

Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

Curso de Ciência da Computação

Artur Assunção Pinheiro

Ambiente Virtual Imersivo para Visualização e Interação com Dados Médicos

São Luís

2016

Artur Assunção Pinheiro

Ambiente Virtual Imersivo para Visualização e Interação com Dados Médicos

Monografia apresentada ao curso de Ciência da Computação da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Anselmo Cardoso de Paiva

Coorientador: Paulo Roberto Jansen dos Reis

São Luís

2016

Assunção Pinheiro, Artur

Ambiente Virtual Imersivo para Visualização e Interação com Dados Médicos
/ Artur Assunção Pinheiro. – 2016.

51 f.

Coorientador: Paulo Roberto Jansen dos Reis.

Orientador: Prof. Dr. Anselmo Cardoso de Paiva.

Monografia (Graduação) – Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

1. Interfaces Naturais. 2. Realidade Virtual. 3. Visualização Volumétrica I.
Cardoso de Paiva, Anselmo. II. Jansen dos Reis, Paulo Roberto. III. Ambiente
Virtual Imersivo para Visualização e Interação com Dados Médicos.

Artur Assunção Pinheiro

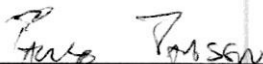
Ambiente Virtual Imersivo para Visualização e Interação com Dados Médicos

Monografia apresentada ao curso de Ciência da Computação da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Trabalho aprovado em 14 de Julho de 2016:



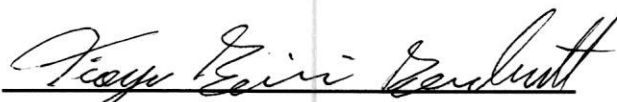
Prof. Dr. Anselmo Cardoso de Paiva
Orientador
Universidade Federal do Maranhão



Paulo Roberto Jansen dos Reis
Coorientador
Universidade Federal do Maranhão



Prof. Dr. Geraldo Braz Junior
Universidade Federal do Maranhão



Prof. Dr. Tiago Bonini Borchardt
Universidade Federal do Maranhão

São Luís
2016

Este trabalho é dedicado à minha mãe.

Agradecimentos

Agradeço à minha família por todo apoio e suporte que me deram até este dia, em especial à minha mãe pela educação, perseverança e resiliência.

Agradeço aos professores Anselmo Paiva e Aristófanês Corrêa pelas oportunidades, ensinamentos, orientações e paciência em todos os projetos e trabalhos realizados no Núcleo de Computação Aplicada.

Agradeço ao meu amigo Paulo Jansen por todo conhecimento compartilhado, pela confiança nos trabalhos, pelos finais de semana de desenvolvimento e pelas conversas e momentos de descontração.

Agradeço à todos os integrantes do NCA pelo ótimo convívio e disposição de trocar experiências e ideias. Agradeço aos meus amigos Peterson Diniz pelo auxílio nos momentos de dúvida e ao João Figueiredo pela ajuda com as questões gráficas.

Agradeço aos alunos da turma 2010.1, em especial ao Daniel, Steve, Ruberth, Dayson, Lucas, Dalai, Sidney e Weldson pelos anos de parceria e aprendizado no curso, além dos incontáveis momentos de diversão.

Agradeço aos meus amigos Natasha Fejfar e Daniel Moraes pelo incentivo e puxões de orelha nos momentos de desânimo.

*"Cowards never triumph and heroes never run."
(Gogandantess - Onimusha 2)*

Resumo

As tecnologias de Realidade Virtual vêm se desenvolvendo e se popularizando bastante nos últimos anos e com elas a sua utilização em diversas áreas, dentre as quais, a medicina. Testes, treinamentos, e alguns tipos de tratamento que seriam complicados de serem feitos com abordagens mais tradicionais agora podem ser produzidos graças aos elementos disponíveis na tecnologia de Realidade Virtual. Alguns exames médicos fazem uso de dados volumétricos para melhorar a detecção e diagnóstico de doenças. Tais dados são adquiridos pela digitalização do “objeto de interesse” através de Ressonância Magnética (MRI), Tomografia Computadorizada (CT), entre outros, gerando uma representação do objeto de estudo que se pretende visualizar para estudar algumas de suas propriedades. A visão estéreo presente nos ambientes de Realidade Virtual pode ser utilizada para melhorar a visualização desses objetos, uma vez que proporciona a percepção imersiva de profundidade. Esse trabalho tem o objetivo de propor uma ferramenta de visualização volumétrica em Realidade Virtual que possua interação gestual e ferramentas de segmentação de imagens e que facilite o processo de análise de dados médicos.

Palavras-chaves: Realidade Virtual. Visualização Volumétrica. Interfaces Naturais.

Abstract

Virtual Reality (VR) technologies have been developing and popularizing greatly in recent years and with them their use in various fields, among which the medicine. Some testings, trainings, and some types of treatments that would be complicated to be made with more traditional approaches can now be produced thanks to the elements available in the VR technology. Some medical examinations make use of volumetric data to improve the detection and diagnosis of diseases. Such data is acquired by scanning the "object of interest" by Magnetic Resonance Imaging (MRI), Computed Tomography (CT), among others, generating a representation of the object of study that is wanted to view to study some of its properties. The stereo vision present in the VR environment can be used to improve visualization of these objects, since it provides the immersive depth perception. This work aims to propose a volume visualization tool in virtual reality that has gestural interaction and image segmentation tools and facilitates the process of analysis of medical data.

Key-words: Virtual Reality. Volumetric Visualization. Natural User Interface.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Estrutura interna do HMD Oculus Rift.	15
Figura 2 – Elementos de um volume.	16
Figura 3 – Diagrama de Componentes do sistema.	20
Figura 4 – Área de interação do <i>Leap Motion</i>	21
Figura 5 – <i>Leap Motion</i> acoplado ao <i>Oculus Rift</i>	22
Figura 6 – Processo de leitura das imagens e geração do volume.	23
Figura 7 – Exemplo do funcionamento da ferramenta de Plano de Corte.	24
Figura 8 – Exemplo do funcionamento da ferramenta de Volume de Interesse em um volume.	24
Figura 9 – Gesto de <i>Grab</i>	27
Figura 10 – Gestos utilizados na rotação do plano de corte. (a) Rotação horizontal (b) Rotação vertical.	27
Figura 11 – Gesto utilizado na translação do plano de corte.	28
Figura 12 – Gesto utilizado na rotação horizontal do volume.	29
Figura 13 – Gesto de <i>Pinch</i>	30
Figura 14 – Gesto utilizado na escala da ferramenta de VOI.	30
Figura 15 – Interface gráfica presente no sistema.	31
Figura 16 – Usuário utilizando a ferramenta Plano de Corte.	33
Figura 17 – Usuário utilizando a rotação horizontal da ferramenta Plano de corte.	33
Figura 18 – Usuário utilizando a rotação vertical da ferramenta Plano de Corte.	34
Figura 19 – Usuário utilizando a Rotação do volume.	34
Figura 20 – Usuário utilizando a ferramenta Volume de Interesse.	35
Figura 21 – Reposicionamento do Volume de Interesse após seu redimensionamento.	35
Figura 22 – Rotação do volume após a utilização da ferramenta Volume de Interesse.	35
Figura 23 – Usuário realizando o posicionamento da semente da ferramenta Segmentação Semiautomática.	36
Figura 24 – Usuário realizando a ativação da ferramenta Segmentação Semiautomática.	36
Figura 25 – Resultados dos testes Adivinhe a Função e de Memória.	38
Figura 26 – Resultados do Questionário de Avaliação.	39
Figura 27 – Médias dos Resultados do Questionário de Avaliação.	39

Lista de abreviaturas e siglas

2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
API	Application Programming Interface - Interface de Programação de Aplicativo
CT	Computed Tomography - Tomografia Computadorizada
DICOM	Digital Imaging Communications in Medicine - Comunicações de Imagem Digital em Medicina
GUI	Graphical User Interface - Interface Gráfica de Usuário
HMD	Head Mounted Display
JPEG	Joint Photographic Experts Group
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
MRI	Magnetic Resonance Imaging - Imagem de Ressonância Magnética
NUI	Natural User Interface - Interfaces Naturais
RGB	Red, Green & Blue
TIFF	Tagged Image File Format
VOI	Volume Of Interest - Volume de Interesse
VR	Virtual Reality - Realidade Virtual

Sumário

1	Introdução	12
2	Fundamentação Teórica	14
2.1	Realidade Virtual	14
2.1.1	<i>Head Mounted Displays</i>	14
2.2	Visualização Volumétrica	15
2.3	Interfaces Naturais	17
3	Ambiente Virtual e Imersivo de Visualização e Interação com Dados Médicos	20
3.1	Hardwares e Bibliotecas	21
3.2	Visualização e Ferramentas de Segmentação	22
3.2.1	Plano de Corte	23
3.2.2	Ferramenta de Volume de Interesse	24
3.2.3	Segmentação Semiautomática	25
3.3	Gestos e Interface Gráfica	26
3.3.1	Rotação do Plano de Corte	26
3.3.2	Translação do Plano de Corte	28
3.3.3	Rotação do Volume e Movimentação da Ferramenta de VOI e Se- mente de Segmentação	28
3.3.4	Escala da Ferramenta de Volume de Interesse	29
3.3.5	Segmentação Semiautomática	31
3.3.6	Interface Gráfica	31
4	Resultados	32
4.1	Ferramentas Desenvolvidas	32
4.2	Avaliação dos Gestos	37
5	Conclusão	40
	Referências	42
	Anexos	44
	ANEXO A Questionário de Avaliação	45

1 Introdução

Nos últimos anos a Realidade Virtual (VR - do inglês *Virtual Reality*) obteve um grande avanço tanto em sua tecnologia quanto em sua popularidade. Com isso, novos protótipos de dispositivos capazes de envolver a visão do usuário completamente, além de reconhecer seus movimentos já estão disponíveis aos desenvolvedores e até mesmo ao público (BOAS, 2013).

A principal e mais notável característica desse tipo de tecnologia é a possibilidade de criar um ambiente que permite a seus usuários se tornarem participantes ativos em espaços artificiais criados por computador (MATHEW, 2014). Os ambientes simulados em VR dão aos seus usuários a experiência de estarem presentes naqueles ambientes tridimensionais a partir da imersão visual, sonora e tátil (DESAI et al., 2014), tendo a possibilidade de não utilizar tradicionais dispositivos de entrada padrão como teclado, mouse ou *touchscreens* por exemplo.

A análise visual de dados volumétricos é uma tarefa comum em diversos campos de estudo. A visualização volumétrica é usada na medicina, na biologia, em geologia, em paleontologia e em diversas outras áreas (LAHA; BOWMAN, 2012). Alguns exames médicos fazem uso de dados volumétricos para melhorar a detecção e diagnóstico de doenças. Tais dados são adquiridos pela digitalização do “objeto de interesse” através de Ressonância Magnética (MRI), Tomografia Computadorizada (CT), entre outros, gerando uma representação do objeto de estudo que se pretende visualizar (PAIVA; SEIXAS; GATTASS, 1999).

Tradicionalmente, os pesquisadores dessas diversas áreas analisam tais dados volumétricos visualizando os dados tridimensionais em telas bidimensionais, que não transmitem efetivamente a noção de profundidade. Grande parte dos equipamentos que utilizam imagens médicas, por exemplo, são capazes de gerar imagens 3D. Entretanto, estes modelos não oferecem uma experiência muito realista para os médicos que aprenderam a ver e interagir com os seus pacientes de maneira mais palpável.

A capacidade da tecnologia de VR para criar ambientes de estímulo 3D interativos, controláveis e multi sensoriais dentro dos quais o comportamento humano pode ser motivado e medido, oferece opções de avaliação e de intervenção clínica que antes não eram possíveis utilizando abordagens existentes (RIZZO et al., 2013). Com isso, são desenvolvidos tratamentos para diversos tipos de problemas, como por exemplo as de ordem psicológica, neurológica ou motora (RIZZO; PARSONS; BUCKWALTER, 2012) (SALGADO-PINEDA et al., 2016), além de ambientes simulados de treinamento para cirurgias que demonstram bons resultados (SEYMOUR et al., 2002) e ferramentas que

podem facilitar e até mesmo tornar mais rápida a análise de exames e a realização de diagnósticos (PARMAR, 2015).

Ferramentas de Realidade Virtual, desde estúdios totalmente imersivos até os agora populares óculos de Realidade Virtual, podem contribuir no treinamento de novos médicos e no planejamento de cirurgias. Com eles é possível realizar um *tour* virtual por dentro do corpo do paciente, ou simular como o corpo irá reagir a uma cirurgia. A visão estéreo presente nos ambientes de VR pode ser utilizada para melhorar a visualização desses objetos e ambientes, uma vez que proporciona a percepção de profundidade que não existe nas tecnologias de visualização convencionais.

Com isso, a capacidade de percepção de profundidade existente em VR faz com que a visualização de dados volumétricos se torne mais fácil e eficiente para o usuário, pois é possível transmitir a percepção de que se está visualizando o próprio objeto de estudo como se este fosse real. O ambiente de VR pode ainda proporcionar uma interface mais natural de modo que sua manipulação se aproxime à maneira como o seu usuário está acostumado a interagir com suas ferramentas no seu real ambiente de trabalho.

Dessa forma, uma ferramenta capaz de visualizar imagens volumétricas oriundas de exames médicos, e permitir uma interação com elas de forma gestual e sem auxílio de outros tipos de controles externos, se torna uma boa alternativa para estes tipos de tarefa, podendo diminuir o tempo de planejamento de procedimentos médicos e até aumentar a sua precisão.

O objetivo geral deste trabalho é propor uma ferramenta de visualização volumétrica em Realidade Virtual que possua interação gestual e ferramentas de segmentação de imagens e que facilite o processo de análise de dados volumétricos, além de realizar uma avaliação da interação gestual proposta.

Este trabalho organiza-se de forma a dar uma boa compreensão do assunto abordado. Inicialmente apresenta-se a fundamentação teórica que traz os principais conceitos necessários para a compreensão e caracterização do problema, como Realidade Virtual, visualização volumétrica e interfaces naturais. No capítulo seguinte é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento das ferramentas. A seguir são expostos os resultados e suas discussões. Por fim, tem-se a conclusão do trabalho e propostas de trabalhos futuros.

2 Fundamentação Teórica

Neste capítulo serão apresentados alguns dos conceitos básicos utilizados no desenvolvimento deste trabalho. Apresenta-se a Realidade Virtual, suas características e algumas de suas aplicações. Define-se a Visualização Volumétrica e seus modelos de visualização, além das Interfaces Naturais e suas especificidades.

2.1 Realidade Virtual

Realidade Virtual pode ser vista como um tipo de interface humano-computador na qual o usuário se vê imerso no ambiente virtual e interage com ele de uma maneira mais natural do que com um computador regular (RIZZO et al., 2013).

Dessa forma, a Realidade Virtual pode ser utilizada praticamente em qualquer área, desde aplicações militares, educacionais, médicas, de telecomunicações, de entretenimento, de engenharia, entre outros (MATHEW, 2014). O uso de VR em cada um desses campos permite a criação de ambientes simulados e controlados que imitam ou não situações reais. Dependendo de como são desenvolvidos os elementos dos ambientes e suas interações, é possível desenvolver treinamentos de operações de risco, visualizar objetos e projetos em tamanho real ou até belas experiências visuais.

Para se criar experiências imersivas e realistas, podem ser utilizados diversos dispositivos em conjunto, como por exemplo óculos de Realidade Virtual (HMD - do inglês *Head Mounted Display*), sensores de movimento, sensores de rastreamento de corpo ou cabeça, sensores de rastreamento de mãos, etc (RIZZO; PARSONS; BUCKWALTER, 2012). Uma das configurações mais comuns emprega a combinação de um HMD e um sistema de rastreamento de cabeça que permitem a visualização de imagens e sons de uma cena virtual criada em tempo real pelo computador de acordo com a movimentação do usuário de forma a representar o que o indivíduo iria realmente ver se estivesse de fato se movendo por ela (RIZZO; PARSONS; BUCKWALTER, 2012). Com a utilização de tais dispositivos o ambiente virtual pode responder a interação e movimentação do usuário de maneira que lhe pareça natural e confortável (RIZZO et al., 2013).

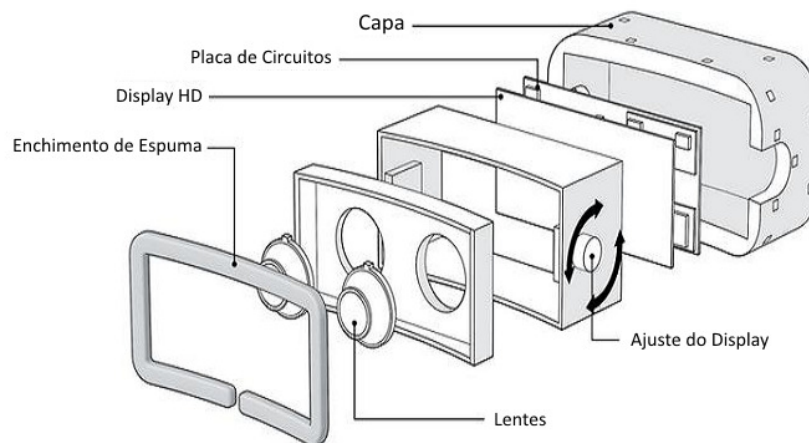
2.1.1 *Head Mounted Displays*

Os HMDs modernos geralmente são compostos por uma tela de cristal líquido (LCD), um par de lentes e algum mecanismo de rastreamento de orientação e posição da cabeça. Em alguns casos a tela LCD e o dispositivo de rastreamento utilizados são provenientes de um *smartphone* que é acoplado ao HMD. As lentes tem o papel de ampliar a

imagem significativamente possibilitando a sensação de imersão no ambiente (REIS, 2015). Sua outra função é distorcer as imagens projetadas com o intuito de produzir um efeito de visão periférica. O campo de visão das telas é expandido pelo sistema óptico criando imagens imaginárias que parecem estar alguns metros à frente do expectador (SHIBATA, 2002). Para compensar a distorção feita pelas lentes, a imagem projetada na tela sofre uma distorção contrária, mantendo a visualização das imagens livre de distorção (REIS, 2015).

Geralmente o rastreamento da orientação dos HMDs é feito a partir da combinação de três sensores: o giroscópio, o acelerômetro e o magnetômetro. A partir da união das informações geradas por esses sensores é possível sincronizar a imagem projetada na tela com a movimentação de rotação em 360° da cabeça do usuário (REIS, 2015). A Figura 1 ilustra os componentes internos do HMD Oculus Rift.

Figura 1: Estrutura interna do HMD Oculus Rift.



Fonte: Adaptado de Desai et al. (2014).

O desenvolvimento de novos, melhores e mais acessíveis dispositivos de VR, em especial os HMDs como o Oculus Rift, Samsung Gear VR, Google Cardboard, etc impulsionaram a popularização das tecnologias de VR e com isso um maior investimento e desenvolvimento de aplicações do tipo, desde simuladores, passando por aplicativos de reunião virtual e até jogos.

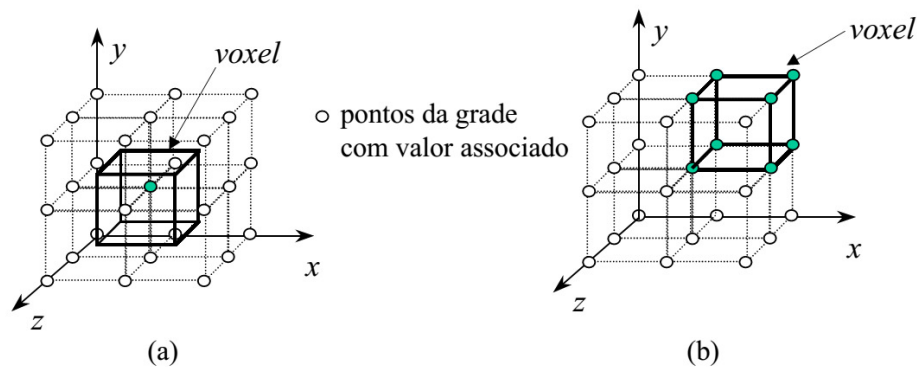
2.2 Visualização Volumétrica

Visualização volumétrica diz respeito às técnicas utilizadas na visualização de dados associados a regiões de um volume, tendo como principal objetivo a exibição do interior dos objetos volumétricos a fim de explorar sua estrutura e facilitar sua compreensão (PAIVA; SEIXAS; GATTASS, 1999).

Dados relacionados a regiões volumétricas são denominados dados volumétricos. Tais dados podem ser obtidos através de simulações, modelos computacionais, *scanners* ou conversões a partir de dados geométricos.

Os dados volumétricos são geralmente tratados como uma matriz de elementos de volume, denominados *voxels* (análogo 3D de um *pixel*). *Voxels* são paralelepípedos, fortemente agrupados, formados pela divisão do espaço do objeto através de um conjunto de planos paralelos aos eixos principais desse espaço, como exemplificado na Figura 2. Pode-se referenciar o *voxel* como sendo a tupla $\langle i, j, k, S \rangle$ que define um ponto amostrado do campo escalar na posição (i, j, k) e com valor S associado (PAIVA; SEIXAS; GATTASS, 1999).

Figura 2: Elementos de um volume.



Fonte: (PAIVA; SEIXAS; GATTASS, 1999).

As duas abordagens básicas utilizadas na visualização volumétrica são a extração de superfícies (*Surface Fitting*) e a renderização direta de volumes (*Volume Rendering*). Sua diferença básica é a utilização ou não de representações intermediárias dos dados volumétricos para a geração da imagem de visualização. Enquanto que na renderização direta a projeção é realizada diretamente a partir dos dados volumétricos, na extração de superfícies os dados volumétricos são convertidos para uma representação geométrica (polígonos) a partir da qual são usados os métodos tradicionais de renderização de polígonos para a geração da visualização (SOUSA, 2013).

As técnicas envolvidas no processo de visualização podem ser resumidas em quatro etapas: formação do volume, classificação, iluminação e projeção. Entretanto, a visualização propriamente dita é realizada nos últimos três, pois considera-se apenas volumes pré-processados (PAIVA; SEIXAS; GATTASS, 1999).

A etapa de formação do volume consiste na aquisição dos dados, o pré-processamento de suas fatias e a construção do volume. Neste momento podem ser criadas novas fatias por duplicação ou interpolação para preencher eventuais espaços vazios.

Na classificação, o material representado em cada *voxel* é identificado, definindo a

região do volume a ser explorada. Para as técnicas de extração de superfícies, classificar significa definir o valor de limiarização (*threshold*) utilizado para identificar a superfície que será poligonizada e posteriormente visualizada. Já para as técnicas de renderização direta, a etapa de classificação envolve a definição da relação entre os valores dos dados do volume e os valores de cor e opacidade que serão utilizados no algoritmo de exibição (PAIVA; SEIXAS; GATTASS, 1999).

Na etapa de iluminação é calculada a tonalidade da cor em cada ponto do volume, com base nas propriedades do material de cada *voxel* e nas condições de iluminação externas. Nos algoritmos de extração de superfície aplica-se algum dos modelos tradicionais de iluminação geralmente utilizados na computação gráfica. Para o *rendering* direto, é comum utilizar-se uma adaptação desse modelo com a substituição das normais à superfície por gradientes do campo escalar no *voxel*.

A última etapa do processo de visualização envolve a projeção dos *voxels*, ou polígonos mapeados, na superfície de visualização e a consequente composição para determinar a imagem a ser visualizada. Nas técnicas de extração de superfícies, esta etapa realiza a visualização com o auxílio de efeitos de iluminação e remoção de áreas escondidas. Também é implementada nesta etapa a possibilidade do usuário escolher o formato de visualização mais apropriado, o que pode ser feito através de corte, rotação e especificação do tipo de projeção (ortográfica ou perspectiva). Nos algoritmos de renderização direta é realizada a projeção dos *voxels* e o cálculo da composição dos mesmos sobre o plano da imagem (PAIVA; SEIXAS; GATTASS, 1999).

2.3 Interfaces Naturais

Com a evolução e popularização dos computadores, a forma como as pessoas interagem com eles também evoluiu. Inicialmente, a interação com as máquinas era feita a partir de comandos de texto inseridos em um terminal, algo altamente técnico e nada intuitivo. Posteriormente foi introduzido o conceito de Interface Gráfica (GUI - do inglês *Graphical User Interface*) que utiliza, além do teclado, o mouse para manipular elementos gráficos exibidos na tela, tornando a interação mais visual e acessível.

Agora um novo paradigma de interação está ganhando cada vez mais força, a Interface Natural (NUI - do inglês *Natural User Interface*). Este tipo de interface prioriza a interação de forma mais natural possível, de forma que as pessoas possam interagir com a tecnologia da mesma forma que interagem com os demais objetos do cotidiano (MALIZIA; BELLUCCI, 2012).

É importante ressaltar, que o termo "natural" não se refere a uma tentativa de mimetizar o "mundo real". Ele se refere à maneira como o usuário interage e sente determinado produto, ou mais precisamente, o que ele faz e como se sente ao utilizá-lo (WIG-

DOR; WIXON, 2011). A interface natural baseia-se na experiência do usuário, utilizando habilidades baseadas em tecnologias inovadoras e criativas, para que suas necessidades sejam satisfeitas e para que o tempo utilizado para se tornar um usuário especialista seja o menor possível, isto é, para que haja uma boa curva de aprendizado (FALCÃO; LEMOS; SOARES, 2015). É importante que o usuário seja capaz de interagir com o sistema se valendo de suas capacidades, dentro de seu contexto, e de maneira intuitiva, sem ter que despende muito tempo aprendendo como fazer isso.

As maneiras mais utilizadas pelos seres humanos para interagirem entre si e com o ambiente são através da fala, de gestos e de toques. Dessa maneira, sistemas com interfaces naturais buscam as mesmas abordagens em suas interações. Os gestos em especial representam uma das formas mais expressivas e primárias de interação para o ser humano, que os utilizam desde seus primeiros anos de vida. Aplicações que utilizam gestos manuais apresentam três grandes vantagens sobre as demais que utilizam formas tradicionais de interação (WACHS et al., 2011):

- Acesso à informação de maneira totalmente esterilizada: interfaces sem toque são especialmente úteis em ambientes hospitalares, por exemplo;
- Auxílio à deficientes físicos: o controle de dispositivos domésticos por pessoas com deficiência ou e/ou idosos com alguma dificuldade em mobilidade;
- Análise de grandes volumes de dados: explorar grandes e complexos volumes de dados e a manipulação de imagens em alta resolução através de ações intuitivas beneficiam-se mais da interação 3D do que dos limitados e tradicionais métodos 2D.

Sistemas com interface natural exigem uma preocupação com sua responsividade. O sistema deve ser apto para realizar reconhecimento de gestos em tempo real, caso contrário, não será capaz de realizar seu propósito (SOUSA, 2013). Outra qualidade necessária aos sistemas com interface natural diz respeito ao *feedback* que o usuário recebe ao executar um gesto corretamente. Para que haja uma interação correta, o usuário precisa ter uma resposta do sistema acerca do quão corretamente seus gestos estão sendo executados.

O sistema deve ser capaz de distinguir os gestos úteis de movimentos não intencionais por parte dos seus usuários. Geralmente tais movimentos são mal interpretados pela aplicação quando o usuário está interagindo com outras pessoas ou outros dispositivos. A recorrente ocorrência deste erro confunde os usuários e compromete a utilização do sistema.

Os gestos utilizados no controle de aplicações devem ser fáceis de executar e de lembrar. Não existe, entretanto, um conjunto de gestos padrão que seja considerado fácil

para qualquer tipo de usuário. Com isso, é necessário adotar gestos que sejam naturais ao usuário alvo da aplicação, levando em consideração seus conhecimentos gerais, cultura e capacidades linguísticas (WACHS et al., 2011).

É importante ainda que os gestos sejam confortáveis e evitem ao máximo uma intensa tensão muscular ao longo de grandes períodos de tempo. Gestos estranhos e repetitivos podem inclusive danificar alguns tecidos e músculos das mãos dos usuários, ocasionando problemas de saúde.

Outro fator importante em aplicações que utilizam interação baseada em gestos é que sejam o menos invasivas possível no que tange a utilização de luvas, marcadores ou roupas com mangas compridas, ou ainda que exijam correção de plano de fundo ou utilização de iluminação específica (WACHS et al., 2011). Dessa forma um maior número de usuários poderão utilizar a aplicação em uma maior variedade de cenários sem ter que se preocupar com a utilização de acessórios adicionais.

Considerando-se todos esses fatores, então, é possível estabelecer algumas normas que devem ser levadas em consideração na determinação de um projeto de interface natural (WIGDOR; WIXON, 2011).

- Criar uma experiência que, para os usuários especialistas, pareça uma extensão de seus corpos;
- Criar uma experiência que pareça tão natural ao novo usuário quanto ao usuário especialista;
- Criar uma experiência que seja autêntica ao seu meio, e não tente mimetizar o mundo real;
- Criar uma interface que considere seu contexto, incluindo as suas metáforas, indicações visuais, *feedback*, e métodos de *input* e *output*;
- Evitar copiar os paradigmas de interface de usuário existentes.

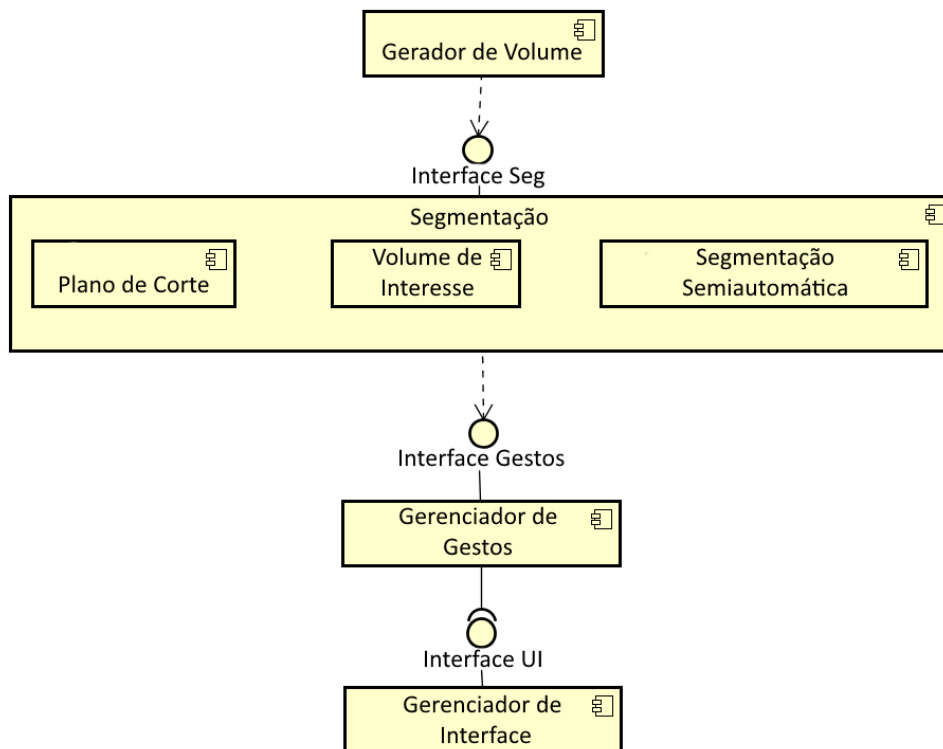
3 Ambiente Virtual e Imersivo de Visualização e Interação com Dados Médicos

Este trabalho se propõe a investigar a visualização de dados médicos em um ambiente computacional imersivo, utilizando uma interação baseada em gestos, bem como utilizando ferramentas de recorte volumétrico e de segmentação interativas.

Foi desenvolvido um protótipo empregando tais conceitos capaz de ler um exame de Tomografia Computadorizada ou Ressonância Magnética. Ao ler um exame, um dado volumétrico correspondente é gerado, tornando possível a visualização dos dados médicos no ambiente de Realidade Virtual. É possível ainda segmentar regiões de interesse do volume através das ferramentas de segmentação implementadas para o protótipo.

Toda a manipulação dos dados e ferramentas dentro do ambiente gerado pelo protótipo é feita a partir de gestos manuais, sem a necessidade da utilização de algum tipo de periférico. Cada ferramenta é utilizada a partir de um gesto específico, havendo, porém, gestos empregados em mais de uma ferramenta. Na Figura 3 é possível ver como os componentes do sistema se relacionam.

Figura 3: Diagrama de Componentes do sistema.



Fonte: Acervo do autor.

O componente Gerador de Volume é responsável pela geração e visualização do volume a partir das imagens do exame. O componente de Segmentação abrange todas as ferramentas responsáveis pelas tarefas de segmentação do volume dentro do sistema. Existe ainda o componente de Gestos, que gerencia a interface gestual e o componente de Interface, que gerencia a interface gráfica da aplicação.

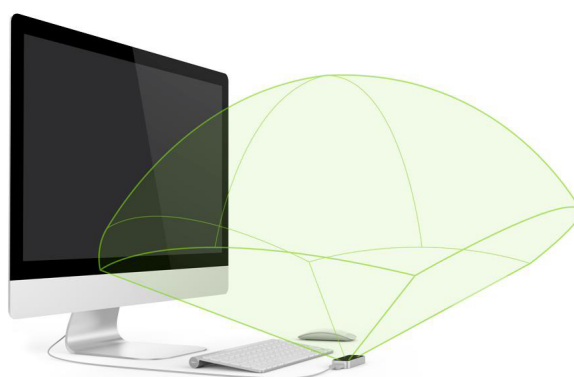
3.1 Hardwares e Bibliotecas

Este trabalho foi desenvolvido utilizando a *Unity*, uma plataforma de desenvolvimento usada para criar jogos e experiências interativas 3D e 2D em multiplataforma (UNITY, 2016), e fazendo uso de *scripts* escritos na linguagem de programação C#.

O processo de leitura de imagens, geração e visualização de volumes foi feito utilizando a biblioteca de código aberto *Open Source Volumetric Rendering Library* (SU, 2015) que faz uso de uma série de *scripts* e *shaders* para realizar a visualização de imagens volumétricas no ambiente da *Unity*.

Os dados de entrada necessários para o desenvolvimento da interação baseada em gestos foram adquiridos através do sensor *Leap Motion Controller*. Este sensor é capaz de fazer o rastreamento das mãos do usuário em até 200 *frames* por segundo utilizando duas câmeras infra-vermelho, com um campo de visão de 150° por 120°, além de um alcance de até 80 centímetros (MOTION, 2014b). A Figura 4 ilustra a área de interação do dispositivo.

Figura 4: Área de interação do *Leap Motion*.



Fonte: (MOTION, 2014b).

As câmeras captam a luz infra-vermelha emitida por três *LEDs* presentes no sensor e que é refletida pelos objetos no ambiente. A informação captada pelas câmeras são convertidas em duas imagens em escala de cinza. O *software* do sensor instalado no computador processa as imagens, compensando os objetos de fundo e a luz ambiente e gerando um modelo em três dimensões do que o sensor vê (MOTION, 2014a). Seus algoritmos de

rastreamento 3D interpretam os dados e inferem o posicionamento e orientação das palmas das mãos, dos dedos e de suas juntas. O *Leap Motion* possui integração com a *Unity* e fornece todos esses dados através de sua *API*.

A imersão no ambiente virtual de visualização foi feita através da utilização do *HMD Oculus Rift DK2 (Oculus Rift Development Kit 2)*. O *Leap Motion* foi acoplado a ele, como mostra a Figura 5, para permitir que os gestos das mãos fossem reconhecidos a partir de uma perspectiva em primeira pessoa, assim como permitir que a região de interação estivesse sempre à frente do usuário.

Figura 5: *Leap Motion* acoplado ao *Oculus Rift*.



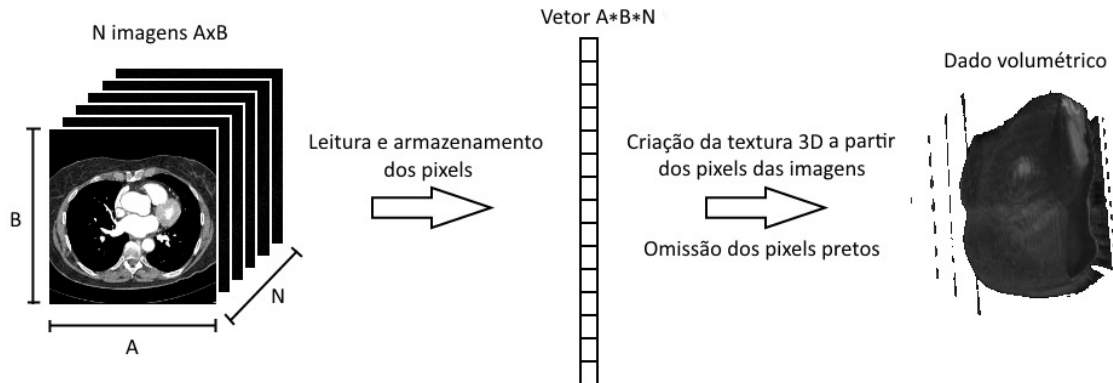
Fonte: Acervo do autor.

3.2 Visualização e Ferramentas de Segmentação

A leitura das imagens e criação do volume tridimensional é feita utilizando-se a biblioteca de Su (2015). Todas as fatias do volume são armazenadas em um vetor que é populado em um *loop*. Em cada iteração, uma imagem é percorrida e tem seus valores de pixel armazenados em um vetor unidimensional, sendo que se o pixel for preto, terá sua opacidade reduzida e se tornará transparente. Ao fim, todos os valores de pixel de todas as imagens serão armazenados no vetor, que por sua vez será atribuído a uma textura 3D. A textura 3D com os valores de pixel de todas as imagens formam o volume desejado. A Figura 6 mostra um esquema de como a leitura das imagens e a geração do volume é realizada. A renderização do volume também é feita a partir da biblioteca, sendo esta feita diretamente na câmera.

É possível analisar os dados volumétricos através de três ferramentas: o plano de corte, do inglês *clipping plane*, a ferramenta de volume de interesse (VOI - do inglês *volume of interest*) e a ferramenta de segmentação semiautomática.

Figura 6: Processo de leitura das imagens e geração do volume.



Fonte: Acervo do autor.

3.2.1 Plano de Corte

O Plano de corte é uma ferramenta que divide o volume em duas partes. Uma continua sendo exibida normalmente e a outra será omitida da visualização, permitindo ao usuário ter acesso a regiões internas ao volume. O plano de corte pode ser movido e rotacionado livremente para possibilitar que o volume seja observado de todas as formas possíveis.

Ao seccionar o volume, o plano de corte o divide em dois volumes menores. O sistema detecta quais *voxels* da textura 3D do volume pertencem a cada parte a partir do produto escalar entre as coordenadas de cada *voxel* do volume, e o vetor normal ao plano de corte (SOUSA, 2013).

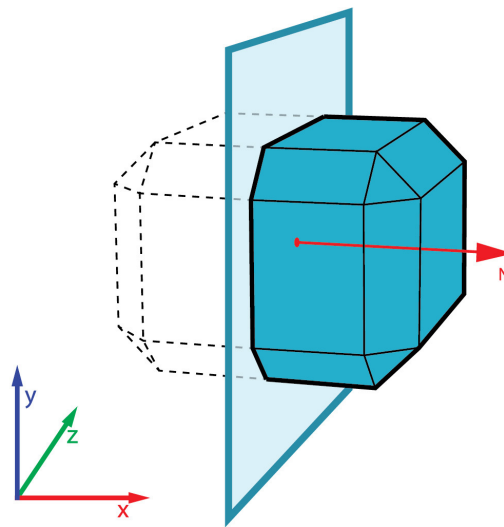
Considerando-se o vetor que sai da origem e passa pelo *voxel* $a = (x_1, y_1, z_1)$ e a normal $\vec{b} = (x_2, y_2, z_2)$ do plano, seu produto escalar é definido da seguinte forma, de acordo com Baldin e Furuya (2011):

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = x_1x_2 + y_1y_2 + z_1z_2$$

Analisando-se o sinal do produto é possível determinar de que lado do plano está cada *voxel* do volume. Caso o produto seja positivo, o *voxel* está localizado no lado adjacente à normal do plano de corte. Caso contrário, o *voxel* está localizado no lado oposto à normal do plano de corte.

Os *voxels* presentes na parte do volume que estiverem do lado oposto à normal, terão sua opacidade reduzida a zero, fazendo com que somente a outra parte do volume seja visualizada. A Figura 7 ilustra o funcionamento da ferramenta do plano de corte.

Figura 7: Exemplo do funcionamento da ferramenta de Plano de Corte.

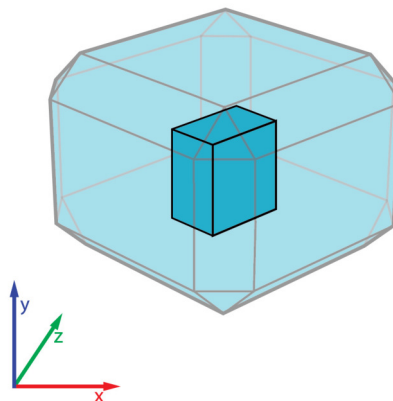


Fonte: Acervo do autor.

3.2.2 Ferramenta de Volume de Interesse

A ferramenta de volume de interesse (VOI) é utilizada para segmentar uma região específica do volume, para que o usuário possa visualizar apenas a sua área de interesse. Ela funciona na forma de um cubo que desabilita a visualização do volume, com exceção da área contida na sua intersecção com o volume, como é mostrado na Figura 8.

Figura 8: Exemplo do funcionamento da ferramenta de Volume de Interesse em um volume.



Fonte: Acervo do autor.

Esta ferramenta pode ser redimensionada pelo usuário para que obtenha as dimensões desejadas, podendo ainda ser movimentada pelo espaço para que se posicione na região do volume mais conveniente.

Seu funcionamento se apropria do plano de corte, de modo que cada lado do cubo é representado por um plano de corte diferente, todos com suas normais apontando para o centro do cubo. Dessa forma, apenas o que estiver no seu interior será exibido na visualização.

3.2.3 Segmentação Semiautomática

Esta ferramenta de segmentação utiliza técnicas de processamento de imagens para segmentar a região escolhida pelo usuário. A técnica utilizada é chamada de crescimento de região, uma abordagem relativamente popular para o problema da segmentação em imagens digitais. Tal técnica consiste na seleção de um ou mais pontos iniciais chamados de sementes. A partir deles uma região será delimitada e expandida a partir de seus vizinhos, obedecendo algum critério de similaridade ou homogeneidade. A similaridade pode ser determinada de diversas maneiras possíveis, como por exemplo valor do *voxel* em escala de cinza ou em RGB, textura, forma, etc (SONKA; HLAVAC; BOYLE, 2014). O algoritmo funciona basicamente marcando e acumulando regiões semelhantes de forma iterativa, na medida em que são encontrados *voxels* com características semelhantes de acordo com o critério utilizado (SOUSA, 2013).

Algoritmo 1: Pseudocódigo representando o algoritmo de crescimento de região utilizado.

```
1 CrescimentoDeRegiao(semente)
2   Se semente tem valor diferente de preto entao
3     empilha a semente
4   Enquanto a pilha nao esta vazia faca
5     desempilha um voxel da pilha
6     Se a cor do voxel esta dentro do limiar entao
7       pinta o voxel correspondente no volume
8       Para todos os voxels vizinhos nos tres eixos faca
9         Se o voxel vizinho ainda nao foi verificado e ainda esta dentro
10        do volume entao
11          empilha o voxel vizinho
12        Fim-Se
13      Fim-Para
14    Fim-Se
15  Fim-Enquanto
16  Fim-Se
```

Fonte: Acervo do autor

O algoritmo de crescimento de região desenvolvido funciona a partir de um *voxel* inicial, que será sua semente. Se o valor da semente for diferente de zero, ela é adicionada à uma pilha de *voxels* que conterà todos os candidatos a fazer parte da região crescida. Esta pilha será constantemente percorrida em um *loop* até que esteja vazia. A cada iteração

do *loop* um *voxel* é desempilhado e analisado. O valor desse *voxel* é comparado, então, como valor da semente de acordo com um limiar. Se seus valores forem relativamente semelhantes, o *voxel* analisado é classificado como parte da região crescida e o *voxel* correspondente no volume é pintado. A partir daí os vizinhos deste *voxel* em todos os três eixos são analisados. Caso ainda façam parte do volume e caso não tenham sido verificados anteriormente, serão adicionados à pilha. Ao final a região ao redor da semente que tiver valores de *voxel* semelhantes será segmentada. Um pseudocódigo demonstrando o algoritmo acima é mostrado no Algoritmo 1.

A semente é representada por uma pequena esfera e deve ser posicionada manualmente pelo usuário na região que deseja segmentar.

3.3 Gestos e Interface Gráfica

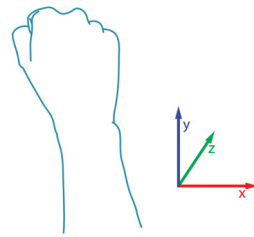
Num ambiente de Realidade Virtual, é importante que o usuário não necessite de ferramentas externas, como teclados ou *joysticks*, para interagir com os elementos ao seu redor. Poder manipular tais elementos com as mãos torna a experiência muito mais realista e imersiva. Baseada nisso, a interação do usuário com o sistema foi inteiramente desenvolvida através de gestos, captados através do *Leap Motion Controller*.

A utilização do *Leap Motion* permite a visualização das mãos dentro do ambiente virtual, além da possibilidade de interpretação dos gestos feitos pelo usuário. Alguns gestos são utilizados para realizar tarefas específicas, como manipular ferramentas ou ativar botões virtuais.

3.3.1 Rotação do Plano de Corte

O plano de corte pode ser rotacionado de duas maneiras: horizontalmente e verticalmente. O gesto necessário para se realizar a rotação horizontal utiliza as duas mãos simultaneamente. Elas devem estar posicionadas em frente ao usuário, uma ao lado da outra, com todos os dedos cerrados, ou seja, com ambas as mãos fechadas. Feito isso, se o usuário mover a mão direita para a frente, ou a mão esquerda para trás, o plano de corte será rotacionado no sentido anti-horário. Dessa forma, se em vez disso o usuário mover a mão esquerda para a frente, ou a direita para trás, o plano de corte será rotacionado no sentido horário.

Para reconhecer o gesto, o sistema verifica se as mãos estão posicionadas com as normais de suas palmas viradas para frente. A seguir verifica se as duas mãos estão fechadas. Para isso, é utilizado o reconhecimento de *Grab* (MOTION, 2016a), uma funcionalidade nativa do *Leap Motion* que verifica o quão cerrada está a mão, demonstrado na Figura 9. Em seguida é verificado se a distância horizontal de cada mão é maior do que

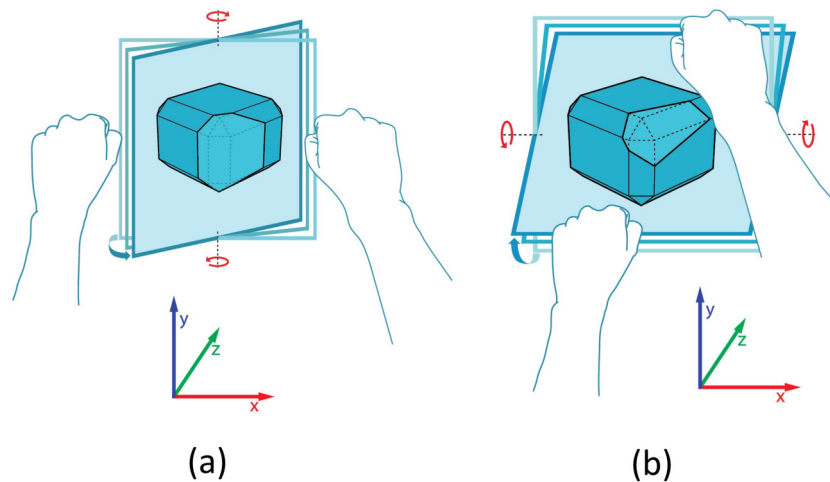
Figura 9: Gesto de *Grab*.

Fonte: Acervo do autor.

suas distâncias verticais, medida utilizada para determinar se as mãos estão lado a lado ou uma em cima da outra.

Tendo resultado positivo nos testes citados, a rotação é feita com base na diferença das posições das mãos no eixo Z, eixo que define se as mãos se deslocam para frente ou para trás. Se a distância entre as mãos for diferente da distância inicial capturada no momento em que o gesto é iniciado, a rotação é aplicada baseada em sua diferença.

Figura 10: Gestos utilizados na rotação do plano de corte. (a) Rotação horizontal (b) Rotação vertical.



Fonte: Acervo do autor.

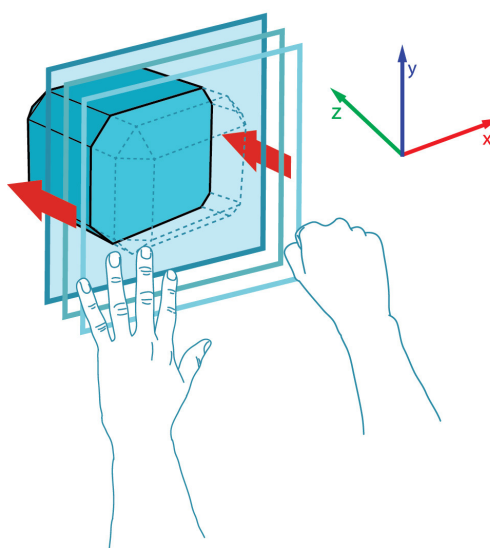
A rotação no eixo vertical é feita de maneira muito similar. A diferença é que as mãos devem estar posicionadas uma sobre a outra. Assim, novamente é verificado se as normais apontam para a frente e se as mãos estão fechadas através do reconhecimento de *Grab*. Entretanto, dessa vez a distância vertical entre as mãos deve ser maior do que suas distâncias horizontais. Com isso, a rotação também é aplicada baseada na diferença

entre as posições das mãos no eixo Z. A Figura 10 ilustra os gestos utilizados na rotação do plano de corte.

3.3.2 Translação do Plano de Corte

Para fins de simplicidade, o plano de corte pode ser transladado em apenas uma direção, a direção de sua normal. Para que ele possa ser transladado em outras direções, é necessário que ele seja rotacionado antes. O gesto necessário para a translação também utiliza as duas mãos, porém, a mão esquerda deve estar aberta e a direita fechada. Então, o usuário deve mover as duas mãos simultaneamente ao longo do eixo Z. Se elas forem movidas no sentido positivo do eixo, a translação do plano de corte também será positiva, caso contrário, sua translação será negativa. A Figura 11 mostra o gesto utilizado na translação do plano de corte.

Figura 11: Gesto utilizado na translação do plano de corte.



Fonte: Acervo do autor.

Assim como no gesto anterior, as mãos devem estar posicionadas com as normais de suas palmas viradas para frente. O reconhecimento de *Grab* do *Leap Motion* verifica se a mão esquerda está aberta e a direita cerrada. Se tais condições forem satisfeitas, a translação se dará baseada do deslocamento médio das mãos no eixo Z.

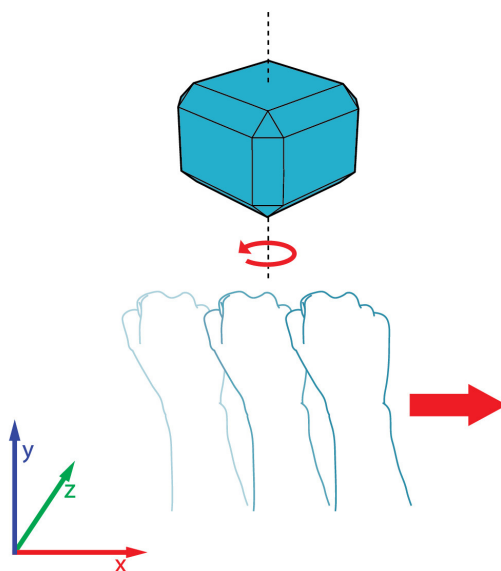
3.3.3 Rotação do Volume e Movimentação da Ferramenta de VOI e Semente de Segmentação

É utilizado o mesmo gesto para rotacionar o volume e para fazer as translações da ferramenta de volume de interesse e da semente da segmentação semiautomática. Por

isso, para evitar conflitos, o usuário só pode realizar uma tarefa de cada vez. A tarefa é escolhida através dos botões virtuais presentes na interface gráfica do sistema.

O gesto novamente faz uso do *Grab*, porém, agora utilizando apenas uma das mãos, não importando se a direita ou a esquerda. É o gesto mais simples presente no sistema, sendo necessário apenas fechar a mão e movê-la pelo espaço. É verificada se existe apenas uma mão sendo visualizada e se há a ocorrência do *Grab*. Em seguida, o deslocamento da mão será convertido para a translação do VOI, da semente da segmentação semiautomática ou na rotação horizontal do volume, dependendo da ferramenta utilizada no momento. Na Figura 12 é demonstrado o gesto na rotação do volume.

Figura 12: Gesto utilizado na rotação horizontal do volume.



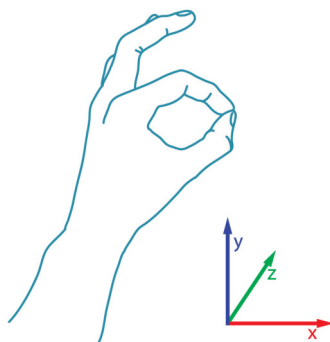
Fonte: Acervo do autor.

3.3.4 Escala da Ferramenta de Volume de Interesse

A escala da ferramenta de volume de interesse é feita através do reconhecimento de *Pinch* (MOTION, 2016b), outra funcionalidade nativa do *Leap Motion* que identifica se o polegar está em contato com algum outro dedo da mão, como mostra a Figura 13. O gesto consiste nas duas mãos na posição de *Pinch*, mantendo o polegar em contato com o dedo indicador.

No momento em que o gesto é reconhecido, o VOI é redimensionado tendo em base a distância entre o polegar direito e o polegar esquerdo. Desse modo, ao mover as mãos pelo espaço, o usuário é capaz de redimensionar o cubo conforme sua vontade.

Apesar de o *Leap Motion* oferecer o reconhecimento do gesto de *Pinch*, foi preferido que o sistema possuísse seu próprio reconhecimento por questões de performance, uma

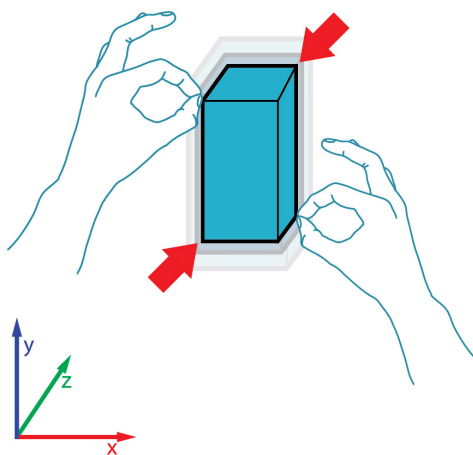
Figura 13: Gesto de *Pinch*.

Fonte: Acervo do autor.

vez que o reconhecimento provido pelo *Leap Motion* apresentava muitos falsos positivos por não considerar o afastamento dos dedos. Com isso, são checados três dedos de cada mão: polegares, indicadores e médios. O *Pinch* é reconhecido quando a distância entre as pontas do indicador e polegar é menor do que um centímetro e a distância da ponta do indicador para a ponta do dedo médio é maior do que dois centímetros.

Quando o *Pinch* é reconhecido nas duas mãos, o VOI é posicionado no centro da área de visualização sendo redimensionado de acordo com as posições de cada mão, como é mostrado na Figura 14. Sua largura, altura e profundidade serão ajustadas de acordo com a distância entre os polegares das mãos, enquanto o gesto for reconhecido.

Figura 14: Gesto utilizado na escala da ferramenta de VOI.



Fonte: Acervo do autor.

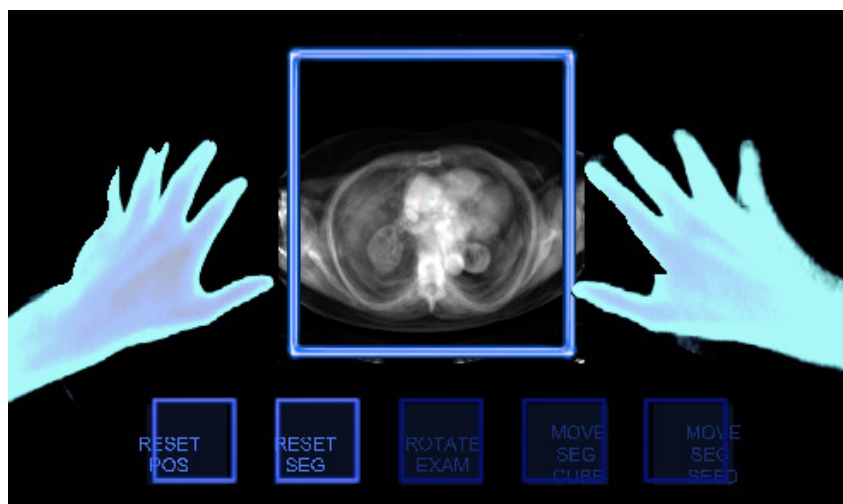
3.3.5 Segmentação Semiautomática

A segmentação semiautomática é iniciada também com o reconhecimento do *Pinch*, porém desta vez em apenas uma mão. Caso o sistema confirme que existe apenas uma mão sendo visualizada e que seu polegar está suficientemente próximo do seu indicador, e que seu indicador está suficientemente distante do seu dedo médio, o comando para a ativação da segmentação semiautomática é executado.

3.3.6 Interface Gráfica

O sistema possui uma interface gráfica simples com cinco botões virtuais e o plano de corte (Figura 15). Os botões são ativados através do toque da mão do usuário, que ao pressioná-los ativa sua funcionalidade. Existem dois botões de *reset*, um que restaura as posições iniciais de todas as ferramentas e outro que restaura o volume, eliminando as segmentações realizadas previamente.

Figura 15: Interface gráfica presente no sistema.



Fonte: Acervo do autor.

Os demais botões são utilizados para a seleção da funcionalidade desejada pelo usuário, as quais são rotacionar o volume, mover o VOI ou mover a semente da segmentação semiautomática. Só é possível selecionar uma de cada vez pois utilizam o mesmo gesto.

4 Resultados

O protótipo desenvolvido foi testado com a utilização de dados volumétricos gerados a partir de três exames de ressonância magnética. Dois deles foram adquiridos através do banco de dados do Laboratório de Computação Gráfica da Universidade de Stanford (*Stanford Computer Graphics Laboratory*) ([LABORATORY, 2014](#)), ambos constituídos por 99 imagens no formato TIFF. O outro exame foi adquirido através do repositório público do OsiriX ([OSIRIX, 2016](#)), sendo este no formato DICOM e possuindo 347 imagens que foram posteriormente convertidas para o formato JPEG para que pudessem ser utilizadas no programa.

Não existe nenhuma limitação quanto ao tipo de exame das quais as imagens utilizadas serão extraídas. Com isso, é possível se utilizar o sistema para visualizar uma grande variedade de exames e dados médicos diferentes. Entretanto, se não houver um número de fatias significativo no exame, não haverá informações suficientes para a geração do volume, o que terá um impacto negativo em sua precisão e comprometerá seu realismo.

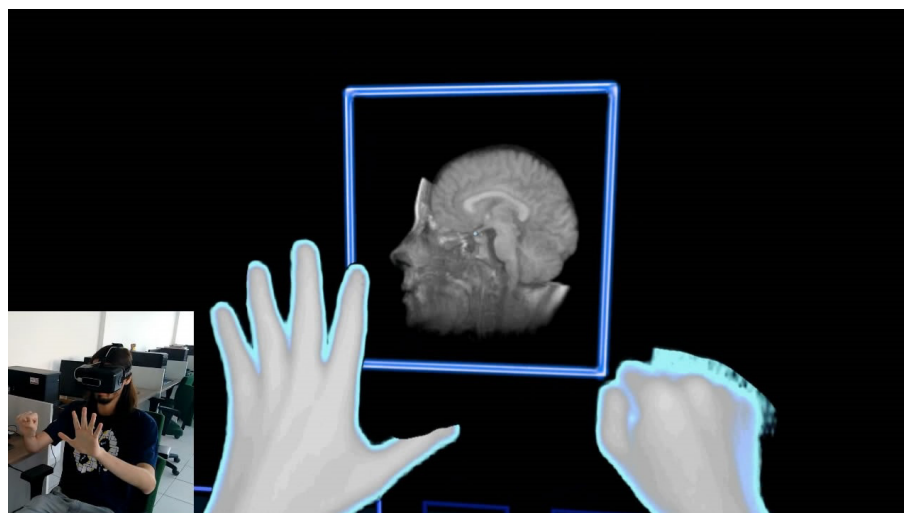
A biblioteca utilizada renderiza o volume diretamente na câmera, o que faz com que o volume apareça à frente dos demais objetos na cena. Contudo, como o volume ainda possui uma posição no mundo e é renderizado nas duas câmeras do HMD referentes a cada olho, a percepção de sua profundidade não é comprometida.

Outra limitação do sistema diz respeito às dimensões do volume gerado. Estimar a profundidade exata do volume a partir do número de fatias é uma tarefa difícil, uma vez que exames diferentes podem ter um número de fatias diferentes, mesmo sendo referentes à um mesmo objeto de estudo. Para minimizar erros podem ser inseridos os dados de espaçamento entre as fatias contidas nas imagens no formato DICOM.

4.1 Ferramentas Desenvolvidas

As ferramentas implementadas obtiveram um desempenho satisfatório. A [Figura 16](#) demonstra um usuário utilizando a ferramenta do plano de corte para visualizar as diferentes fatias do exame.

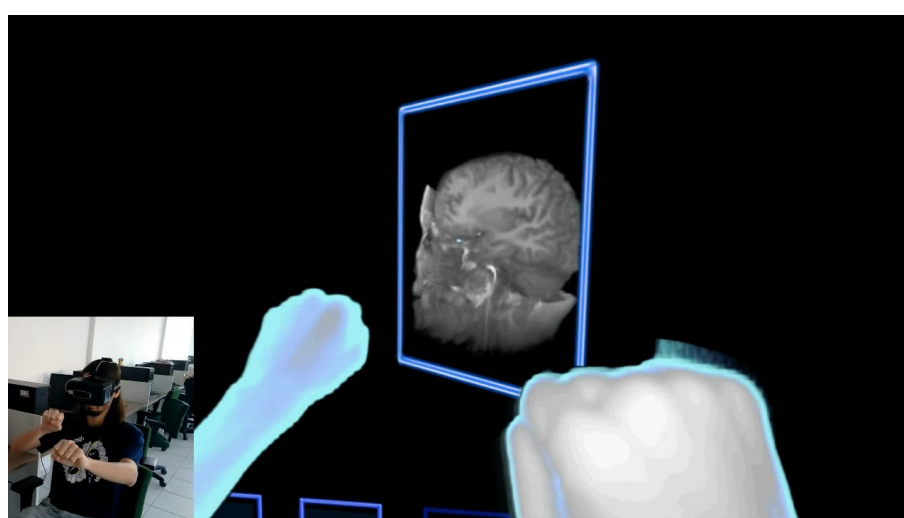
Figura 16: Usuário utilizando a ferramenta Plano de Corte.



Fonte: Acervo do autor.

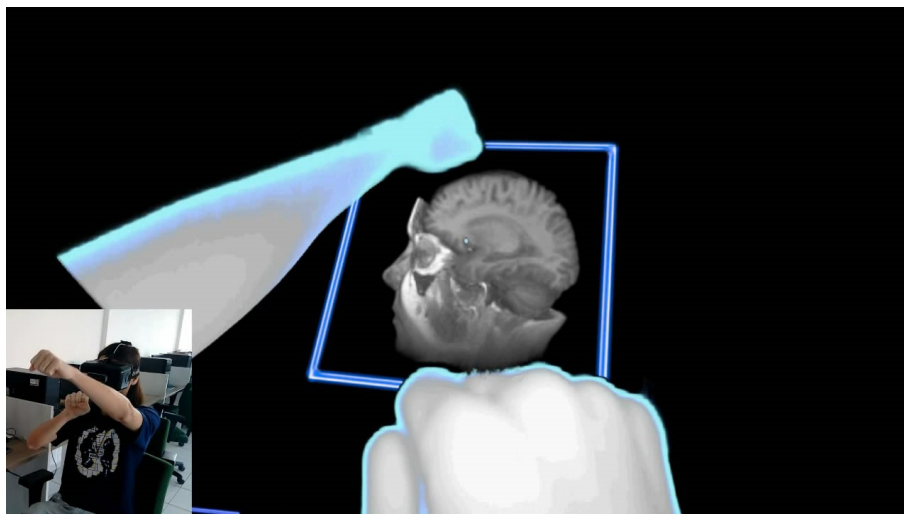
Nas Figuras 17 e 18 é demonstrada a utilização das rotações horizontal e vertical do plano de corte respectivamente. Foi notado que se o usuário não dispuser suas mãos claramente nas posições padrão para a realização das rotações, ou seja, se posicionar as mãos em posições nas quais é difícil de se diferenciar se elas estão lado a lado ou uma sobre a outra, o sistema pode se equivocar e realizar rotações inesperadas. Uma solução para este problema seria permitir que fosse possível realizar apenas uma rotação por vez e aumentar ainda mais o rigor da diferenciação de gestos.

Figura 17: Usuário utilizando a rotação horizontal da ferramenta Plano de corte.



Fonte: Acervo do autor.

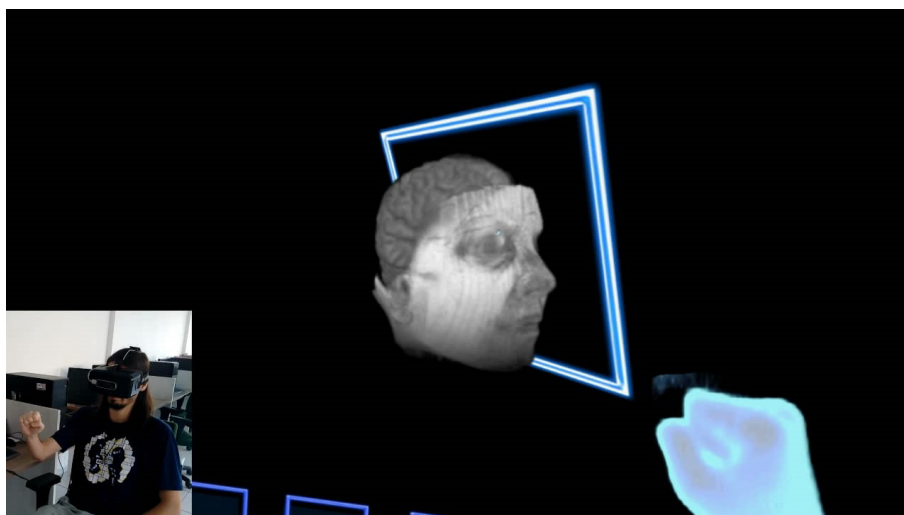
Figura 18: Usuário utilizando a rotação vertical da ferramenta Plano de Corte.



Fonte: Acervo do autor.

A Figura 19 ilustra o caso em que o usuário, após determinar a posição e a rotação do plano de corte, rotaciona o volume para visualizá-lo em diferentes ângulos.

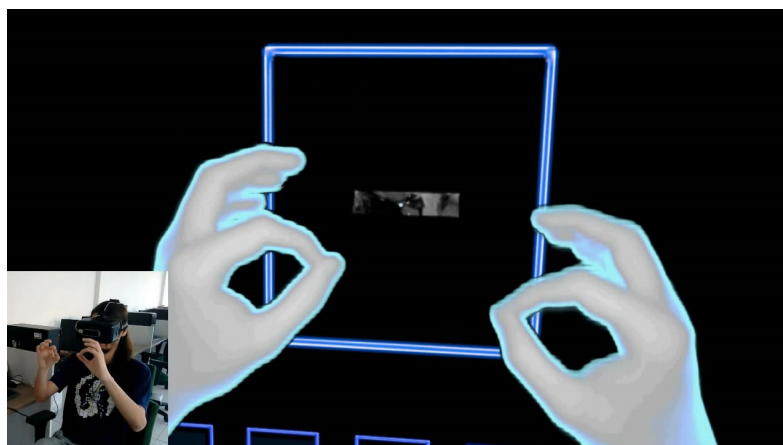
Figura 19: Usuário utilizando a Rotação do volume.



Fonte: Acervo do autor.

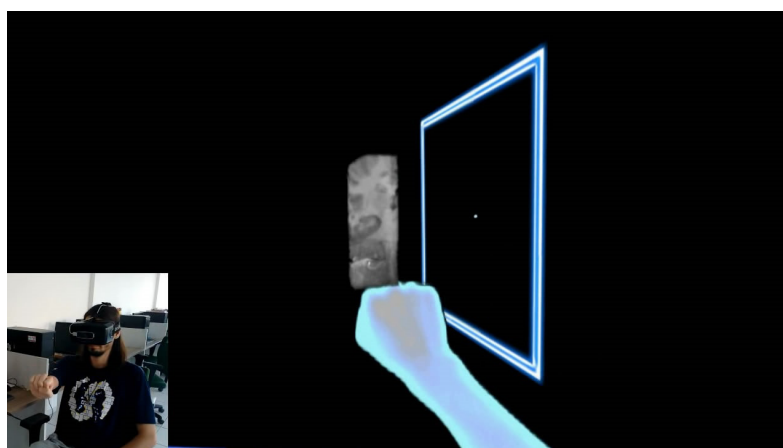
A utilização da ferramenta de volume de interesse é representada pelas Figuras 20, 21 e 22. Na Figura 20, o usuário redimensiona o VOI para deixá-lo em um tamanho conveniente. Na Figura 21, o usuário posiciona o VOI na região que representa que possui sua região de interesse. É possível, então, verificar a rotação do volume executada pelo usuário, após a utilização da ferramenta de Volume de Interesse, na Figura 22.

Figura 20: Usuário utilizando a ferramenta Volume de Interesse.



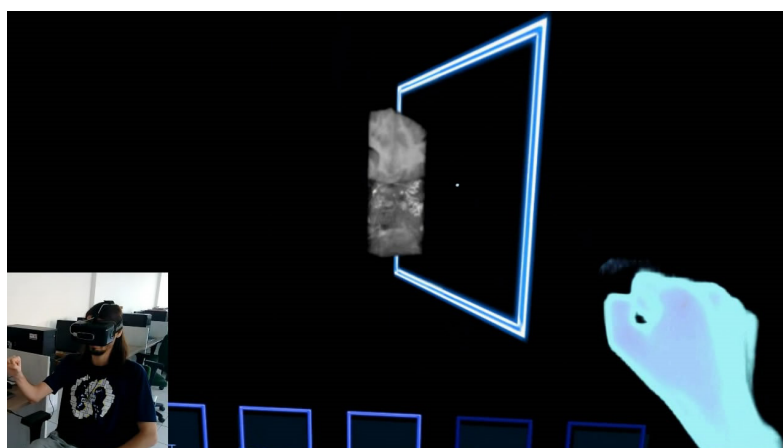
Fonte: Acervo do autor.

Figura 21: Reposicionamento do Volume de Interesse após seu redimensionamento.



Fonte: Acervo do autor.

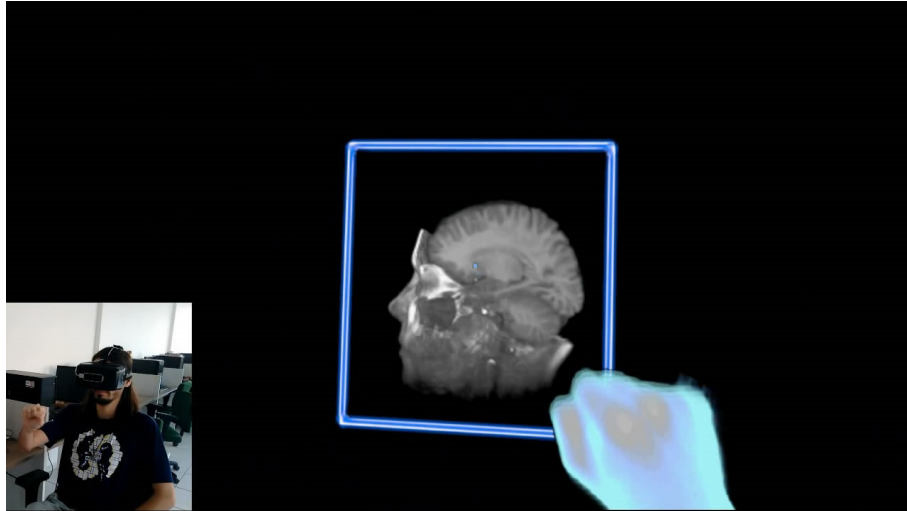
Figura 22: Rotação do volume após a utilização da ferramenta Volume de Interesse.



Fonte: Acervo do autor.

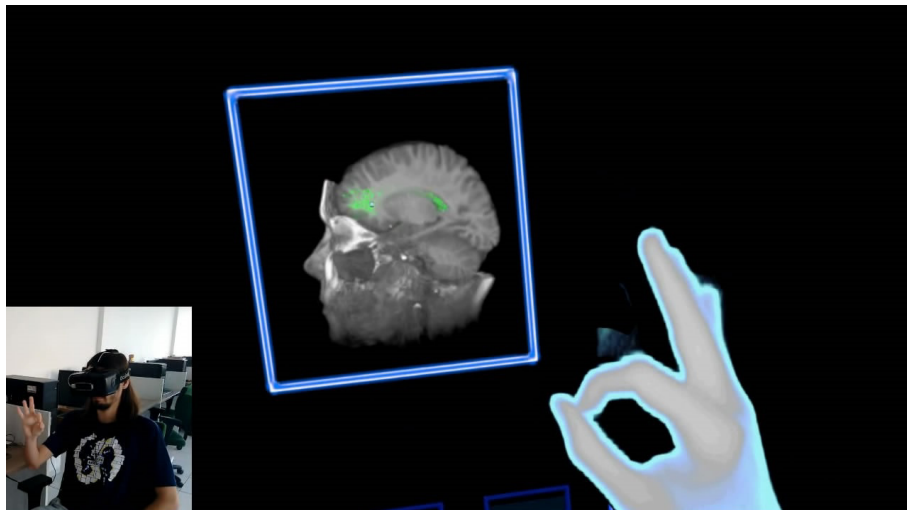
A ferramenta de segmentação semiautomática é ilustrada nas Figuras 23 e 24. Primeiramente, é mostrado o usuário posicionando a semente na posição desejada e posteriormente realizando o gesto que ativa o início da segmentação.

Figura 23: Usuário realizando o posicionamento da semente da ferramenta Segmentação Semiautomática.



Fonte: Acervo do autor.

Figura 24: Usuário realizando a ativação da ferramenta Segmentação Semiautomática.



Fonte: Acervo do autor.

Como a segmentação semiautomática percorre o volume inteiro, em alguns casos a área segmentada se estende demasiadamente e acaba ocupando uma grande porção do volume. Isso acontece mesmo em casos que utilizam um limiar baixo. Uma solução para este caso é limitar a área de atuação da segmentação para algum número determinado de fatias do volume, por exemplo.

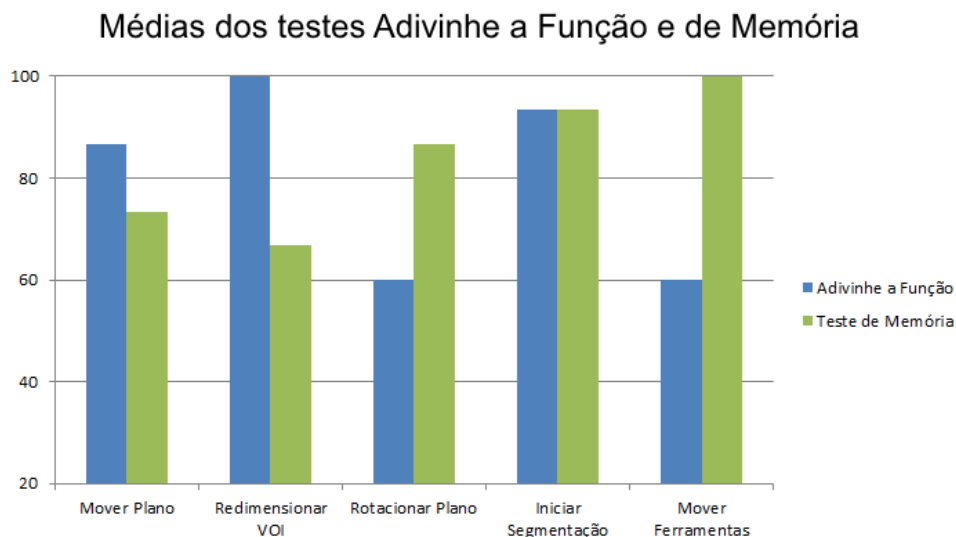
4.2 Avaliação dos Gestos

Os gestos desenvolvidos neste trabalho foram analisados quanto à sua usabilidade. Para que isso fosse possível, foram utilizados testes para a avaliação de interfaces gestuais propostos em (NIELSEN et al., 2003). Os testes contaram com a participação de quinze voluntários de ambos os sexos, sendo estes estudantes e professores universitários, entre graduandos, mestres e doutores, das áreas de Ciência da Computação e Design, com faixa etária entre 18 e 45 anos. Os testes foram organizados da seguinte forma:

- a. Adivinhe a Função: são apresentados vídeos da execução de todos os gestos presentes na aplicação e os voluntários devem adivinhar o papel que cada um desempenha dentro do sistema com base em uma lista de funções possíveis;
- b. Teste de Memória: os gestos são apresentados aos voluntários para que possam ser aprendidos. Em seguida é requisitado que os voluntários demonstrem a execução de cada gesto de acordo com os pedidos do entrevistador. Cada gesto requisitado deve ser efetuado em até dois segundos para que seja considerado um caso de acerto;
- c. Teste Piloto: os voluntários utilizam a ferramenta empregando os gestos aprendidos para realizar tarefas específicas de acordo com um roteiro;
- d. Questionário de Avaliação: após utilizar o sistema, os voluntários respondem a um questionário com intuito de avaliar cada gesto quanto à sua usabilidade, fazendo uso da escala Likert (LIKERT, 1967) graduada de 1 a 5 para representar sua satisfação com relação à cinco parâmetros: facilidade de utilização, eficiência do hardware reconhecer o gesto (*Tracking*), facilidade de memorização dos gestos, *stress* físico que o gesto gera e sua intuitividade.

No Teste Adivinhe a Função os gestos foram visualizados fora do seu contexto principal para que os voluntários pudessem tentar relacioná-los com as funções existentes na aplicação. Dessa forma, as funcionalidades de rotacionar o volume, mover a ferramenta de VOI e mover a semente de segmentação foram agrupados em um único grupo "Mover Ferramentas", pois são executados com o mesmo gesto. O gesto utilizado para redimensionar a ferramenta de volume de interesse obteve o melhor resultado, com 100% de acerto. Os gestos de iniciar a segmentação semiautomática e de mover o plano de corte também obtiveram boa taxa de acerto, com 93,3% e 86,7% respectivamente. Os gestos utilizados para rotacionar o plano de corte e mover ferramentas obtiveram o pior resultado, ambos com 60% de sucesso no teste. A Figura 25 apresenta os resultados obtidos com os testes Adivinhe a Função e de Memória.

Figura 25: Resultados dos testes Adivinhe a Função e de Memória.

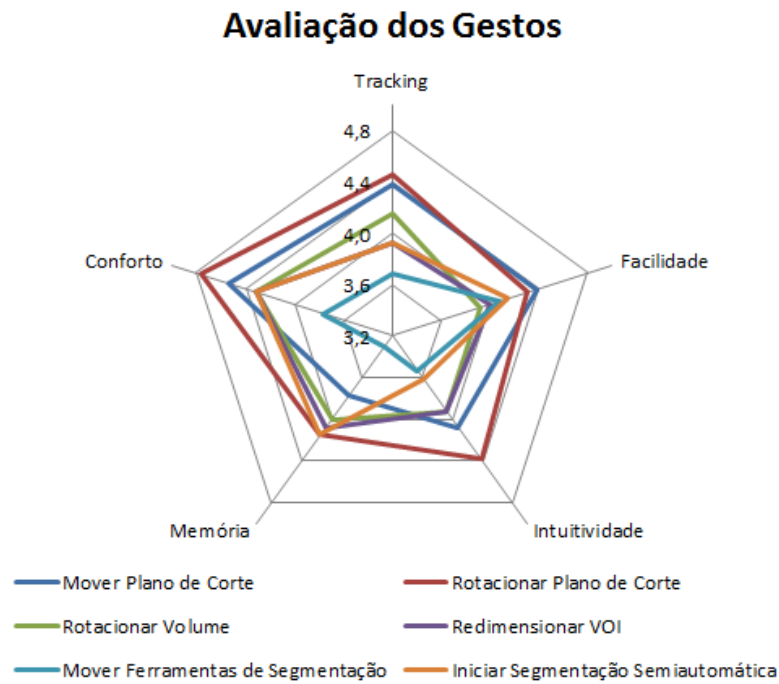


Fonte: Acervo do autor.

No Teste de Memória o funcionamento do sistema e seus gestos foram explicados e ensinados aos voluntários respeitando o mesmo critério utilizado no teste anterior de agrupar certas funcionalidades por causa de seu gesto. O gesto mais lembrado pelos usuários neste teste foi o utilizado pelo grupo de mover ferramentas, tendo 100% de acerto. O gesto de iniciar a segmentação semiautomática obteve a segunda melhor marca com 93,3%, seguido pelo gesto de rotacionar o plano de corte com 86,7% de acerto. As ferramentas de mover o plano de corte e de redimensionar a ferramenta de VOI obtiveram a menor taxa de êxito no Teste de Memória com 73,3% e 66,7% respectivamente.

Após os dois testes iniciais, os voluntários utilizaram a aplicação para realizar tarefas específicas como visualizar fatias internas de um exame ou visualizar apenas determinadas regiões de um volume, especificadas por um roteiro ditado pelo seu entrevistador. Em seguida, foi solicitado o preenchimento do questionário de avaliação, que analisa vários aspectos de cada gesto presente no sistema. Pode-se verificar o desempenho de cada gesto em cada parâmetro do questionário na Figura 26. O gesto que obteve o melhor desempenho nos diferentes quesitos foi o de rotacionar o plano de corte, obtendo o valor médio de 4,77 na avaliação de seu conforto, sendo superado apenas na medição de sua facilidade de uso pelo gesto utilizado para iniciar a segmentação semiautomática. O gesto com o pior desempenho médio foi o utilizado no conjunto de funcionalidades agrupadas na função "Mover Ferramentas", com o valor mínimo de 3,3 registrado para o parâmetro de memorização. Notou-se que mesmo com os testes sendo realizados em sequência, com o Teste Piloto sendo realizado logo após o Teste de Memória, alguns voluntários se confundiram no momento de manipular a aplicação, em especial na utilização da interface gráfica para definir qual gesto seria reconhecido em cada contexto.

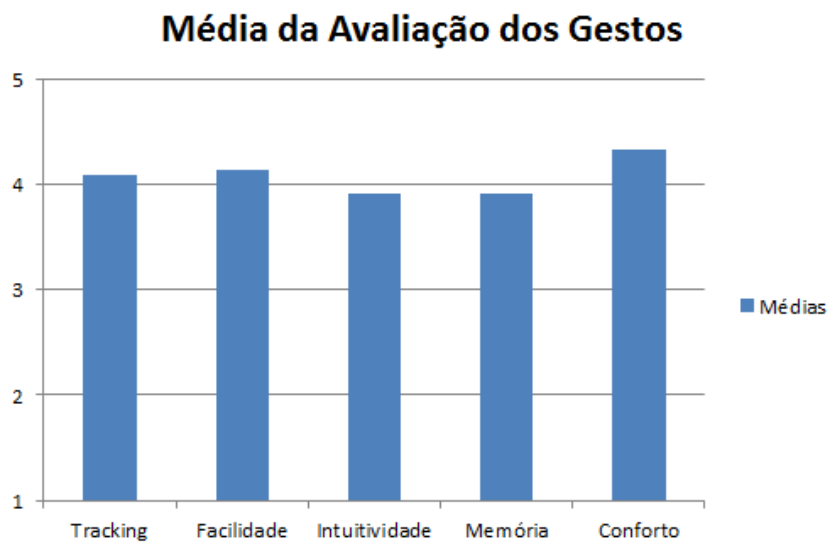
Figura 26: Resultados do Questionário de Avaliação.



Fonte: Acervo do autor.

Na Figura 27 é possível verificar o valor médio que a aplicação obteve em cada quesito de avaliação de usabilidade testado. Percebe-se que os valores médios de cada parâmetro são relativamente semelhantes e são consideravelmente bons dentro da escala de Likert.

Figura 27: Médias dos Resultados do Questionário de Avaliação.



Fonte: Acervo do autor.

5 Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um sistema de visualização de dados médicos em um ambiente de Realidade Virtual utilizando interações baseadas em gestos.

O protótipo desenvolvido obteve êxito na leitura dos dados médicos e na geração de seu dado volumétrico, proporcionando uma alternativa interativa e imersiva de visualização ao usuário. Através das ferramentas de segmentação é possível visualizar as fatias do volume, bem como segmentar regiões de interesse específicas. Todas as interações do usuário com o sistema foram feitas a partir de uma interface de gestos manuais para garantir uma maior naturalidade e imersão no ambiente virtual.

O dispositivo *Leap Motion* utilizado para o rastreamento das mãos do usuário mostrou-se muito eficiente, tanto por não ser invasivo quanto por seu desempenho na identificação dos gestos e por sua fácil integração com o *Oculus Rift*.

A biblioteca utilizada na leitura das imagens e geração do modelo mostrou-se uma boa alternativa para o problema da visualização volumétrica com a plataforma *Unity*, entretanto sua técnica de renderização não é favorável à ambientes de Realidade Virtual por renderizar o volume à frente dos demais objetos da cena. A utilização de técnicas que compensem esta característica ou a utilização, ou mesmo desenvolvimento, de outras bibliotecas para o tratamento da visualização volumétrica ajudariam no aprimoramento do sistema.

É necessário melhorar o *feedback* que o sistema retorna ao usuário com relação à execução correta dos gestos, além de melhorar a transição entre gestos de modo a evitar gestos reconhecidos erroneamente.

Pelos resultados obtidos, constatou-se que a ferramenta de segmentação semiautomática pode ter sua precisão melhorada, podendo ainda fazer uso de diferentes técnicas de segmentação de imagens médicas para tornar-se mais completa.

Os gestos implementados para a interação com as ferramentas foram avaliados por um grupo de voluntários. Através de três tipos de testes de usabilidade, foi possível avaliar se os gestos utilizados são confortáveis, intuitivos, fáceis de usar e eficientes em suas funções. A partir dos testes foi possível perceber que os gestos desenvolvidos possuem bom desempenho médio em todos os quesitos analisados.

Dessa forma, sugerem-se as seguintes melhorias para trabalhos futuros:

- Adicionar mais ferramentas de visualização à aplicação, como por exemplo rotação

do volume em mais de um eixo, translação do volume no espaço, ferramentas de zoom e pan, etc;

- Melhoria das técnicas de segmentação e adição de novas técnicas mais completas e complexas;
- Melhoria da técnica de renderização ou desenvolvimento de técnicas mais adequadas de forma que o dado volumétrico não seja renderizado à frente dos demais objetos.

Referências

- BALDIN, Y. Y.; FURUYA, Y. K. S. *Geometria Analítica para todos e atividades com Octave e GeoGebra*. São Carlos: EDUFSCar, 2011.
- BOAS, Y. Overview of virtual reality technologies. In: *Interactive Multimedia Conference. Southampton*. 2013.
- DESAI, P. R.; DESAI, P. N.; AJMERA, K. D.; MEHTA, K. A review paper on oculus rift - a virtual reality headset. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, v. 13, n. 4, 2014.
- FALCÃO, C.; LEMOS, A. C.; SOARES, M. Evaluation of natural user interface: A usability study based on the leap motion device. *Procedia Manufacturing*, Elsevier, v. 3, p. 5490–5495, 2015.
- LABORATORY, S. C. G. *The Stanford volume data archive*. 2014. Disponível em: <<http://graphics.stanford.edu/data/voldata/>>. Acesso em: 11 maio 2016.
- LAHA, B.; BOWMAN, D. A. Identifying the benefits of immersion in virtual reality for volume data visualization. In: *Immersive visualization revisited workshop of the IEEE VR conference*. 2012. p. 1–2.
- LIKERT, R. The method of constructing and attitude scale. *Methods and Techniques in Business Research*, Ardent Media, p. 54, 1967.
- MALIZIA, A.; BELLUCCI, A. The artificiality of natural user interfaces. *Communications of the ACM*, ACM, v. 55, n. 3, p. 36–38, 2012.
- MATHEW, S. Importance of virtual reality in current world. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, v. 3, n. 3, p. 894 – 899, 2014.
- MOTION, L. *How Does the Leap Motion Controller Work?* 2014. Disponível em: <<http://blog.leapmotion.com/hardware-to-software-how-does-the-leap-motion-controller-work/>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
- MOTION, L. *Leap Motion for Mac and PC*. 2014. Disponível em: <[https://www-leapmotion.com/product/desktop](https://www.leapmotion.com/product/desktop)>. Acesso em: 12 abr. 2016.
- MOTION, L. *Hand - Leap Motion Documentation*. 2016. Disponível em: <[https://-/developer.leapmotion.com/documentation/csharp/api/Leap.Hand.html](https://developer.leapmotion.com/documentation/csharp/api/Leap.Hand.html)>. Acesso em: 21 mar. 2016.
- MOTION, L. *V2 Features - Leap Motion Developers*. 2016. Disponível em: <[https://-/developer.leapmotion.com/features](https://developer.leapmotion.com/features)>. Acesso em: 23 mar. 2016.
- NIELSEN, M.; STÖRRING, M.; MOESLUND, T. B.; GRANUM, E. A procedure for developing intuitive and ergonomic gesture interfaces for man-machine interaction. In: *Proceedings of the 5th International Gesture Workshop*. 2003. p. 1–12.

- OSIRIX. *DICOM sample image sets*. 2016. Disponível em: <<http://www.osirix-viewer.com/datasets/>>. Acesso em: 11 maio 2016.
- PAIVA, A. C.; SEIXAS, R. d. B.; GATTASS, M. Introdução à visualização volumétrica. *Monografias da Ciência da Computação-PUC-Rio*, Inf MCC03/99, 1999.
- PARMAR, A. *Here's a Startup Bringing Virtual Reality to Healthcare*. 2015. Disponível em: <<http://www.mddionline.com/article/heres-startup-bringing-virtual-reality-healthcare-05-12-15>>. Acesso em: 15 mar. 2016.
- REIS, P. R. J. d. *Uma arquitetura para a construção e visualização de panoramas aumentados em ambientes industriais*. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Universidade Federal do Maranhão, 2015.
- RIZZO, A.; DIFEDE, J.; ROTHBAUM, B. O.; DAUGHTRY, J. M.; REGER, G. Virtual reality as a tool for delivering ptsd exposure therapy. *Post-Traumatic Stress Disorder: Future Directions in Prevention, Diagnosis, and Treatment*, 2013.
- RIZZO, A.; PARSONS, T.; BUCKWALTER, J. Using virtual reality for clinical assessment and intervention. *Handbook of technology in psychology, psychiatry, and neurology: Theory, research, and practice*, 2012.
- SALGADO-PINEDA, P.; LANDIN-ROMERO, R.; PORTILLO, F.; BOSQUE, C.; POMES, A.; SPANLANG, B.; FRANQUELO, J. C.; TEIXIDO, C.; SARRÓ, S.; SALVADOR, R. et al. Examining hippocampal function in schizophrenia using a virtual reality spatial navigation task. *Schizophrenia research*, Elsevier, v. 172, n. 1, p. 86–93, 2016.
- SEYMOUR, N. E.; GALLAGHER, A. G.; ROMAN, S. A.; O'BRIEN, M. K.; BANSAL, V. K.; ANDERSEN, D. K.; SATAVA, R. M. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Annals of surgery*, LWW, v. 236, n. 4, p. 458–464, 2002.
- SHIBATA, T. Head mounted display. *Displays*, Elsevier, v. 23, n. 1, p. 57–64, 2002.
- SONKA, M.; HLAVAC, V.; BOYLE, R. *Image processing, analysis, and machine vision*. : Cengage Learning, 2014.
- SOUSA, H. d. P. *Segmentação de Nódulos Pulmonares Através de Interações Baseadas em Gestos*. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Universidade Federal do Maranhão, 2013.
- SU, B. *Ray marching for rendering 3D noise and textures in Unity 3D*. 2015. Disponível em: <<https://github.com/brianasu/unity-ray-marching/tree/volumetric-textures-depth>>. Acesso em: 21 jan. 2016.
- UNITY. *Unity - Game engine, tools and multiplatform*. 2016. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt/unity>>. Acesso em: 11 mar. 2016.
- WACHS, J. P.; KÖLSCH, M.; STERN, H.; EDAN, Y. Vision-based hand-gesture applications. *Communications of the ACM*, ACM, v. 54, n. 2, p. 60–71, 2011.
- WIGDOR, D.; WIXON, D. *Brave NUI world: designing natural user interfaces for touch and gesture*. : Elsevier, 2011.

Anexos

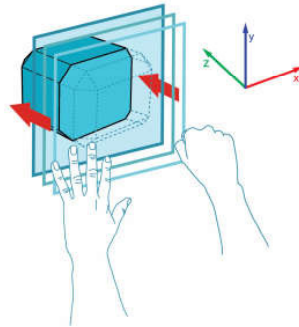
ANEXO A – Questionário de Avaliação

Avaliação de Gestos em VR

De acordo com sua experiência ao utilizar a ferramenta, dê uma nota de 1 a 5 para cada critério

* Required

Mover Plano de Corte



1. Com que facilidade o gesto de Mover o Plano de Corte foi reconhecido pela ferramenta? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Difícilmente reconhecido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Perfeitamente Reconhecido

2. A utilização do gesto para mover o Plano de Corte foi: *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Difícil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fácil

3. O gesto utilizado para Mover o Plano de Corte é: *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Nada Intuitivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Intuitivo

4. Com que facilidade você lembraria da maneira como realizar o gesto de Mover o Plano de Corte? *

Mark only one oval.

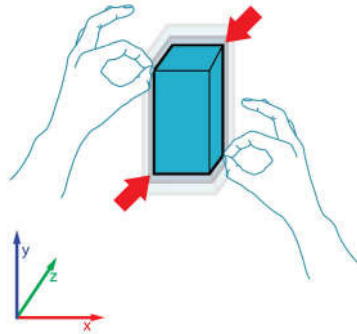
	1	2	3	4	5	
Difícilmente lembraria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Facilmente lembraria

15. **Você considerou o gesto Rotacionar o Volume confortável? ***

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Desconfortável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Confortável

Redimensionar o VOI



16. **A utilização do gesto para Redimensionar o VOI foi: ***

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Difícil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fácil

17. **Com que facilidade o gesto de Redimensionar o VOI foi reconhecido pela ferramenta? ***

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Difícilmente Reconhecido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Facilmente Reconhecido

18. **A utilização do gesto para Redimensionar o VOI foi: ***

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Nada Intuitivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Intuitivo

19. **Você considerou o gesto Redimensionar o VOI confortável? ***

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Desconfortável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Confortável

20. Com que facilidade você lembraria da maneira como realizar o gesto de Redimensionar o VOI? *

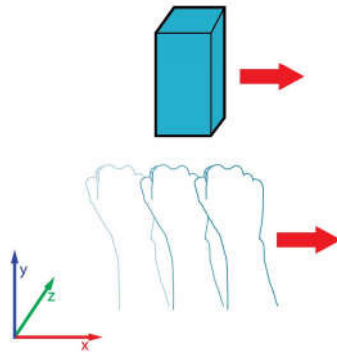
Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Difícilmente Lembraria Facilmente Lembraria

Mover Ferramentas de Segmentação

Gesto de Mover as Ferramentas VOI e a Semente utilizada na Segmentação Semiautomática



21. A utilização do gesto para Mover Ferramentas de Segmentação foi: *

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Difícil Fácil

22. Com que facilidade o gesto de Mover Ferramentas de Segmentação foi reconhecido pela ferramenta? *

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Difícilmente Reconhecido Facilmente Reconhecido

23. A utilização do gesto para Mover Ferramentas de Segmentação foi: *

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Nada Intuitivo Intuitivo

24. Com que facilidade você lembraria da maneira como realizar o gesto de Mover Ferramentas de Segmentação? *

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Difícilmente Lembraria Facilmente Lembraria

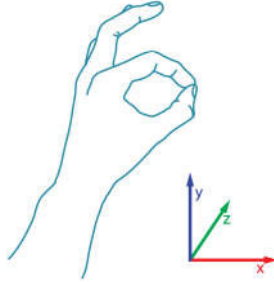
25. **Você considerou o gesto Mover Ferramentas de Segmentação confortável? ***

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Desconfortável Confortável

Iniciar Segmentação Semiautomática



26. **A utilização do gesto para Iniciar Segmentação Semiautomática foi: ***

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Difícil Fácil

27. **Com que facilidade o gesto de Iniciar Segmentação Semiautomática foi reconhecido pela ferramenta? ***

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Difícilmente Reconhecido Facilmente Reconhecido

28. **A utilização do gesto para Iniciar Segmentação Semiautomática foi: ***

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Nada Intuitivo Intuitivo

29. **Com que facilidade você lembraria da maneira como realizar o gesto de Iniciar Segmentação Semiautomática? ***

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Difícilmente Lembraria Facilmente Lembraria

30. **Você considerou o gesto Segmentação Semiautomática confortável? ***
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Desconfortável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Confortável
