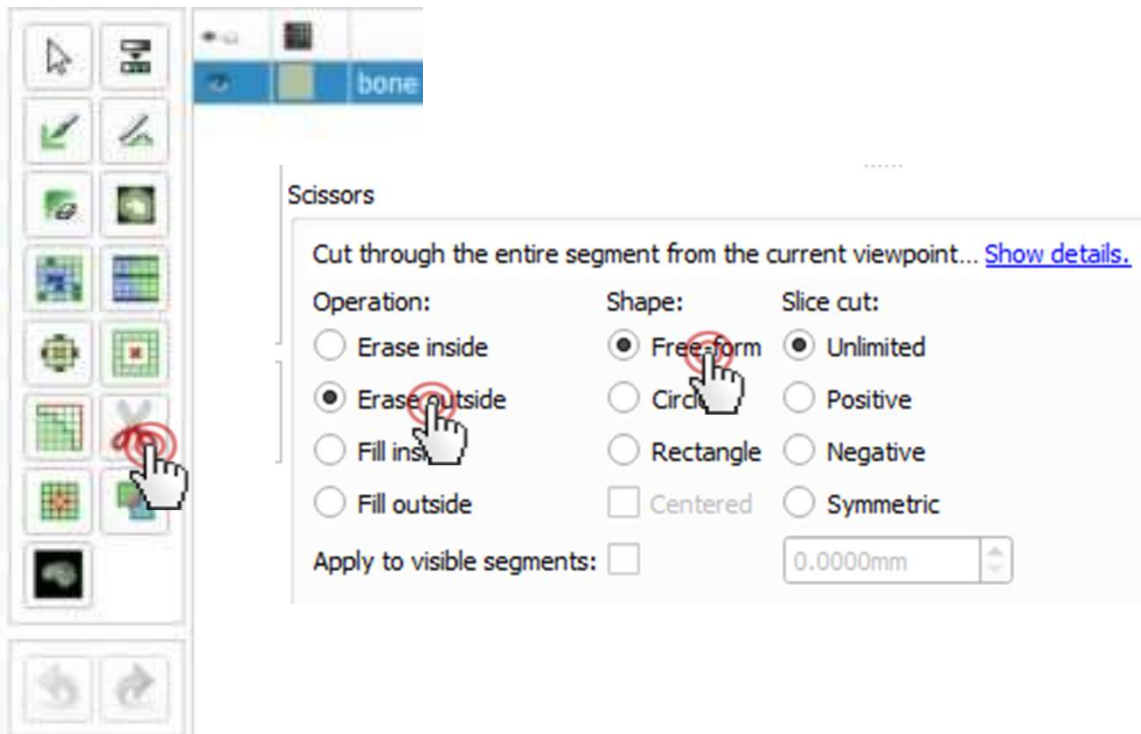
2/5: Remover o ruído com o efeito Ilhas



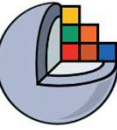
Clique na espinha



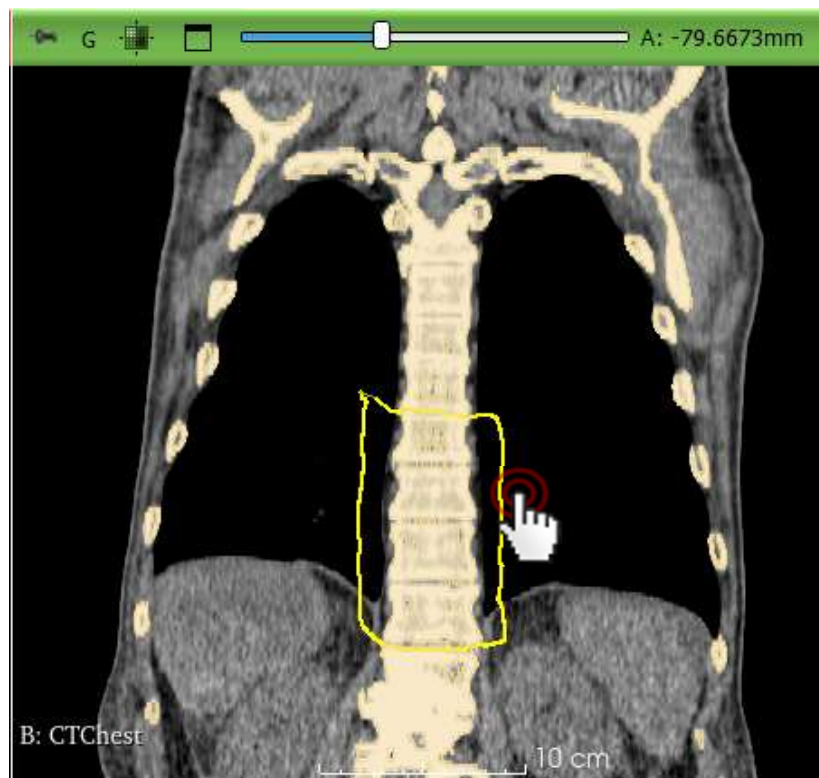
2/6: Cortar as vértebras com a ferramenta Tesoura



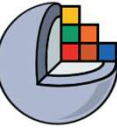
1. Selecione o efeito “Tesoura”
2. Escolha “Apagar fora” como operação
3. Escolha a forma “Livre”



2/7: Cortar as vértebras com a ferramenta Tesoura



Rastreie ao redor da vértebra desejada com a ferramenta Tesoura na visão coronal (fatia verde)

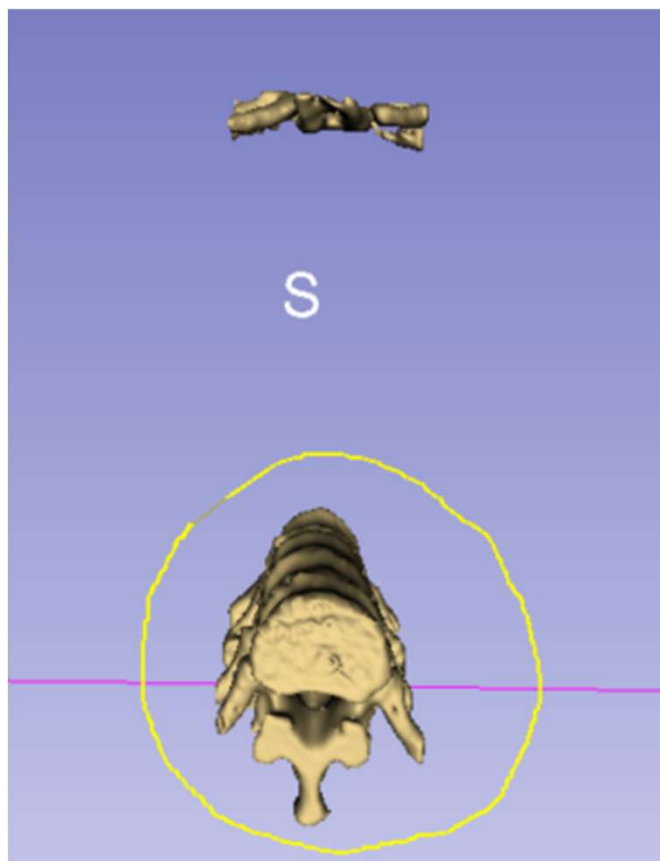
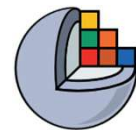


Oriente a visualização 3D

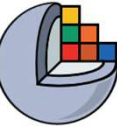
Não é necessário clicar, apenas passe o mouse sobre o ícone do pino

Clique em "S" para visualização superior

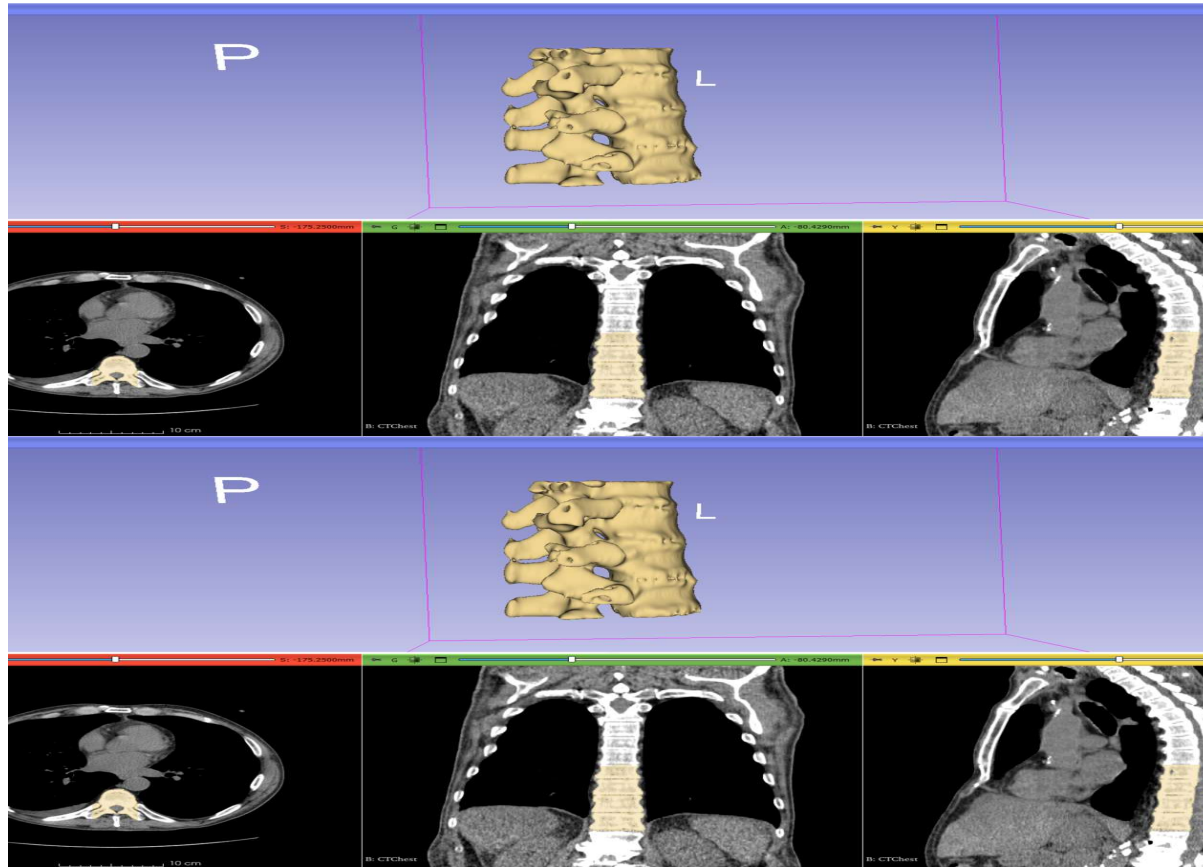
2/8: Remover as partes restantes com a ferramenta Tesoura



Selecione as vértebras na visualização 3D para apagar as partes desnecessárias (costelas no lado anterior, nesse caso).



2/9: As vértebras estão segmentadas

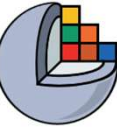




Parte 3: Adicionar base do fantoma

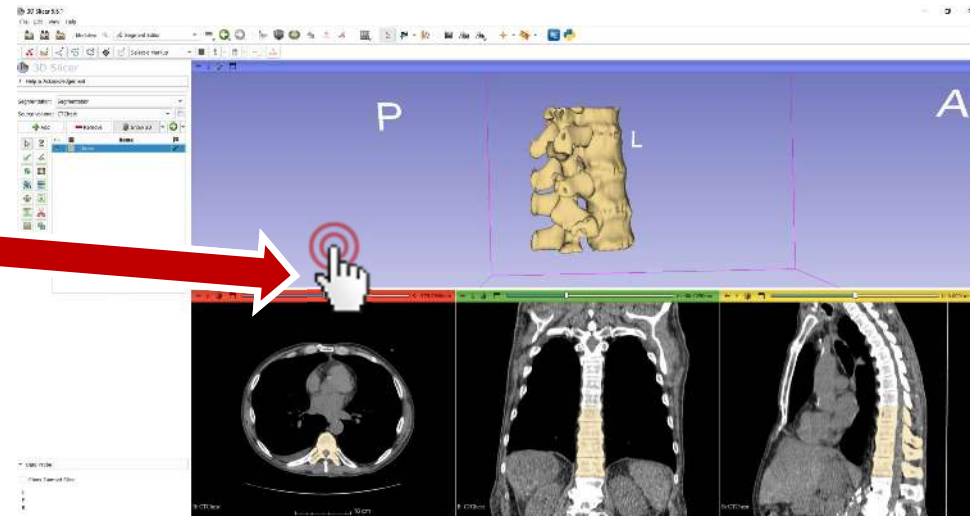
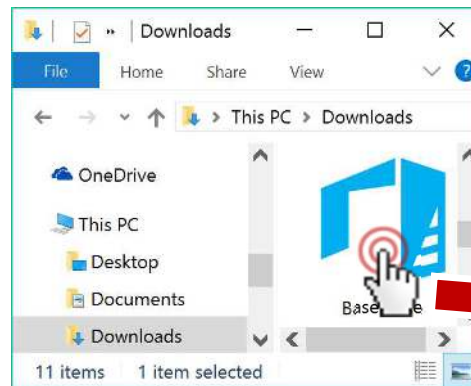
Visão geral:

- Carregar o arquivo STL da base do fantoma
- Transformar o modelo para a posição e orientação desejadas
- Importar o modelo para o nó de segmentação
- Cortar um buraco no meio da coluna vertebral



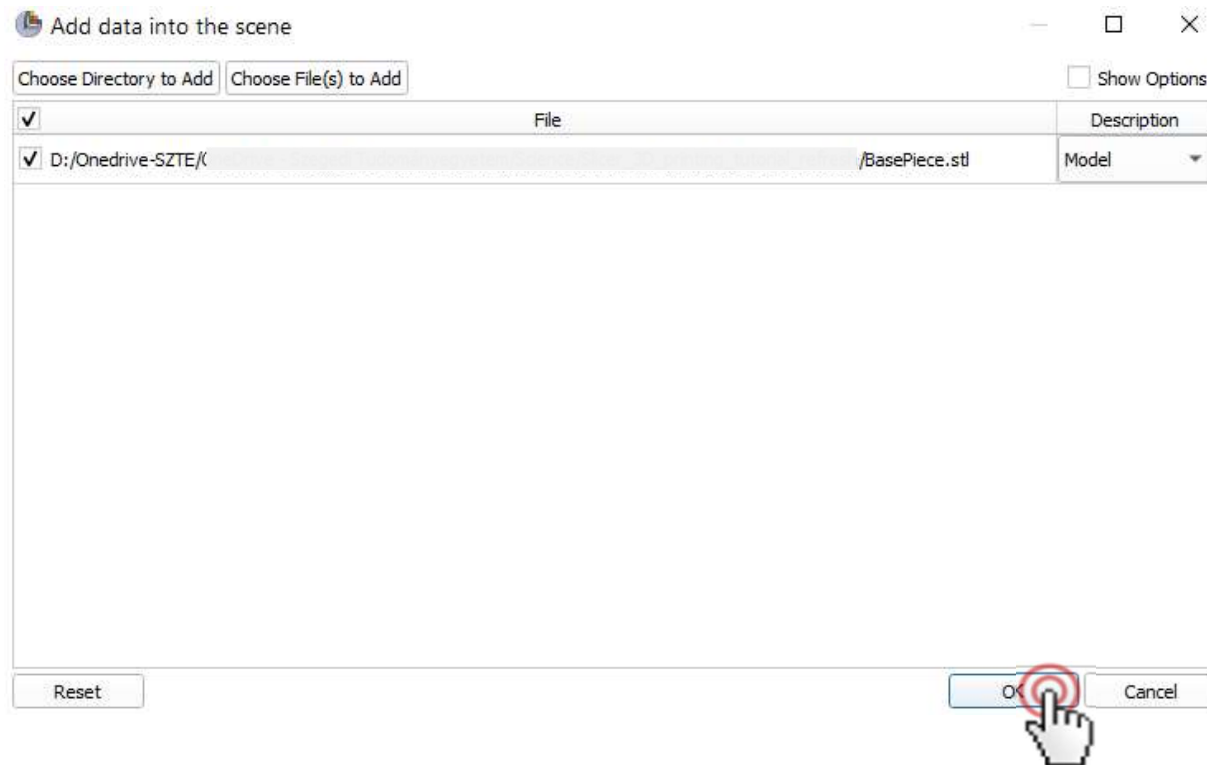
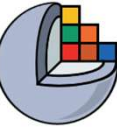
3/1: Carregar a base do fantoma como nó de modelo

Baixe o arquivo STL da base do fantoma de <https://www.slicer.org/wiki/File:BasePiece.zip>

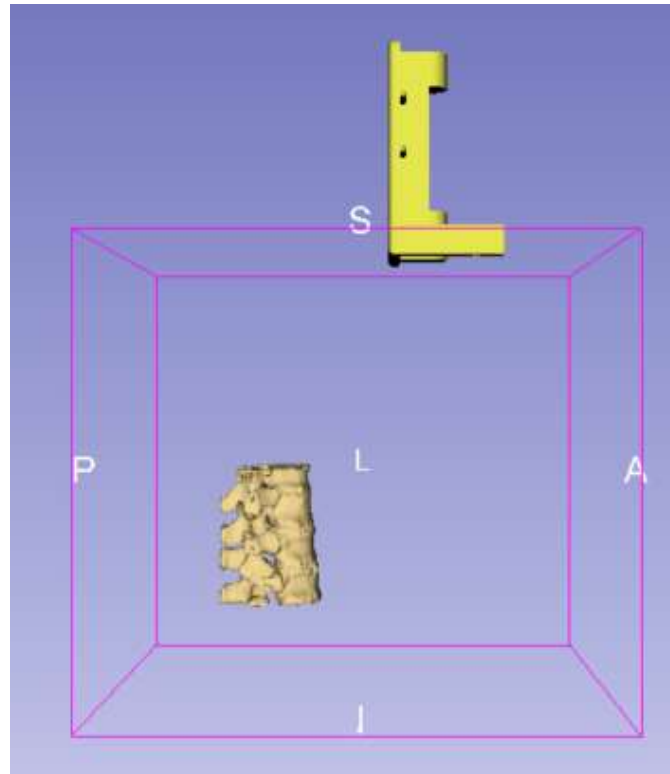
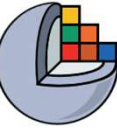


Extraia o conteúdo do arquivo zip e arraste o arquivo BasePiece.stl para a janela do Slicer

3/2: Carregar a base do fantoma como nó de modelo.

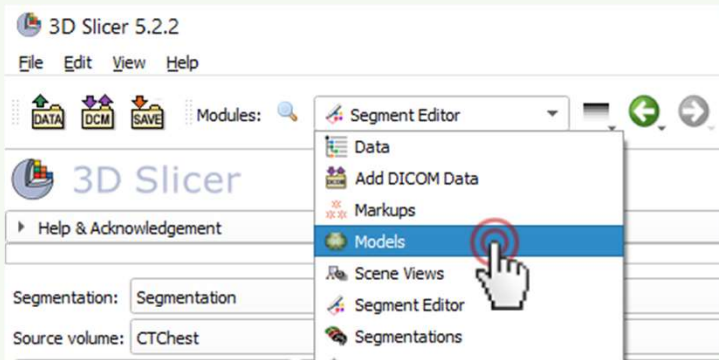
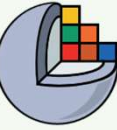


3/2: Carregar a base do fantoma como nó de modelo.



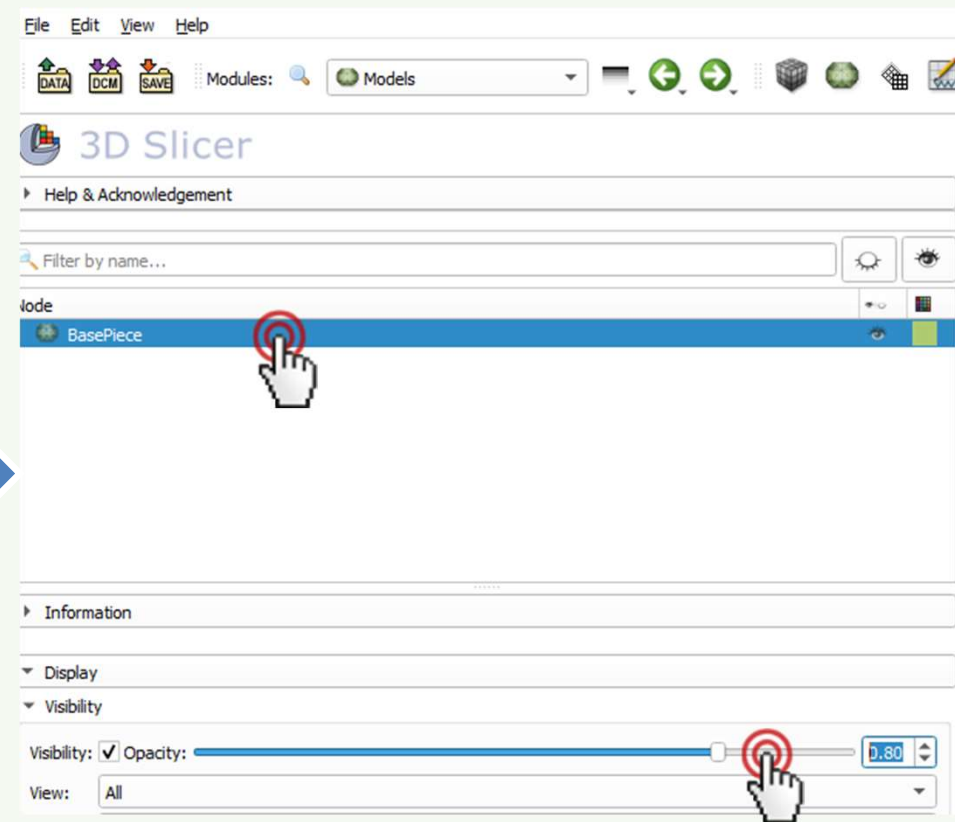
A base do fantoma foi carregada

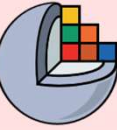
3/1: Tornar a base semitransparente em Modelos



1. Mude para o módulo Modelos
2. Diminua a opacidade para 0.8

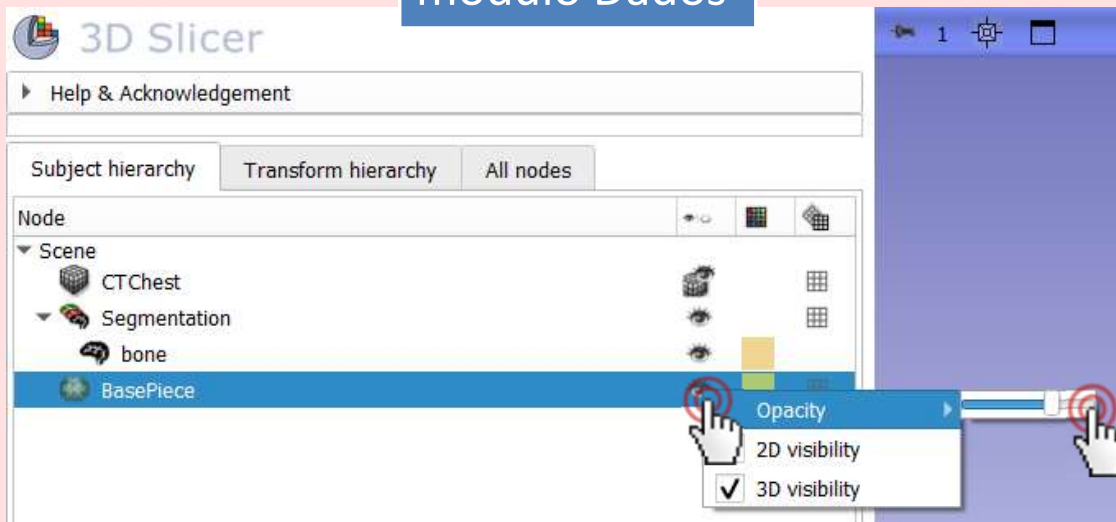
Quando tanto a segmentação quanto o modelo estão opacos, fica difícil visualizar quando eles estão na posição relativa correta.





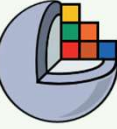
3/1: Tornar a base semitransparente

Mude para o módulo Dados



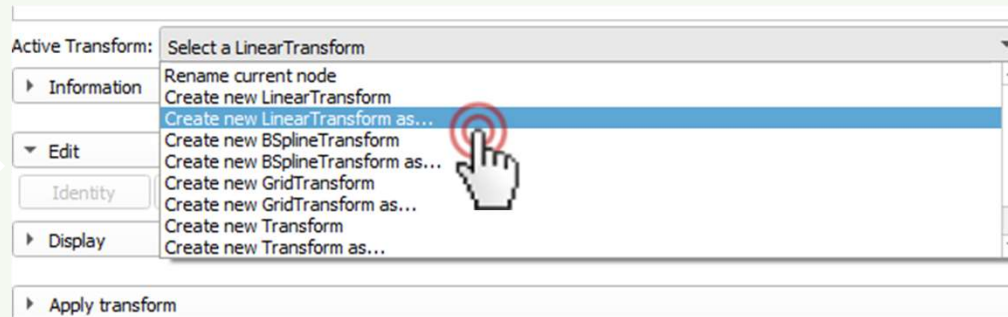
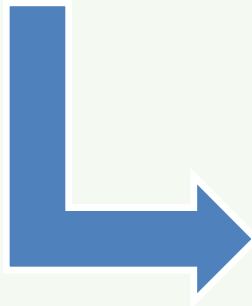
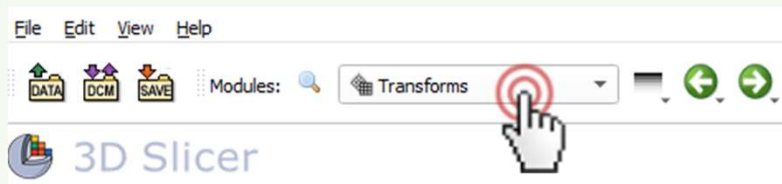
Clique com o botão direito no ícone do olho ao lado de “PeçaBase” e passe o ponteiro sobre a opção “Opacidade”. Ajuste para cerca de 3/4.

Quando tanto a segmentação quanto o modelo estão opacos, fica difícil perceber se estão na posição relativa correta.



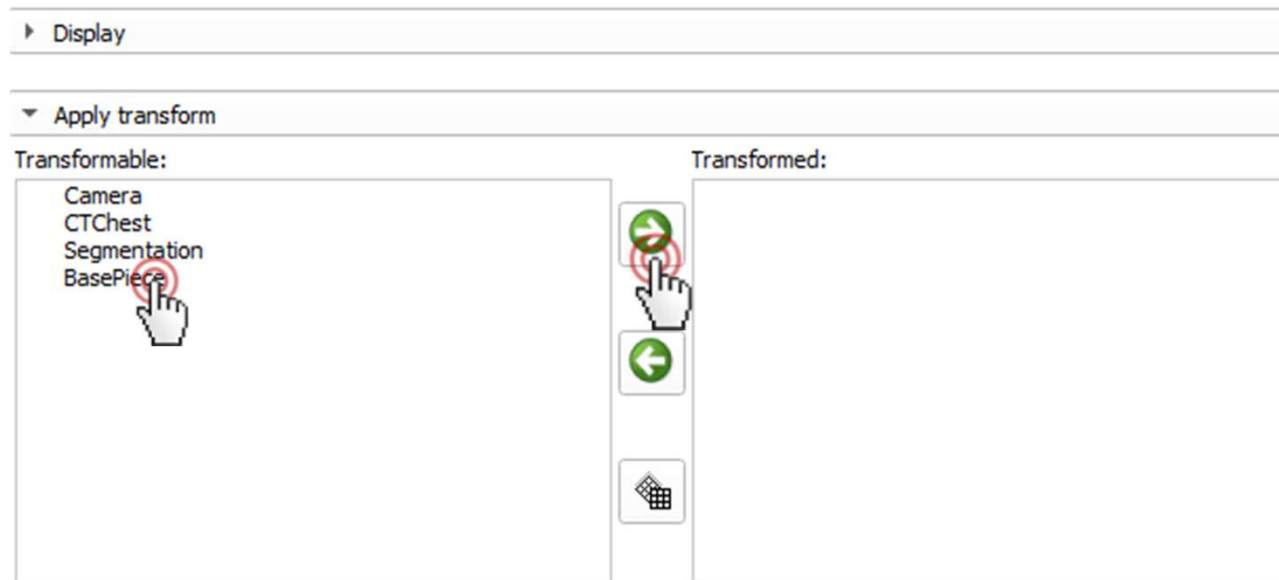
3/2/A: Criar transformação

1. Mude para o módulo “Transformações”
2. Crie uma transformação linear
3. Nomeie-a como ‘*BaseToSpineTransform*’

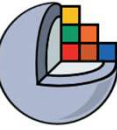




3/3/A: Aplicar a transformação à base



1. Selecione a peça base
2. Mova-a para aplicar a transformação



3/4/A: Mover a base para o local correto

▼ Transform Matrix

| | | | |
|------|-------|-------|---------|
| 1.00 | 0.00 | 0.00 | 55.00 |
| 0.00 | -1.00 | -0.00 | -62.00 |
| 0.00 | 0.00 | -1.00 | -120.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |

▼ Translation

LR: 55.0000mm
PA: -62.0000mm
IS: -120.0000mm

Min: -200.0000mm Max: 200.0000mm

▼ Rotation

LR: 0.0°
PA: 0.0°
IS: 0.0°

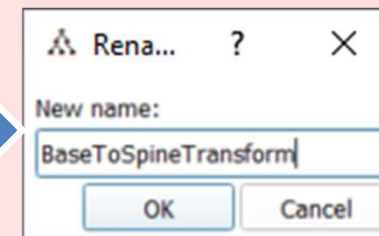
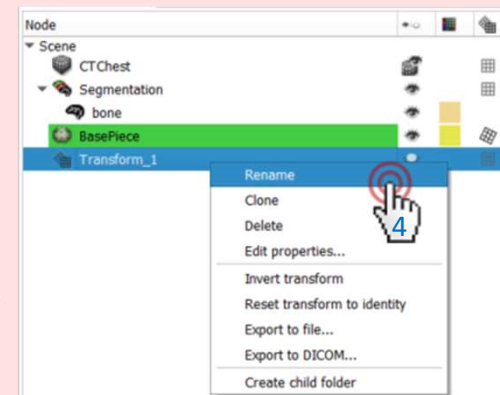
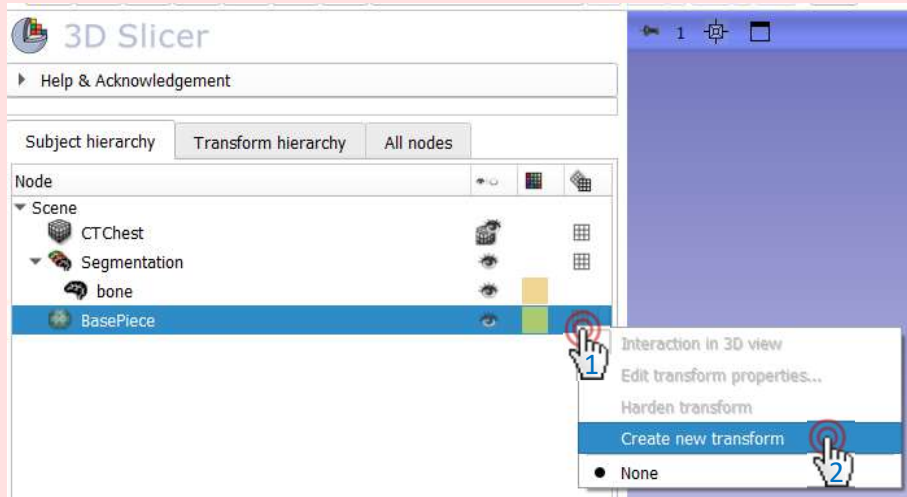
Identity Invert + ↻

1. Primeiramente, gire o modelo 180 graus da esquerda para a direita, arrastando o controle deslizante “LR” para a esquerda.
2. Mova os controles deslizantes até que a base esteja na posição correta (os valores na imagem são os finais).

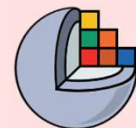


3/2/B: Criar transformação

1. Clique com o botão direito na grade (o último ícone)
2. Crie uma transformação linear.
3. A transformação aparecerá na lista.
4. Clique com o botão direito nela e renomeie-a para 'BaseToSpineTransform'.

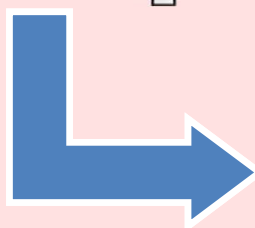
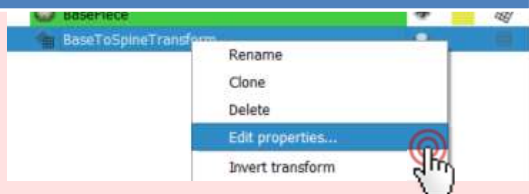


3/4/B: Mover a base para a posição correta



Não precisamos de 3/3 quando fazemos dessa forma

Clique com o botão direito novamente e escolha Editar propriedades...



▼ Transform Matrix

| | | | |
|------|-------|-------|---------|
| 1.00 | 0.00 | 0.00 | 55.00 |
| 0.00 | -1.00 | -0.00 | -62.00 |
| 0.00 | 0.00 | -1.00 | -120.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |

▼ Translation

LR: 55.0000mm

PA: -62.0000mm

IS: -120.0000mm

Min: -200.0000mm Max: 200.0000mm

▼ Rotation

LR: 0.0°

PA: 0.0°

IS: 0.0°

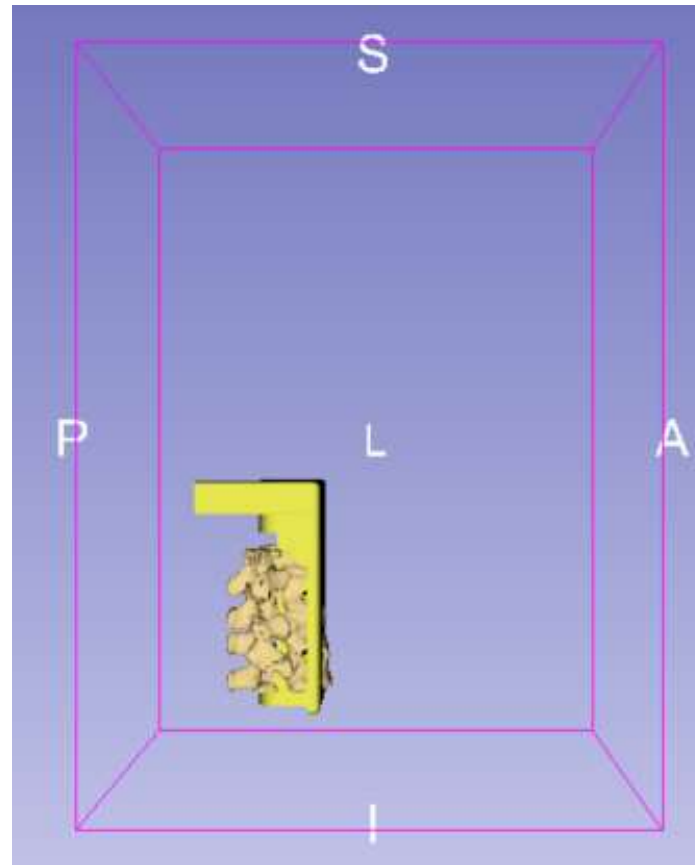
Identity Invert + ↻

1. Primeiro, gire o modelo 180 graus de Esquerda-para-Direita, arrastando o controle deslizante “LR” para a esquerda.

2. Em seguida, mova os controles deslizantes até que a base esteja na posição correta (os valores na imagem são os finais).

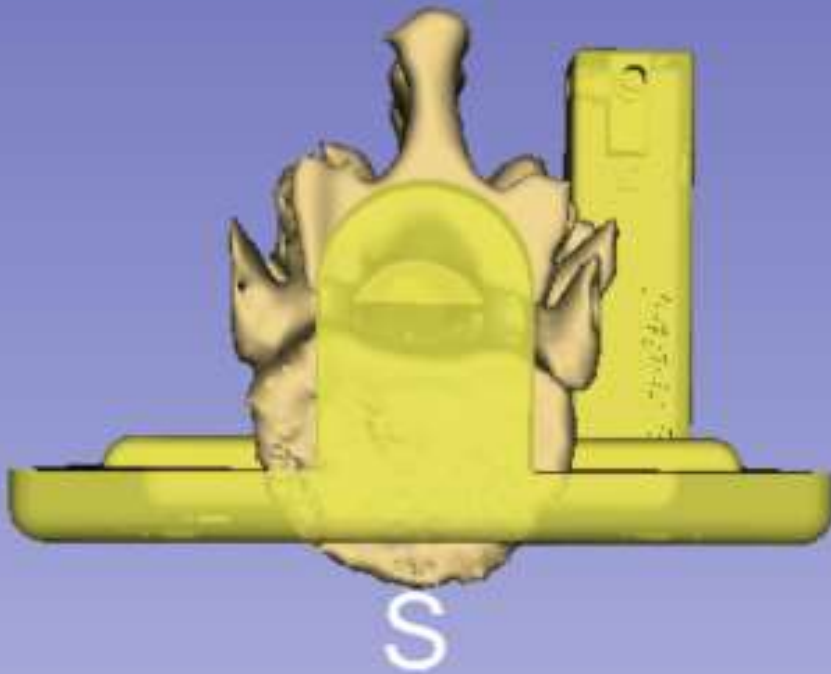


3/6/A: A base está na posição correta

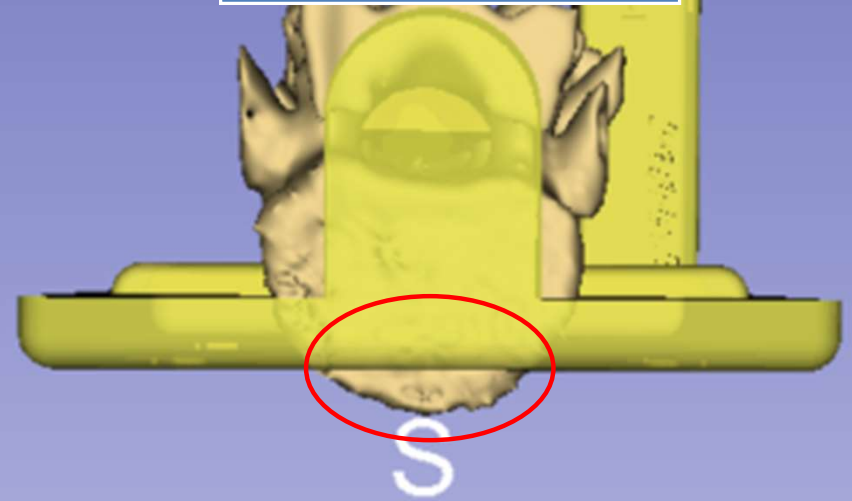




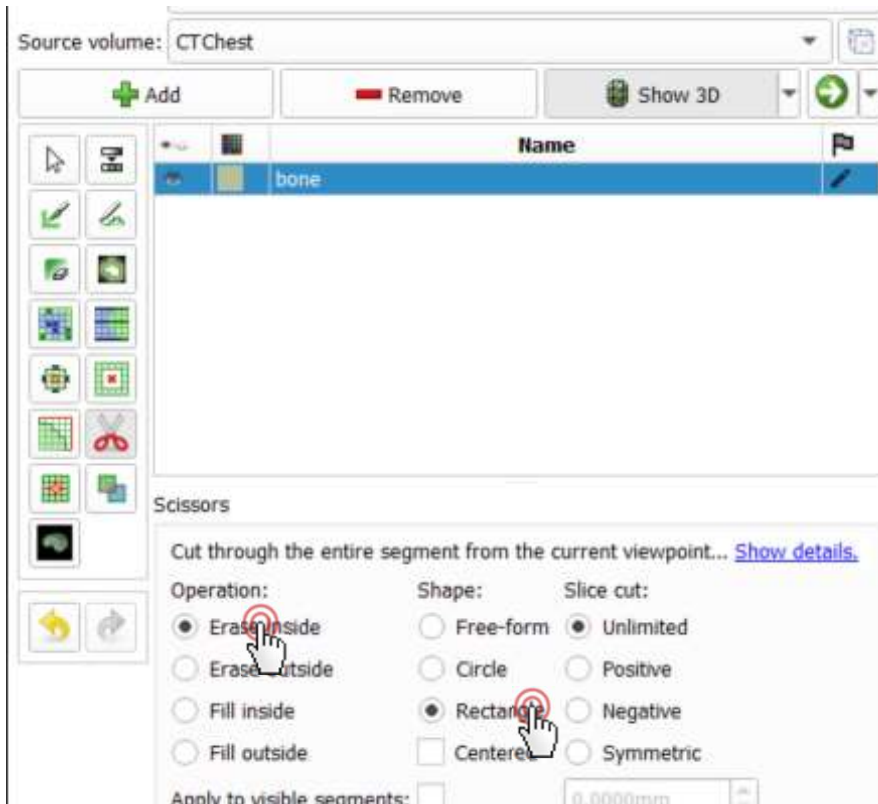
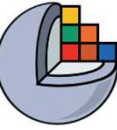
3/6/B: A base está na posição correta



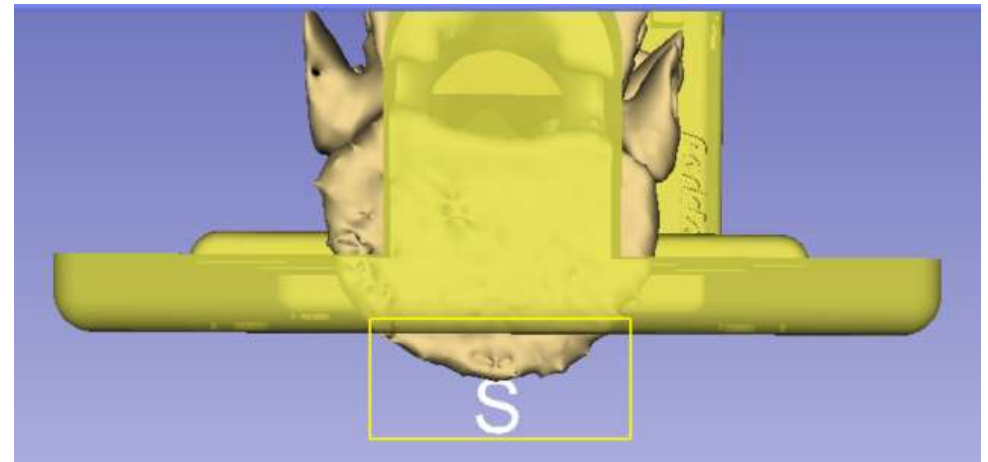
Mas precisamos
remover um pouco
da sobra



3/7: Usar o efeito Tesoura para remover a sobra



1. Volte para o Editor de Segmentos
2. Apague a sobra





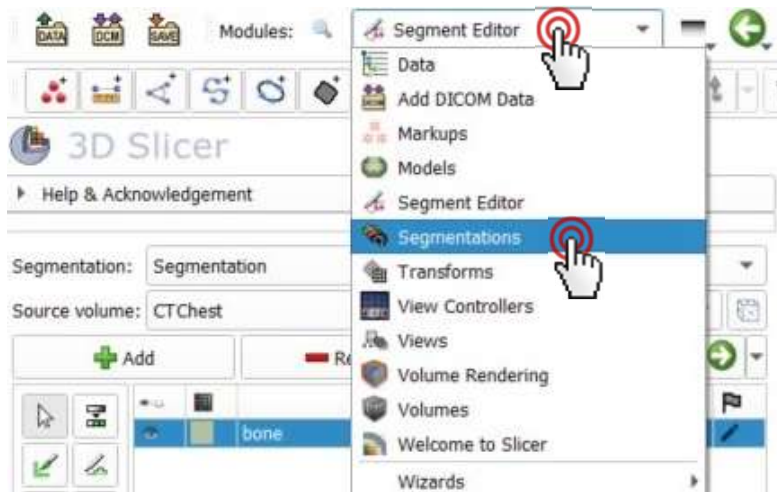
Parte 4: Mesclar e finalizar o fantoma

Visão geral:

- Criar segmentação a partir da peça base
- Copiar o segmento da peça base para a segmentação da vértebra
- Mesclar os dois segmentos
- Cortar o buraco no fantoma



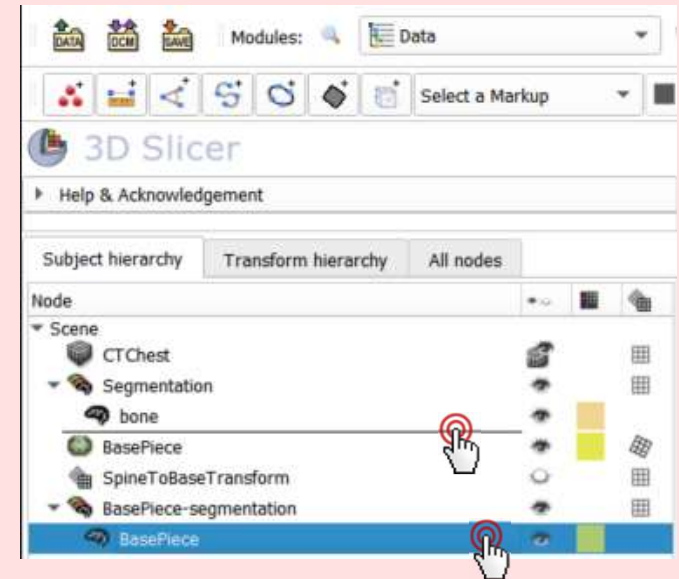
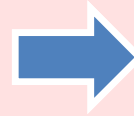
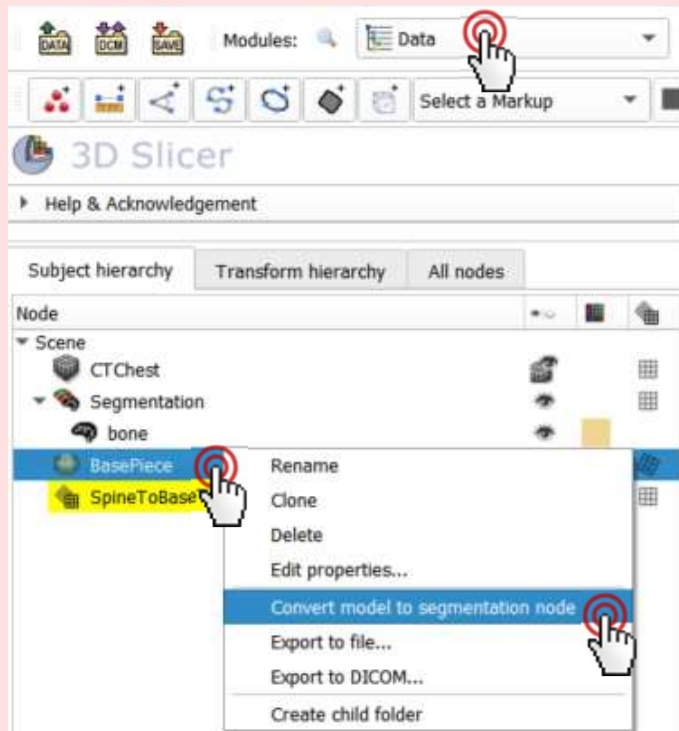
4/1: Importar base para segmentação



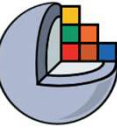


4/1/A Importar base para segmentação

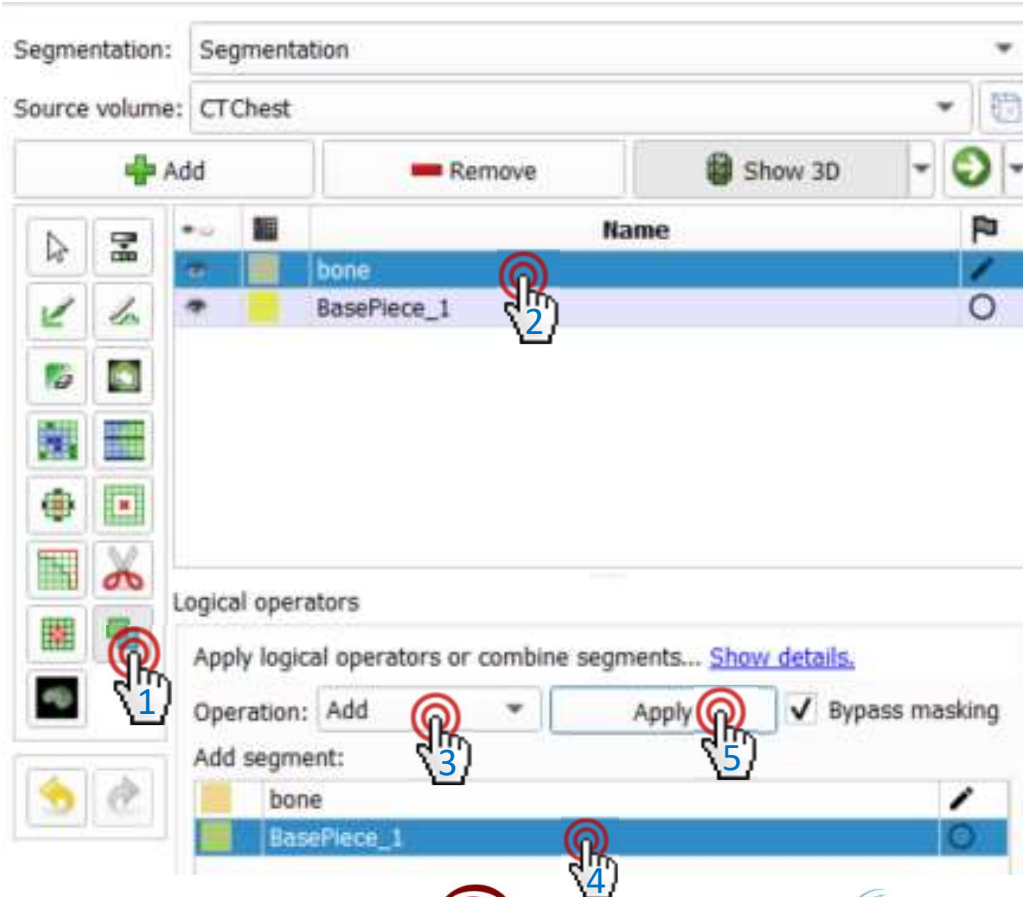
Troque para o módulo de Dados, clique com o botão direito em PeçaBase e selecione “Converter modelo para nó de segmentação”



Arraste e solte a “PeçaBase” da “Segmentação PeçaBase” abaixo do segmento “Osso”.

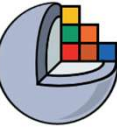


4/2: Mesclar no Editor de Segmento



Volte ao *Editor de Segmentos*

1. Selecione Operadores Lógicos
2. Selecione a coluna (osso)
3. Escolha a operação Adicionar
4. Selecione PeçaBase
5. Clique em Aplicar



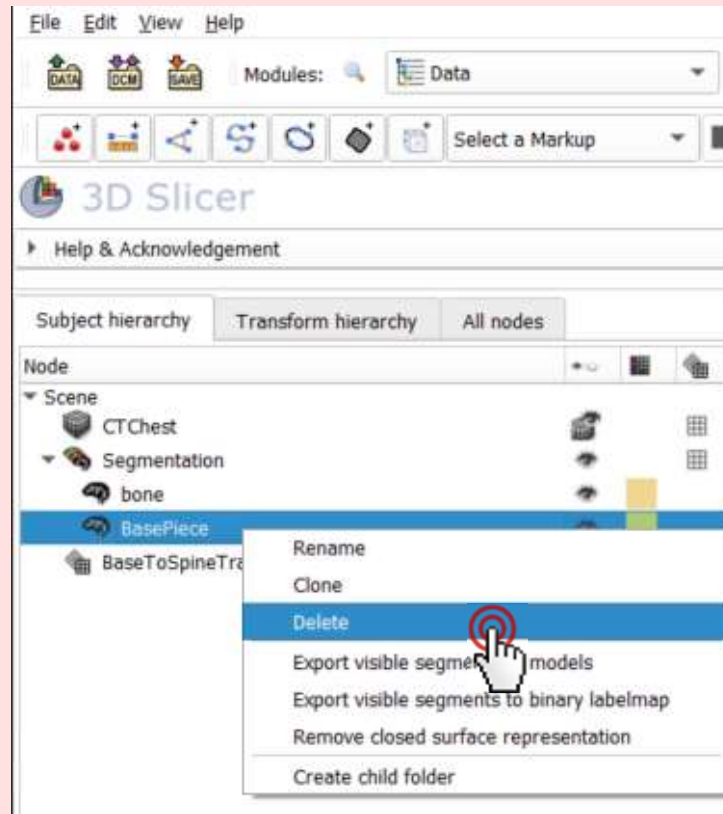
4/3: Remover o segmento da base





4/3: Remover o segmento da base

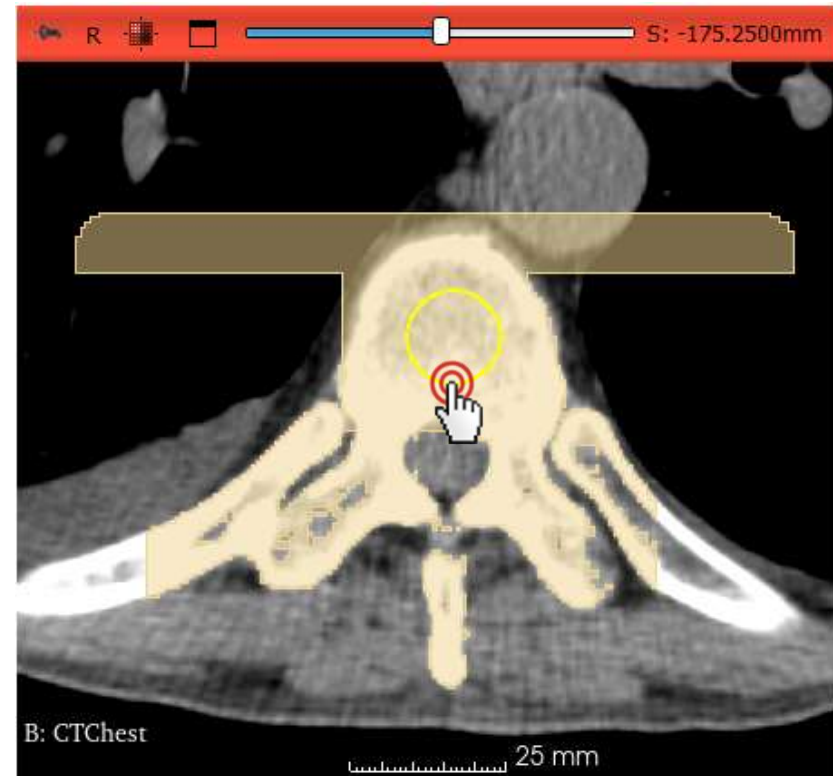
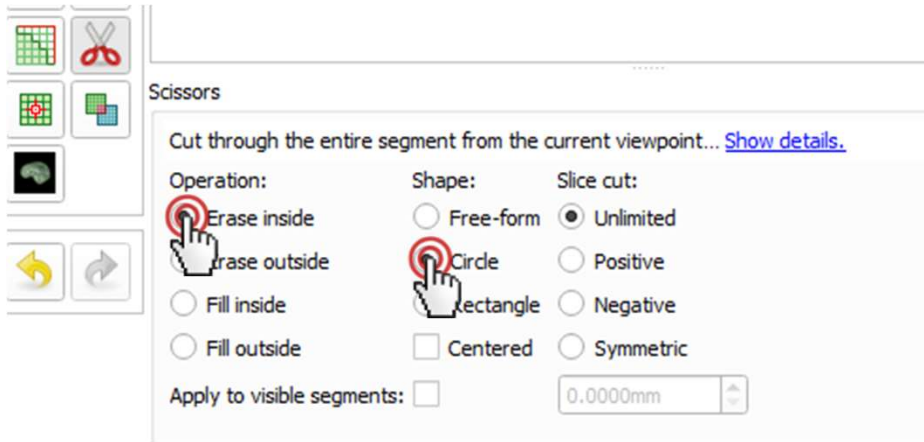
Altere para o Módulo Dados

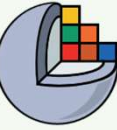


Clique com o botão direito no nó do segmento PeçaBase e escolha “Excluir”

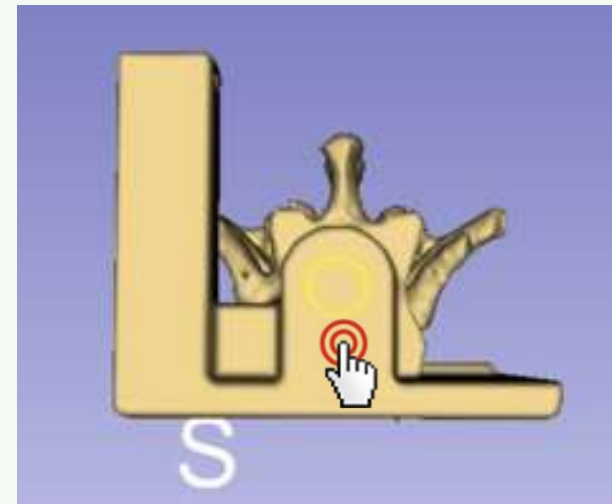
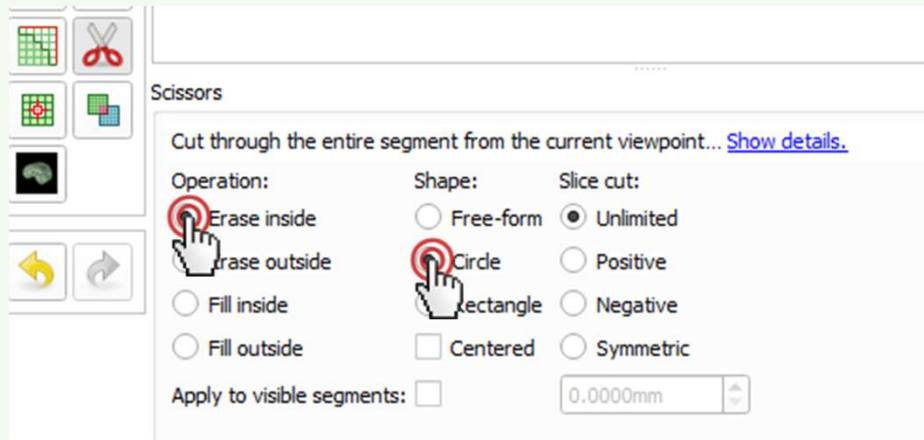


4/4: Use a ferramenta Tesoura para cortar o buraco no modelo do fantoma

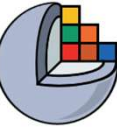




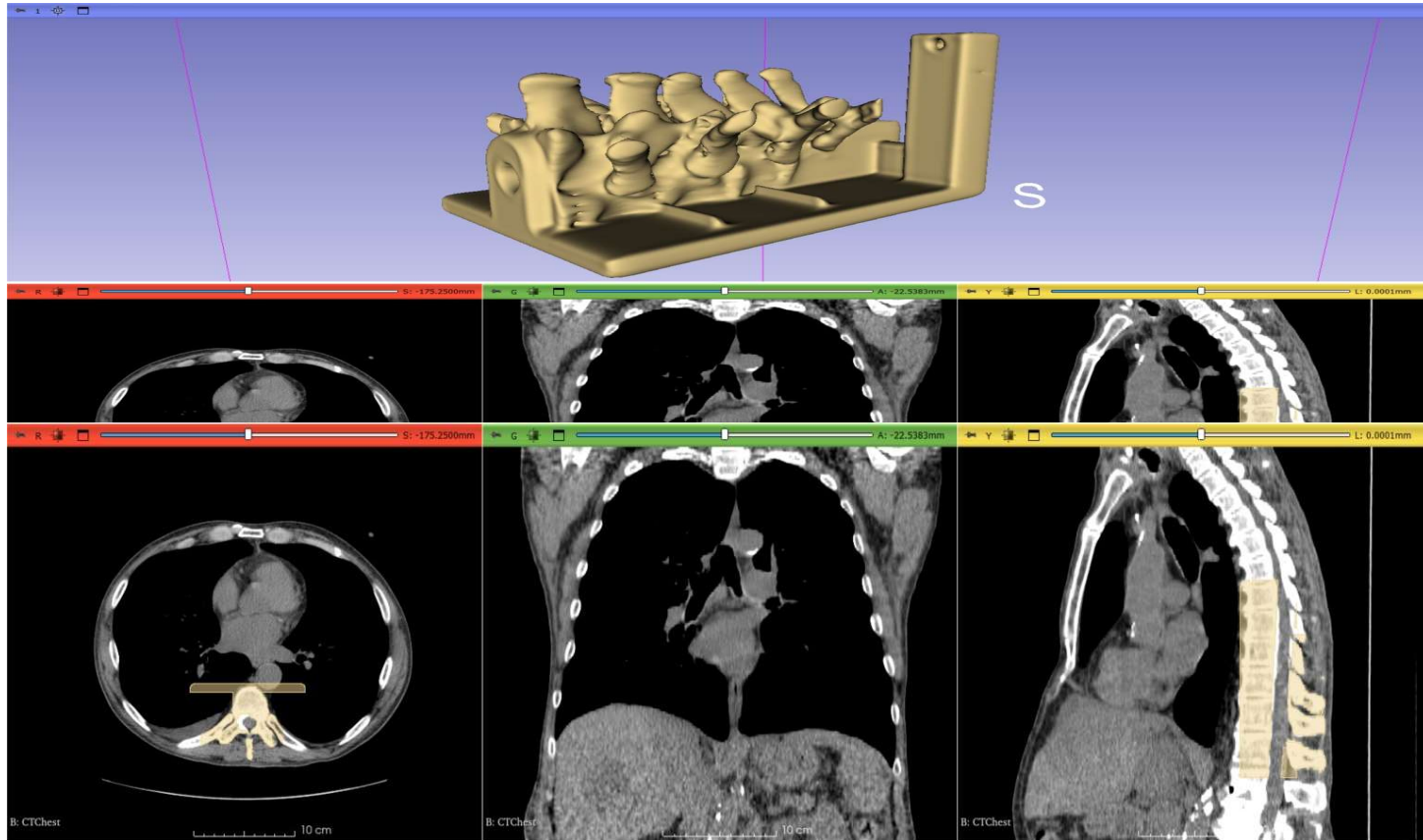
4/4: Cortar um buraco no fantoma usando a ferramenta Tesoura



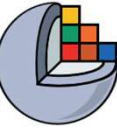
Você também pode cortar o buraco diretamente na visualização 3D



O fantoma está pronto!



Parte 5: Salvar o fantoma como arquivo STL



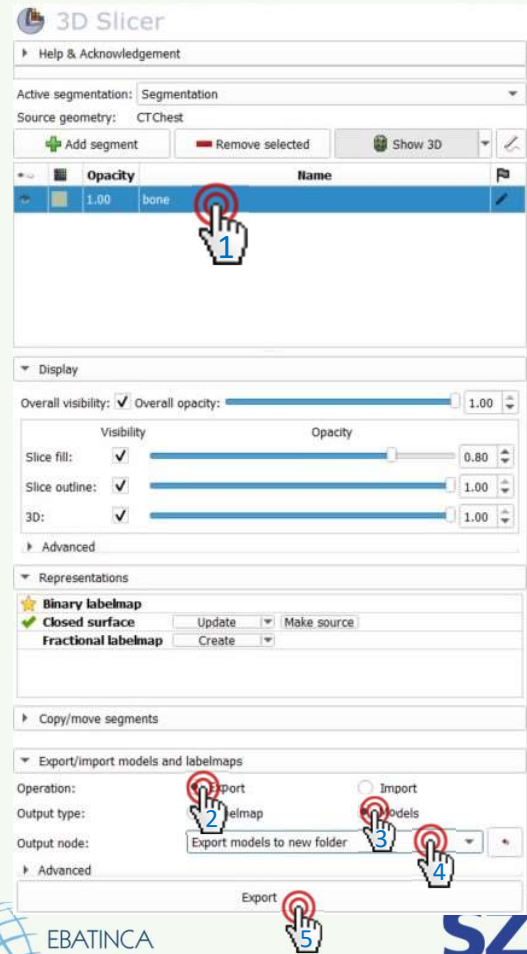
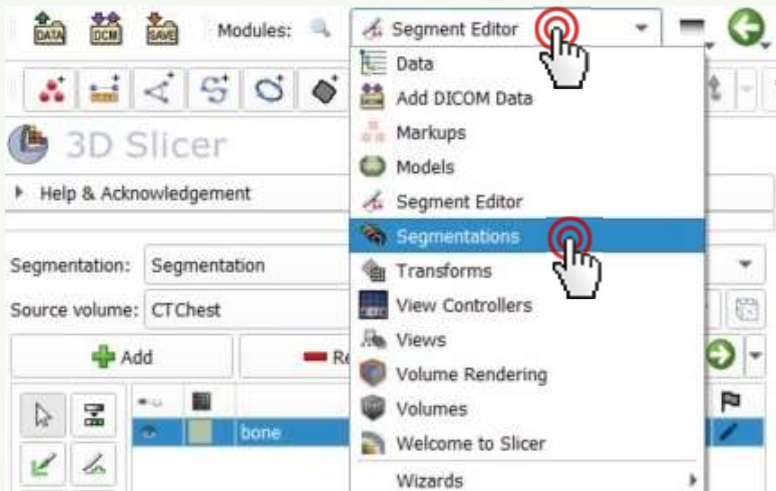
Visão Geral:

- Exporte o segmento do fantoma para um nó de modelo.
- Salve o modelo em um arquivo STL.

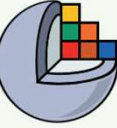


5/1: Exportar o segmento do fantoma para um modelo

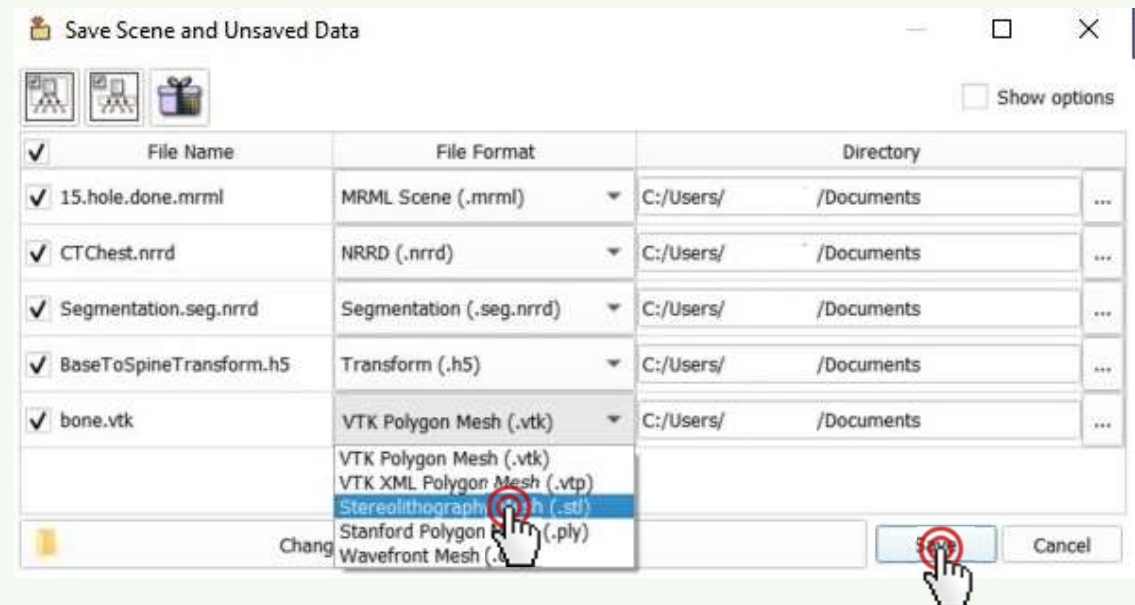
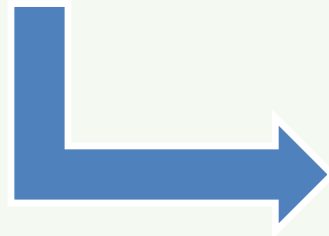
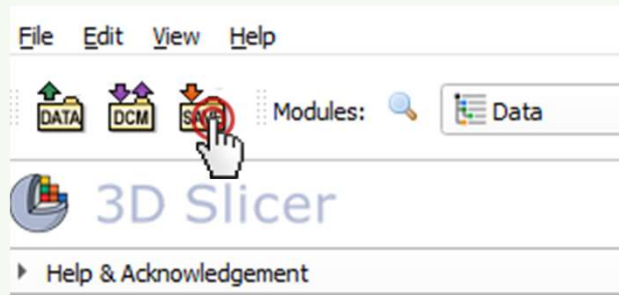
Altere para o módulo Segmentações



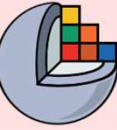
1. Selecione o segmento.
2. Selecione Exportar.
3. Escolha Modelos.
4. Escolha Exportar modelos para uma nova pasta.
5. Clique em Exportar.



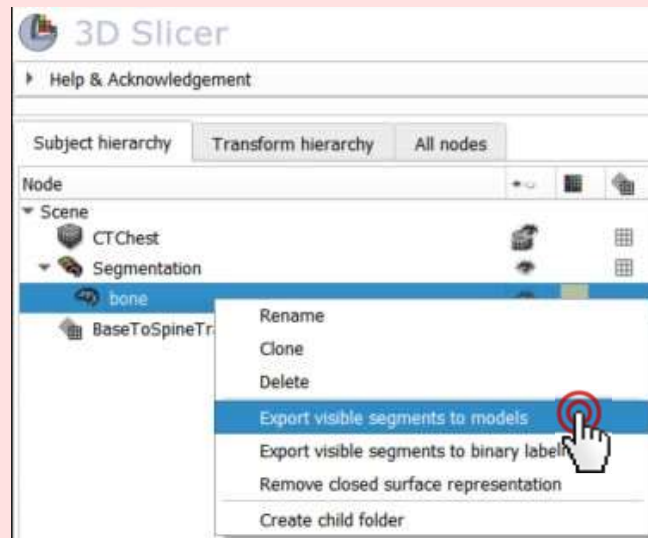
5/2: Salvar o modelo para STL



5/1: Exportar o segmento do fantoma para um modelo



Mude para o módulo Dados, clique com o botão direito no segmento e clique em Exportar segmentos visíveis para modelos

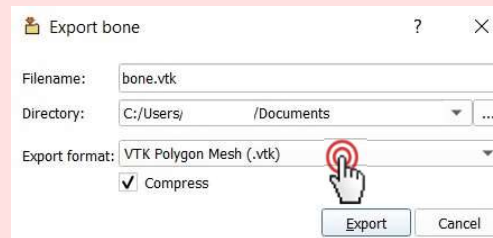
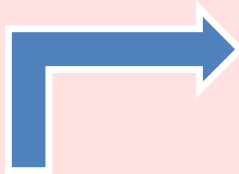


Você pode definir a visibilidade de um segmento clicando no ícone do olho

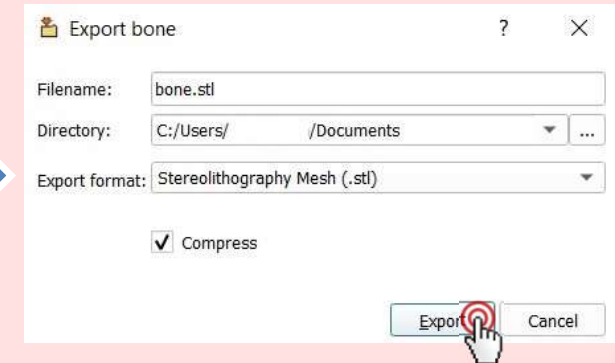
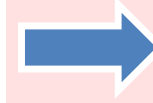
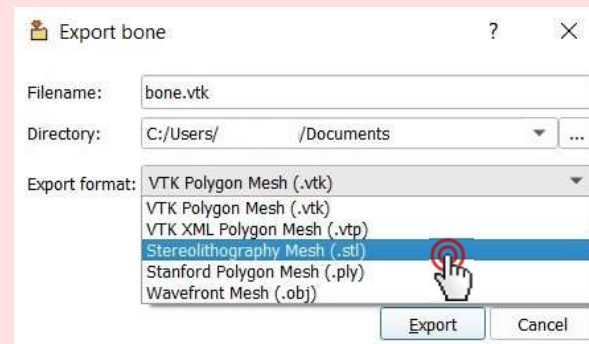
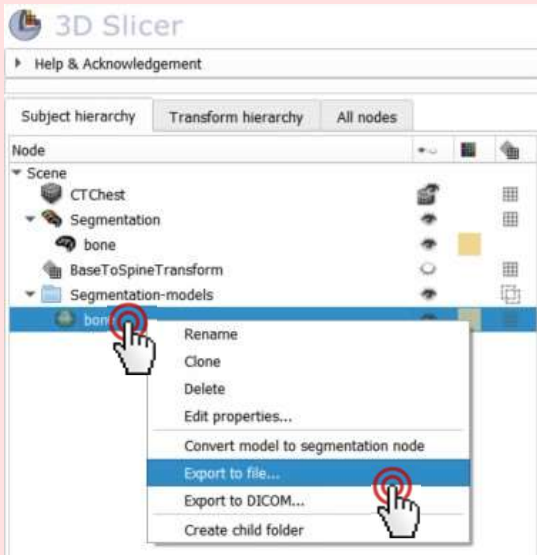


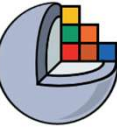
5/2: Salvar modelo para STL

Ainda no módulo de Dados, clique com o botão direito no segmento e escolha Exportar para arquivo



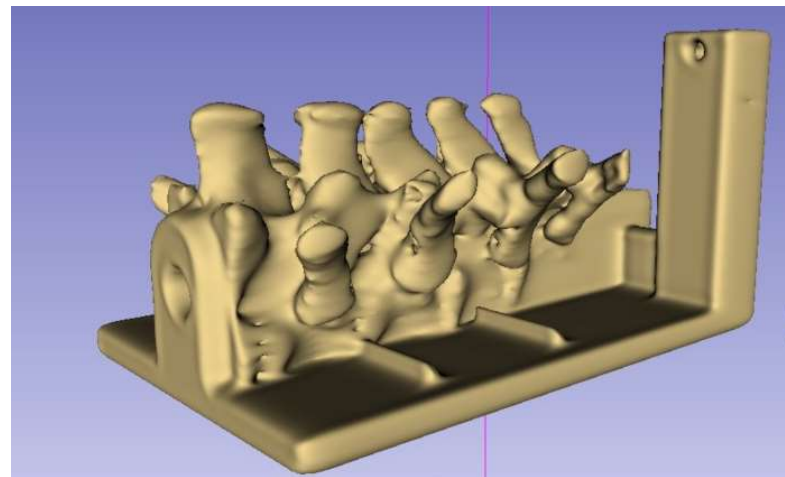
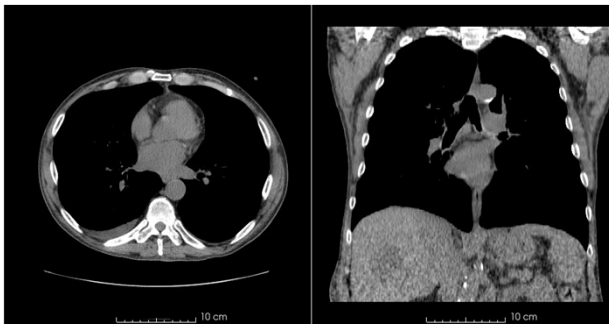
1. Defina o diretório de saída clicando nos 3 pontos
2. Clique no menu suspenso de formato de exportação e selecione '.stl'
3. Clique em Exportar





Conclusão

No tutorial, resumimos, por meio de um exemplo, como podemos carregar e segmentar uma região anatômica no 3D Slicer, além dos passos necessários para preparar o modelo criado para impressão 3D.





Agradecimientos



National Alliance for Medical Image Computing

NIH U54EB005149



Ontario Cancer Care Ontario

Cancer Care Ontario
Action Cancer Ontario



Ontario Consortium for Adaptive Interventions in Radiation Oncology



**PerkLab, Queen's University, Kingston,
Ontario, Canada**



**University of Szeged,
Szeged, Hungary**



**Ebatinca S.L. Las Palmas de Gran
Canaria, Gran Canaria, Spain**

