

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS — UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA
NÍVEL MESTRADO

PEDRO ROSSA

**MOSIS LAB:
UMA SOLUÇÃO INTERATIVA EM REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA**

São Leopoldo
2020

Pedro Rossa

**MOSIS LAB:
Uma solução interativa em Realidade Virtual Imersiva**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre pelo
Programa de Pós-Graduação em Computação
Aplicada da Universidade do Vale do Rio dos
Sinos — UNISINOS

Orientador:
Prof. Dr. Luiz Gonzaga da Silveira Jr

Coorientador:
Prof. Dr. Mauricio Roberto Veronez

São Leopoldo
2020

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

Rossa, Pedro

Mosis LAB: uma solução interativa em realidade virtual imersiva / Pedro Rossa — 2020.

91 f.: il.; 30 cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, São Leopoldo, 2020.

“Orientador: Prof. Dr. Luiz Gonzaga da Silveira Jr, Unidade Acadêmica de Pesquisa e Pós-Graduação”.

“Coorientador: Prof. Dr. Mauricio Roberto Veronez, Unidade Acadêmica de Pesquisa e Pós-Graduação”.

1. Realidade Virtual. 2. X - Reality. 3. Sistemas Imersivos. 4. sistemas Imersivos. I. Título.

CDU 004.946

Bibliotecário responsável: Alessandro Dietrich — CRB 10/2338

(Esta folha serve somente para guardar o lugar da verdadeira folha de aprovação, que é obtida após a defesa do trabalho. Este item é obrigatório, exceto no caso de TCCs.)

Os limites só existem se você os deixar existir. — SON GOKU

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa só se fez possível a partir do suporte de uma equipe multidisciplinar, acessível e colaborativa. Agradeço aos meus colegas de laboratório que se dispuseram a testar, comentar, criticar e avaliar com grande dedicação o desenvolvimento desta pesquisa. Além do laboratório (minha segunda família), agradeço ao apoio da minha família que compreendeu todo o processo pelo qual necessitei passar, obrigado Carolina Kremer, Susana Rossa e Luiz Alberto Rossa. Um agradecimento especial aos meus orientadores Luiz Gonzaga e Mauricio Veronez, por um suporte incondicional e liberdade para executar este projeto, acreditando na minha proposta. Por fim, um agradecimento especial ao colega Rafael Kenji Horota com o qual tive envolvimento direto para a busca dos resultados deste Mestrado.

“Cansei de ouvir histórias de sucesso. Agora eu vou escrever a minha.”.
(Jean L. Fraga)

RESUMO

A evolução tecnológica dos últimos anos trouxe uma série de avanços para a área da computação. Computadores se tornaram menores e com maior poder de processamento, telas tiveram suas resoluções ampliadas e ficaram mais leves, o valor e disponibilidade de componentes os tornaram mais acessíveis. Dentro deste cenário, o estudo e uso da RV (Realidade Virtual) tiveram um salto, uma vez que os HMDs (*Head Mounted Display*) se tornaram compactos e acessíveis. Por conta disto, esta dissertação de mestrado tem como objetivo propor uma forma de interação em ambientes de realidade virtual que ocorra da forma mais diegética possível, usando elementos inerentes ao ambiente que o usuário se encontra. Ou seja, apresentar interações que façam uso da tridimensionalidade que a RV oferece, com um olhar mais analítico, evitando replicar as telas de computador convencionais para dentro de um espaço tridimensional. Assim sendo, esta pesquisa apresenta a busca pelo estado da arte em interações imersivas e o processo de desenvolvimento do Mosis LAB, software de realidade virtual para interação com diferentes tipos de dados a partir de um ferramental intuitivo e com uso dos princípios de interação humano-máquina. A diegética, dentro deste processo, norteia a pesquisa com o objetivo de realizar a amarra do processo criativo no desenvolvimento dos softwares, assim como para abrir as portas para o pensamento crítico no uso de elementos de interface gráfica em aplicações de Realidade Virtual. Os resultados do uso deste sistema foram validados com o uso de duas metodologias, o SUS (*System Usability Scale*) para analisar a usabilidade e o TAM (*Technology acceptance model*) para verificação de aceitação do software pelos usuários.

Palavras-chave: Realidade Virtual. X - Reality. Sistemas Imersivos. sistemas Imersivos.

ABSTRACT

The technological evolution of the last few years has brought a series of advances to the area of computing. Computers became smaller and with greater processing power, screens had their resolutions increased and became lighter, the value and availability of components made them more accessible. Within this scenario, the study and use of VR (Virtual Reality) took a leap, since HMDs (Head Mounted Display) became compact and accessible. Because of this, this master's thesis aims to propose a form of interaction in virtual reality environments that occurs in the most diegetic way possible, using elements inherent to the environment that the user is in. In other words, to present interactions that make use of the three-dimensionality that VR offers, with a more analytical look, avoiding replicating conventional computer screens into a three-dimensional space. Therefore, this research presents the search for the state of the art in immersive interactions and the development process of Mosis LAB, virtual reality software for interacting with different types of data using an intuitive tool and using the principles of human-machine. Diegetics, within this process, guides the research with the objective of carrying out the creative process in software development, as well as to open the doors for critical thinking in the use of graphic interface elements in Virtual Reality applications. The results of using this system were validated using two methodologies, SUS (System Usability Scale) to analyze usability and TAM (Technology acceptance model) to verify software acceptance by users .

Keywords: Virtual Reality. X - Reality. Immersive Systems. Immersive Systems.

LISTA DE FIGURAS

1	Sensorama, criado por Morton L Heilig	26
2	CAVEs e HMDs	27
	27subfigure.2.2	
3	A - Virtual Environment Display System (1987). B - Virtual Interface Environment Workstation. V.I.E.W. (1988) C - Virtual Boy da Nintendo (1995).	28
4	Mario Tennis desenvolvido para o console Virtual Boy.	29
5	HMDs da nova geração. Oculus Rift DK1 (2012), Oculus Rift S (2018), Samsung Odyssey (2018).	30
6	Simulador de um Boeing 787 desenvolvido em parceria com a NASA.	30
7	Aplicações de uso em Realidade Virtual. A - Monalisa Beyond the Glass, B - Tilt Brush by Google, C - Google Earth VR.	31
8	Exemplo de interação com <i>feedback</i> a partir da visão	32
9	Exemplo de interação com <i>feedback</i> a partir da audição	33
10	Exemplo de interação com <i>feedback</i> a partir do tato	34
11	Exemplo de interação com <i>feedback</i> composto	34
12	Personagem tocando violão. Tanto o mundo fílmico na qual ela está inserida, quanto o espectador, podem escutar a mesma música.	36
13	1 - Interface gráfica com informações não-diegéticas referentes a pontuação, moedas coletadas, fase atual e tempo restante para completar a fase. 2 - Imagem do personagem pequeno, representando ele com uma unidade de vida. 3 - Imagem do personagem maior, representando ele com duas unidades de vida, ampliado após tocar em um cogumelo.	38
14	Menu interativo não diegético da Aplicação MOSIS V2.	39
15	Diferentes formas de se mostrar as horas em uma experiência em Realidade Virtual. A - Horas exibidas em uma UI [não-diegética]. B - Horas exibidas de forma diegética em um relógio de bolso.	39
16	Suite MOSIS	41
17	Fluxo de uso do VROffice.	44
18	Demonstração do VROffice no ACM SIGSPATIAL 2019.	45
19	A - Estrutura simplificada do <i>Package Manager</i> , responsável por compreender múltiplos <i>packages</i> dentro do sistema. B - Exemplo de <i>package</i>	50
20	Arquitetura geral MVCC para gerenciamento de dados e visualização de <i>packages</i>	51
21	Arquitetura simplificada do sistema de salvamento persistente de dados da aplicação.	52
22	Arquitetura simplificada da XRUI_Elements.	53
23	XRUI_Feedback. Sistemas de feedback por sentidos. Visual (cor), Auditivo (Som), Tátil (Vibração).	54
24	XRUI_2DButtons. Botões 2D com conteúdo de texto ou ícones.	55
25	XRUI_3DButtonText. Botão 3D com conteúdo de texto e efeito de movimento baseado na interação física.	56
26	XRUI_2DButtonSprite. Botão 3D com conteúdo de ícone e efeito de movimento baseado na interação física.	57
27	XRUI_2DProgressBar. Barra de progresso 2D.	58
28	XRUI_3DProgressBar. Barra de progresso 3D.	59
29	XRUI_3DSlider. Slider 3D com valor normalizado.	60

30	XRUI_Toggles . Toggles em 2D e 3D.	60
31	XRUI_Manipulables . Manipuladores de escala e rotação com interação simplificada para uso acessível com apenas uma mão.	61
32	Utilização do Mosis LAB. A - IPCGEO em Novembro de 2019, B - Universidade de Svalbard em Fevereiro de 2020.	64
33	Vídeo do Mosis LAB no canal do Youtube do laboratório Vizlab.	64
34	Resultados do Teste de aceitação de modelo com resultados de usuários que já tiveram contato com e RV e os que usaram pela primeira vez. O intervalo ao fim de cada barra é desvio padrão abaixo e acima da média.	68
35	Resultados do Teste de aceitação de modelo com os resultados de usuários que têm ocupação ligada a Geologia e de usuários com outras ocupações. O intervalo ao fim de cada barra é desvio padrão abaixo e acima da média.	69
36	Learn how to use VROffice to correlate GDCs would be easy.	81
37	Correlate GDCs using VROffice would be quick and require less effort.	81
38	GDCs interactions in VROffice are clear and comprehensive.	82
39	Correlate GDCs in VROffice would be easy.	82
40	VROffice allows me to better correlate GDCs.	82
41	VROffice enhances my understanding of GDCs.	83
42	VROffice allows me to easily correlate GDCs.	83
43	VROffice would be useful to me.	83
44	By using VROffice I was not aware of my real environment.	84
45	By using VROffice I have a realistic environment to correlate GDCs.	84
46	By using VROffice I felt immersed in its environment.	84
47	By using VROffice I felt in a different environment.	85
48	By using VROffice I felt that the environment reacted to my actions.	85
49	By using VROffice I felt present in the virtual environment.	85
50	I would use other software similar to VROffice.	86
51	I would recommend VROffice to my colleagues if available.	86
52	I would like to use VROffice again if available.	86
53	I would use VROffice frequently, if available.	87

LISTA DE SIGLAS

VR	Virtual Reality
iVR	Imersive Virtual Reality
RV	Realidade Virtual
RVi	Realidade Virtual Imersiva
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
DOM	Digital Outcrop Model
VOM	Virtual Outcrop Model
SUS	System Usability Scale
TAM	Technology Acceptance Model
HMD	Head Mounted Display
MVC	Model View Controller
MVCC	Model ViewController Controller
UX	User Experience
UI	User Interface
ANP	Associação Nacional do Petróleo
PCA	Principal Component Analysis
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
GDC	Georeferenced Data Container
MRTK	Mixed Reality Toolkit
XR	Crossed Reality
MIT	Massachusetts Institute of Technology
IPCGEO	I Congresso Petrobras de Geologia e Geoengenharia
UNIS	The University Centre in Svalbard

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Problema	22
1.2	Hipótese	22
1.3	Objetivos	23
1.3.1	Objetivo Geral	23
1.3.2	Objetivos Específicos	23
1.4	Estrutura Geral	23
2	REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1	Realidade Virtual	25
2.1.1	A Realidade Virtual como uma experiência	27
2.1.2	Evolução Tecnológica dos HMDs	28
2.1.3	Realidade Virtual na Prática	29
2.2	Interação e uso dos Sentidos em RV	31
2.2.1	O uso dos sentidos na interação	32
2.3	Diegética	35
2.3.1	Diegética Fílmica	36
2.3.2	Diegética nos Jogos Digitais	36
2.3.3	Diegética na Realidade Virtual	37
2.4	Suite Mosis	40
3	CONTRIBUIÇÕES EM REALIDADE VIRTUAL	43
3.1	Protótipos de interface e interação em RV para o MOSIS(2017)	43
3.2	VROffice	44
3.3	Mosis LAB	45
3.3.1	GDC - <i>Georeferenced Data Containers</i>	45
3.3.2	Arquitetura MVC (<i>Model View Controller</i>)	49
3.3.3	XRUI_Elements - Elementos interativos para Realidade Virtual	52
4	RESULTADOS E VALIDAÇÃO	63
4.1	Mosis LAB na prática	63
4.2	Validação de experiência do usuário	63
4.3	Contribuições	68
5	CONCLUSÃO	71
5.1	Discussão	71
5.2	Aplicações	72
5.3	Trabalhos Futuros	72
	REFERÊNCIAS	75
	APÊNDICE A – FORMULÁRIO TAM, APLICADO EM INGLÊS	79
	APÊNDICE B – GRÁFICOS DE RESULTADO DO FORMULÁRIO TAM	81
	APÊNDICE C – RESULTADOS TABELADOS DO FORMULÁRIO TAM	89

1 INTRODUÇÃO

A Realidade Virtual (RV) (STEUER, 1992) tem o potencial de mudar drasticamente a forma como a sociedade interage com as aplicações ao seu redor (DUARTE; REBELO; WOGALTER, 2010), (LANGE et al., 2010), (RIVA et al., 2016), (DOYLE; DODGE; SMITH, 1998), (WHITNEY et al., 2002). A evolução da tecnologia vem introduzindo no mercado dispositivos cada vez mais avançados e acessíveis. Estes dispositivos já permitem aos usuários a interação em ambientes virtuais imersivos, com alto fator de presença (SCHUEMIE et al., 2001), múltiplos usuários, detecção de movimentos de forma precisa e uma miríade de aplicações para uso individual e coletivo.

Essas experiências virtuais podem ser utilizadas de forma a contribuir com a percepção de informações de forma mais efetiva do que as já conhecidas telas de computador bidimensionais (BASTUG et al., 2017). Além disso, tais informações podem receber interações que não são possíveis no mundo real, a visualização de dados, por exemplo, pode ser movimentada somente em dois eixos em uma tela de computador. Já no ambiente tridimensional da RV, estes dados podem ser manipulados livremente, alcançando formas de visualizações completamente diferentes e que favorecem o descobrimento de novas perspectivas e pontos de vista. O desenvolvimento em Realidade Virtual tem grande presença na indústria de entretenimento, mas tem potencial com limite ainda desconhecido, em outras áreas de conhecimento, como simulação, engenharia, matemática, etc. Existem uma série de bibliotecas de desenvolvimento que são oferecidas de forma gratuita ^{1 2 3 4 5}.

A comunidade de desenvolvedores e a disponibilidade de material impulsiona ainda mais a pesquisa e criação de conteúdo para Realidade Virtual. Por este motivo, assim como pelo fato de a RV apresentar grande potencial interativo e tecnologia acessível, esta pesquisa foi centrada em desenvolver uma aplicação em Realidade Virtual que permita a visualização de diferentes tipos de dados e ofereça aos usuários interações focadas no conforto e usabilidade do ambiente no qual se encontram, o Mosis LAB. Projeto desenvolvido com o apoio do laboratório de pesquisa (Vizlab ⁶) no qual o mestrado foi realizado. O autor, após embasamento teórico, desenvolveu uma arquitetura de dados MVCC (Model-ViewController-Controller) (GUPTA; PRAVEEN; GOVIL, 2010) e uma biblioteca de elementos de interface gráfica para uso em Realidade Virtual, as quais foram integradas ao Mosis LAB. Tão importante quanto o desenvolvimento prático de algoritmos, foi a pesquisa e compreensão do uso de diegética no contexto computacional, agregando valor as experiências de Realidade Virtual ao integrar usuário e ambiente, uma vez que a tecnologia se consolidou no mercado. Ou seja, com maior visibilidade

¹<https://github.com/ValveSoftware/openvr>

²<https://developer.valvesoftware.com/wiki/SteamVR>

³<https://vrtoolkit.readme.io/>

⁴<https://developer.oculus.com/downloads/>

⁵<https://github.com/googlevr/gvr-unity-sdk>

⁶www.vizlab.unisinos.br

e acesso aos HMD's, mais ampla é a produção de conteúdos midiáticos que façam uso da Realidade Virtual. A aplicação dos princípios de interação, diegética e uso apurado dos sentidos, pode favorecer este ramo de pesquisa e desenvolvimento, com experiências mais imersivas e diferenciadas quando comparadas as aplicações comumente vistas em dispositivos de tela bidimensional (celulares, *tablets*, computadores).

Além disso, aplicou-se um formulário de análise de aceitação e compreensão do sistema sob os pilares da metodologia TAM (*Technology Acceptance Model*) de avaliação (VENKATESH; DAVIS, 2000) sobre o uso do Mosis LAB, com resultados tabulados e avaliados pelo autor.

Os resultados obtidos com a pesquisa puderam ser validados de diferentes formas:

- Publicação de artigo no evento IGARSS 2019
- Publicação de artigo no evento IEEEVR 2019
- Publicação de artigo (com premiação de melhor demonstração) no evento SIGSPATIAL 2019
- Disponibilização de biblioteca de interface gráfica sob licença MIT
- Uso do sistema Mosis LAB por diferentes grupos de pesquisa

A publicação no evento IGARSS de 2019 apresentou os primeiros avanços quanto as melhorias de interface e imersão no uso do sistema MOSIS (2017). Já o artigo apresentando no IEEEVR de 2019 focou na análise dos resultados obtidos a partir da aplicação do formulário SUS, que questionou usuários quanto a usabilidade do sistema MOSIS (2017). A publicação no SIGSPATIAL de 2019 foi centrada no Mosis LAB e, em conjunto com a apresentação deste em outros dois eventos, permitiu que o autor fizesse a aplicação do formulário TAM com 80 usuários de diferentes nacionalidades e perfis. Os resultados do formulário TAM trouxeram resultados que contribuiriam para a compreensão quanto ao uso do Mosis LAB a partir de uma análise de aceitabilidade, onde as notas obtidas foram analisadas e mostraram um resultado final médio de aproximadamente 90% de aceitação do público.

1.1 Problema

É possível combinar a tecnologia da realidade virtual com Design e aplicação de seus elementos pra produzir um sistema capaz de auxiliar no acesso à informação, permitindo diferentes formas de interação?

1.2 Hipótese

A partir do uso de boas práticas e referências do estado da arte no desenvolvimento de aplicações em Realidade Virtual, é possível desenvolver um sistema que permita que o usuário

interaja com arquivos de diferentes formatos (imagens, áudios, modelos 3D, textos), de forma simultânea e integrada, em ambiente virtual imersivo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema interativo em RV que propicie a visualização, manipulação e interpretação de imagens, textos, modelos 3D e imagens panorâmicas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um protótipo de interação com dados em RV para visualização de diferentes tipos de dados em um espaço tridimensional.
- Validar as interações desenvolvidas a partir das métricas SUS e TAM de usabilidade.
- Apresentar um software em RV que faça uso de interfaces gráficas que se aproprie dos estudos já realizados, relacionados a UX/UI (*User Experience / User Interface*) para RV.

1.4 Estrutura Geral

O presente trabalho é dividido em 5 capítulos. O primeiro capítulo é responsável por apresentar qual o problema definido para ser estudado, a hipótese do resultado e os objetivos que o trabalho busca atender. No segundo capítulo é feito o levantamento teórico no qual são apresentados os conceitos de Realidade Virtual, Diegética e a descrição da Suite de Softwares Mosis contexto em que a pesquisa estará inserida. O capítulo 3 contém o desenvolvimento do projeto, com o detalhamento da evolução da pesquisa, passando pelos protótipos e conceitos desenvolvidos, resultando nas soluções que foram criadas com a pesquisa. Já o capítulo 4 por sua vez, detalha as contribuições do trabalho e os resultados alcançados, culminando na análise estatística dos dados oriundos dos formulários SUS e TAM aplicados com usuários que utilizaram e avaliaram o sistema. Por fim, o capítulo 5 insere as considerações finais do autor, além de oferecer uma visão geral das possibilidades de continuidade do desenvolvimento deste projeto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico busca embasar a pesquisa desenvolvida a partir da leitura e análise de conteúdos quanto ao estado da arte dos tópicos abaixo. Os três assuntos que serão apresentados serão, respectivamente, a Realidade Virtual, a Diegética e o contexto do ambiente no qual a pesquisa é desenvolvida.

2.1 Realidade Virtual

Ambientes virtuais permeiam a cultura a partir de diferentes tecnologias que encontram-se a disposição dos usuários. Computadores, *tablets*, celulares e *smartwatches*, são alguns dos exemplos de aparatos tecnológicos atuais nos quais a virtualização de informações está contida. O uso destes dispositivos, entretanto, está limitado a uma visualização bidimensional, a tela. Apesar de criar um ambiente virtual, este ambiente possui baixa imersão e senso de presença (NORTH; NORTH, 2016). A interação em mundos tridimensionais criados por computador perdem o eixo de profundidade (automaticamente removido quando projetado em uma tela bidimensional) (MALETIC; LEIGH; MARCUS, 2001).

No escopo desta dissertação de mestrado define-se que visualização tridimensional imersiva e interativa compreende a criação de um ambiente virtual que permite a inserção do usuário, interagindo e modificando tal ambiente. Portanto estas interações ampliariam a sensação de presença neste ambiente virtual.

Data-se do século XIX os primeiros estudos para oferecer sistemas de visualização tridimensional. Estes estudos fizeram uso de sistemas binoculares e estereoscópicos (WADE; ONO, 2012). Porém, uma das primeiras experiências em Realidade Virtual imersiva foi desenvolvida por Morton L. Heilig, no ano de 1962, o Sensorama (HEILIG, 1998).

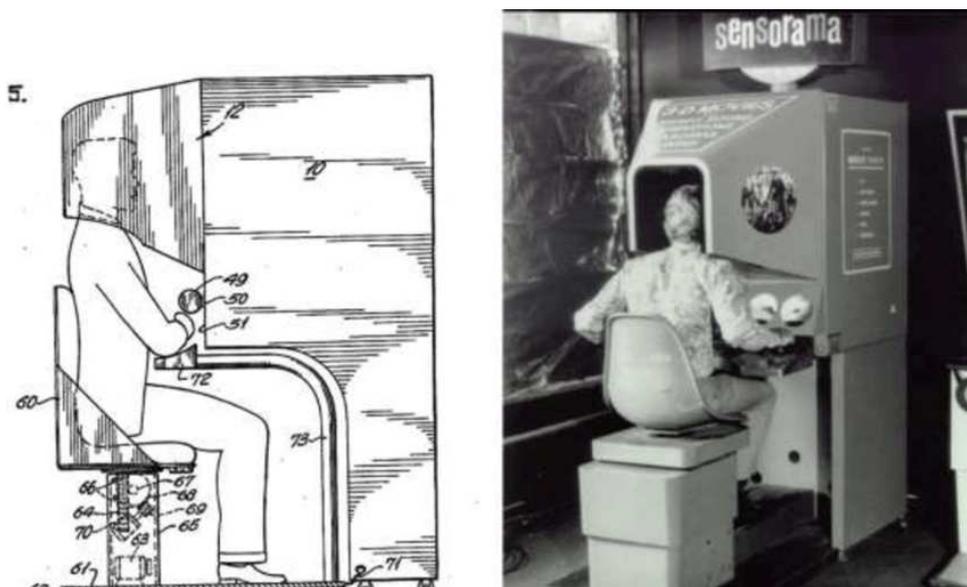
O Sensorama (Figura 1) trata-se de um aparelho que exibe imagens tridimensionais estereoscópicas e sons estéreo. O usuário consegue sentir vento e aromas a partir de uma série de aparatos eletromecânicos enquanto assiste a um curta-metragem ¹.

Diferente de utilizar um sistema de computador convencional, com a tela bidimensional servindo como sistema de visualização dos dados do mundo virtual, o termo 'Realidade Virtual' compreende ambientes virtuais nos quais o usuário experiencia como se fossem reais. Em realidade virtual, é necessário que o usuário esteja inserido neste mundo.

A definição de Realidade Virtual varia de autor para autor e sofre modificações a partir do ponto de vista do observador que a define. Para Ivan Sutherland, um dos pesquisadores pioneiros em Realidade Virtual, criador do primeiro HMD nos anos 60, seu conceito de Realidade Virtual diz, em tradução livre, que:

¹[<https://patents.google.com/patent/US3050870A/en>]

Figura 1: Sensorama, criado por Morton L Heilig



Fonte: Figura reproduzida por Heilig (1962, Figure 5), Patent 3,050,870

"O Ultimate Display (dispositivo de visualização de realidade virtual) deve ser uma sala em que um computador seja responsável por controlar a existência da matéria. Todo o conteúdo exibido deve ser tal qual na realidade, uma cadeira deve permitir-se sentá-la, uma algema prender e uma bala de revólver ser fatal"(SUTHERLAND, 1965).²

Já para Jason Jerald, sua definição de Realidade Virtual diz:

"Realidade Virtual é definida como a digitalização de um ambiente, gerada por computador, que pode ser experienciada e receber interações tal qual o ocorresse em um ambiente real. Um sistema ideal de RV seria capaz de permitir que os usuários andassem e tocassem objetos de forma física, sentindo-os como se fossem reais."(JERALD, 2015a).³

Baseado nestes conceitos, o autor deste trabalho define Realidade Virtual como sendo uma experiência na qual o usuário desconecta-se do mundo real, vivenciando e interagindo exclusivamente com o mundo virtual de forma que sua concepção de possibilidades seja guiada pela experiência em si. A experiência deve apresentar um ambiente que, mesmo distorcido do mundo real, permita ao usuário fazer-se parte, de forma suficientemente convincente para que o ambiente externo a tal experiência seja única e exclusivamente complementar ao ambiente virtual,

²...be a room within which the computer can control the existence of matter. A chair displayed in such a room would be good enough to sit in. Handcuffs displayed in such a room would be confining, and a bullet displayed in such a room would be fatal

³"virtual reality is defined to be a computer-generated digital environment that can be experienced and interacted with as if that environment were real. An ideal VR system enables users to physically walk around objects and touch those objects as if they were real.

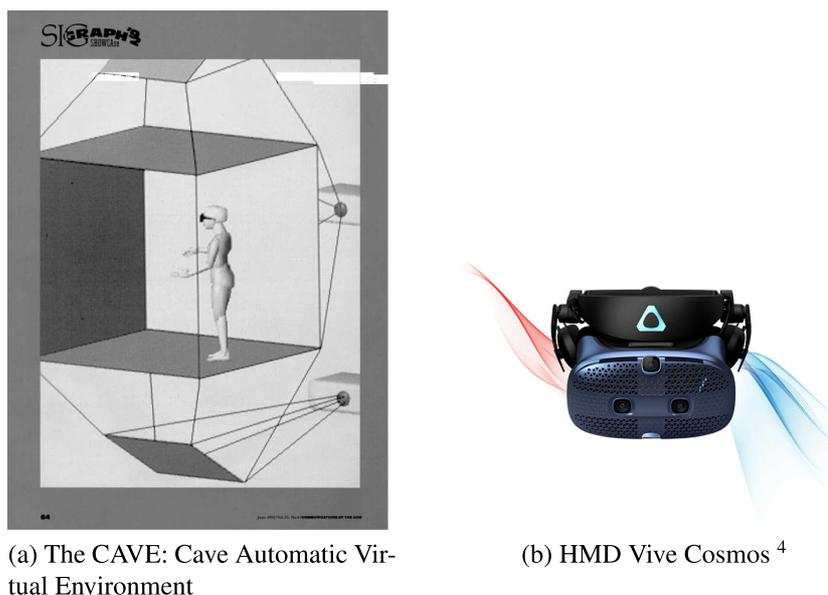


Figura 2: CAVEs e HMDs

sem jamais interferir ou se apresentar como destoante do mundo virtual.

2.1.1 A Realidade Virtual como uma experiência

Entre o surgimento das pesquisas em RV, nos anos 60, e os dias atuais, uma série de dispositivos foram criados com o intuito de oferecer a sensação de visualização tridimensional imersiva, ou seja, aparatos tecnológicos que produzissem um ambiente virtual para o usuário, inserindo-o em um mundo alternativo gerado por computador. Estes dispositivos comumente fazem uso de um computador para realizar a renderização de imagens tridimensionais que são projetadas de alguma forma para o usuário. Entre os diferentes aparatos criados, duas formas mais comuns de visualização puderam ser replicadas por diferentes pesquisadores e usuários, as CAVES (*Cave Automatic Virtual Environment*) (CRUZ-NEIRA et al., 1992) e os *Head Mounted Displays*, os HMDs (SUTHERLAND, 1968) (Figura 2).

Uma CAVE é um dispositivo que faz uso de múltiplos projetores para criar um ambiente de visualização a partir de projeções sincronizadas. Já os HMDs são dispositivos que, em grande maioria, fazem uso de projeção de imagens em duas telas posicionadas em frente aos olhos do usuário e utilizam da estereoscopia para criar a sensação de tridimensionalidade das imagens exibidas nestas telas. (Anthes et al., 2016).

Tanto as CAVEs quanto os HMDs apresentam níveis de imersão elevados, porém, entre outros aspectos, a principal diferença no uso e integração das tecnologias está diretamente relacionada ao custo do *hardware*, à facilidade de instalação do mesmo e ao desenvolvimento de aplicações para serem exibidos nestes. As CAVEs demandam um grande espaço físico, calibração apurada e equipamentos de alto custo (HAVIG; MCINTIRE; GEISELMAN, 2011). Estes detalhes fazem com que, apesar de imersiva, esta tecnologia seja pouco prática e usual na uti-

Figura 3: A - Virtual Environment Display System (1987). B - Virtual Interface Environment Workstation. V.I.E.W. (1988) C - Virtual Boy da Nintendo (1995).



Fonte: A: (FISHER et al., 1987), B: (FISHER et al., 1988) C: (WIRE, 1994 (accessed Mar 20, 2020))

lização por usuários que queiram experienciar interações em realidade virtual. Os HMDs, por outro lado, são dispositivos de custo consideravelmente inferior em relação a CAVEs, utilização simplificada, disponíveis no mercado convencional e com qualidade imagética que proporciona experiências de alta fidelidade visual e posicional.

Por este motivo, hoje o uso de HMDs é a forma mais fácil de se experienciar RV, seja pela facilidade de acesso ao hardware, quanto pela grande quantidade de aplicações acessíveis a partir de lojas virtuais. Este trabalho fará uso dos HMDs como hardware no qual o sistema será projetado para utilização.

2.1.2 Evolução Tecnológica dos HMDs

A evolução tecnológica dos HMDs começou com o dispositivo apresentado no artigo, 'A Head-Mounted Three Dimensional Display', publicado por Ivan E. Sutherland em 1968 (SUTHERLAND, 1968). De lá pra cá, os dispositivos passaram por uma série de mudanças e adaptações para tentar trazer um sistema imersivo de realidade virtual acessível e funcional, como pode ser observado na Figura 3 (FISHER et al., 1987) (FISHER et al., 1988) (WIRE, 1994 (accessed Mar 20, 2020)) (BOYER, 2009).

Apesar do alto potencial de uso, a RV até esta época apresentava limitações técnicas que, ou estavam relacionadas ao alto custo, ou eram afetadas pela qualidade visual. O Virtual Boy, da Nintendo, foi um dos primeiros dispositivos a ser lançado nos anos 90 com a potencialidade de chegar à um grande número de usuários, visto que sistemas anteriores, como o *Virtual Interface Environment Workstation*, tratavam-se de pesquisas tecnocientíficas de investimento elevado e necessidade de grande poder computacional, inacessível ao público na sua época de criação. Portanto, quando a Nintendo apresenta um produto comercial de interação em RV, o que antes era teórico e inacessível, passa a poder ser experienciada por usuários comuns.

O Virtual Boy (Figura 3 - B) é um console para entretenimento que consiste em um HMD com tela monocromática que roda jogos digitais interativos manipulados por joysticks. Entretanto, a falta de poder de processamento e a limitação na exibição de apenas duas cores (preto

Figura 4: Mario Tennis desenvolvido para o console Virtual Boy.



Fonte: Frame do jogo Mario Tennis VR.

e vermelho), fizeram com que o console fosse descontinuado apenas um ano após sua criação, devido sua baixa aceitabilidade do público (FLANAGAN, 2018 (accessed Mar 20, 2020)).

Porém, em 2012 surge no mercado um HMD de baixo custo e qualidade visual aceitável, o Oculus Rift DK1. Este dispositivo abriu um leque de possibilidades para desenvolvedores ao redor do mundo, mudando o cenário de pesquisa e desenvolvimento em realidade virtual (DESAI et al., 2014).

Criado a partir de um processo de *crowdfunding*⁵ via *Kickstarter*⁶, a empresa OCULUS VR obteve financiamento para o desenvolvimento e distribuição do seu HMD de forma comercial. A partir daí, outras empresas desenvolveram e começaram a comercializar HMDs, partindo da demanda de usuários por hardwares que oferecessem acesso a ambientes virtuais. Em 2016, a empresa Facebook⁷ comprou a OCULUS VR. Esta compra, junto do aumento de usuários interessados em adquirir estes dispositivos, mudou o mercado de Realidade Virtual, fazendo com que diversas outras empresas investissem na tecnologia, como a Microsoft (CUERVO; CHINTALAPUDI; KOTARU, 2018) e a Samsung (NEWSROOM, 2018 (accessed Mar 15, 2020)). Neste sentido, entre 2016 e 2020, dezenas de novos HMDs surgiram no mercado, cada qual com suas nuances quanto à capacidade de processamento, estética, preço, etc, alguns destes apresentados na Figura 5.

2.1.3 Realidade Virtual na Prática

A Realidade Virtual é aplicada em diferentes segmentos. Entre estes podem ser citadas empresas de aeronáutica como a Boeing, que investem em pesquisa de ponta para a criação

⁵Forma de investimento onde diversas pessoas podem depositar pequenas quantias de dinheiro em um negócio para proporcionar o desenvolvimento da ideia apresentada.

⁶<https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game>

⁷facebook.com

Figura 5: HMDs da nova geração. Oculus Rift DK1 (2012), Oculus Rift S (2018), Samsung Odyssey (2018).



Fonte: Autor

Figura 6: Simulador de um Boeing 787 desenvolvido em parceria com a NASA.



Fonte: (ALLEN, 2017 (accessed May 29, 2020))

de simuladores de suas aeronaves. Esses simuladores são utilizados para o treinamento de pilotos, dinâmica de tripulação, operações em cenários de risco e até mesmo na reconstrução de cenários para avaliação de acidentes (ORLADY et al., 1988). Estes são constituídos da recriação fidedigna do espaço físico da aeronave, além de um sistema de visualização que permita a projeção de imagens com o intuito de colocar o usuário em um ambiente imersivo e que se aproxime ao máximo da situação real com a qual precisa interagir (Figura 6).

A medicina é outra área que aplica a realidade virtual para tratamentos e simulações. A Universidade de Stanford possui grupos de pesquisa especializado em simulações para procedimentos médicos⁸. Entre outras atividades, a RV é utilizada no treinamento médico, criando cenários que simulam ambientes específicos para que estes profissionais possam praticar a medicina antes de aplicá-la na vida real (MORRIS et al., 2004), (LEMOLE G. MICHAEL et al., 2007). Na psicologia, seu uso é aplicado no tratamento de medos e fobias, onde a sensação de presença, oferecida pela imersão em Realidade Virtual, permite que médicos analisem e exponham, de forma controlada, pacientes em cenários nos quais eles possam lidar com seus medos

⁸https://web.stanford.edu/group/salisbury_r.obotx/cgi-bin/salisbury1ab/?page_id=205

Figura 7: Aplicações de uso em Realidade Virtual. A - Monalisa Beyond the Glass, B - Tilt Brush by Google, C - Google Earth VR.



Fonte: Frames retirados do website <https://store.steampowered.com>

de forma gradativa (COSTA et al., 2018), (KAHLON; LINDNER; NORDGREEN, 2019).

Além destas, destaca-se a indústria do entretenimento, que teve um papel essencial no investimento para que a tecnologia de Realidade Virtual se tornasse acessível ao público. Como foi apresentando na sessão anterior, a empresa Oculus VR criou o primeiro dispositivo de realidade virtual moderno a ficar conhecido mundialmente e que permitiu o desenvolvimento de aplicações capazes de funcionar em computadores pessoais. Desde então, uma série de aplicações foram desenvolvidas com o foco no entretenimento pessoal. Hoje o mercado conta com centenas de softwares de RV disponíveis em lojas digitais como a Steam Store ⁹, a Oculus Store ¹⁰ e a Microsoft ¹¹.

Estas lojas, além de contar com jogos digitais em realidade virtual, também comercializam títulos com foco em Arte, Educação e Ciência, como por exemplo a experiência Monalisa Beyond the Glass ¹² (Figura 7 - A), na qual o usuário pode visitar as obras de arte do artista Leonardo da Vinci. No mesmo cenário, temos a aplicação Tilt Brush da Google ¹³ (Figura 7 - B) em que é possível interagir com o ambiente 3D, criando pinturas tridimensionais e o Google Earth VR ¹⁴ (Figura 7 - C), onde o usuário pode explorar o mundo a partir de uma perspectiva imersiva.

2.2 Interação e uso dos Sentidos em RV

Interação é definida como a comunicação existente entre um usuário e uma aplicação a partir de *inputs* (teclado, mouse, controle) e *outputs* (texto em tela, áudio, mudanças no ambiente). Já a interface é a camada de interação que permeia a aplicação e na qual o usuário interage. Em softwares de computador e mobile, a interface se dá pelos menus, botões, painéis de configuração, etc. Em RV, a priori, o próprio ambiente com o qual o usuário pode interagir é sua interface (JERALD, 2015b). As interações e interfaces portanto, são trabalhadas para guiar o usuário a

⁹store.steampowered.com/

¹⁰https://www.oculus.com/experiences/rift/?locale=pt_BR

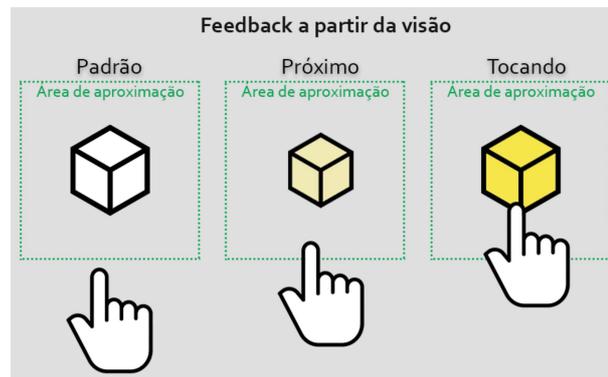
¹¹<https://www.microsoft.com/en-us/store/collections/mr-playgamesall>

¹²<https://store.steampowered.com/app/1172310/MonaLisaBeyondTheGlass/>

¹³<https://www.tiltbrush.com/>

¹⁴<https://arvr.google.com/earth/>

Figura 8: Exemplo de interação com *feedback* a partir da visão



Fonte: autor

partir da UX (*User Experience* - do português, Experiência do Usuário) (ALBEN, 1996), e da UI (*User Interface* - em português, Interface Gráfica) (BOWMAN et al., 2001).

2.2.1 O uso dos sentidos na interação

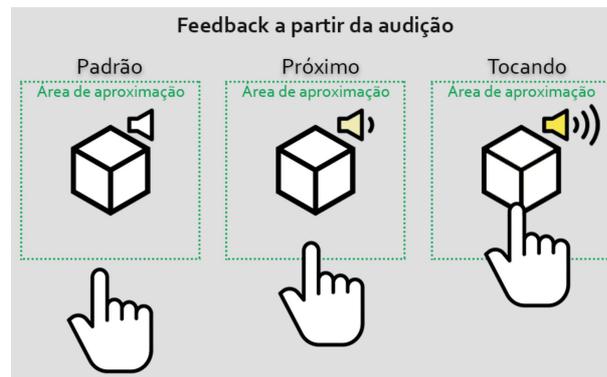
Ao desenvolver aplicações para realidade virtual é importante que o ambiente seja utilizado em sua completude para proporcionar a imersão do usuário no mundo com o qual ele interagirá. A visão é o sentido dominante e presente em praticamente todas as aplicações em realidade virtual, capturando as informações que são exibidas (sejam em telas de uma CAVE, ou em *displays* posicionados em frente aos olhos nos HMDs). Porém, não é só da visão que o usuário faz uso para se integrar a experiência com a qual interage. Se o sistema no qual ele estiver inserido não fizer uso da audição, sons externos podem diminuir a imersão, assim como sem o uso de *feedback* tátil, a interação com elementos virtuais pode carecer de senso de presença (NORDAHL et al., 2010), (Nordahl; Turchet; Serafin, 2011). Por este motivo, os sentidos de visão, audição e tato devem ser combinados quando busca-se uma imersão que amplifique o senso de presença do usuário ao ambiente com qual interage em RV (os sentidos de paladar e olfato ainda não são compreendidos nos *hardwares* comerciais existentes e portanto, não são considerados neste momento como possibilidade de uso para aumento de imersão desta pesquisa). Abaixo é possível compreender um pouco sobre o uso e aplicabilidade destes sentidos nas interações em RV.

- Visão

Responsável por 'ver' o mundo virtual, a visão compreende o sensor humano responsável por enviar para o cérebro a informação de cores, formas e disposição de elementos em tela. Um objeto pode ser modificado conforme a interação do usuário com o mesmo. Sendo assim, a manipulação de escala, posição e cor pode informar ao usuário diferentes estados destes elementos (Figura 8).

- Audição

Figura 9: Exemplo de interação com *feedback* a partir da audição



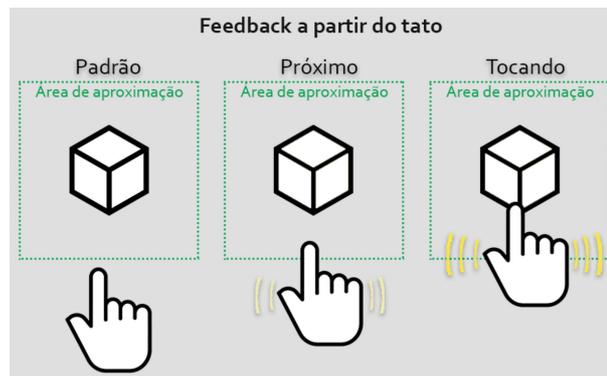
Fonte: autor

Pode ser utilizada para localizar o usuário dentro do espaço. A espacialização sonora pode ser obtida com áudios 3D que caracterizam-se por ser áudios localizados dentro do espaço tridimensional e são executados levando em consideração a distância entre o áudio e o observador (usuário) (BRINKMAN; HOEKSTRA; VANEGMOND, 2015). Como o campo de visão do usuário não limita suas interações, ele pode interagir com elementos sem estes estarem sendo diretamente visualizados. Para que tais ações não passem despercebidas, o uso de áudios pode auxiliar no *feedback* destas interações, executando um som que represente a aproximação do usuário com objetos interativos (Figura 9). Além disso, com o uso de áudios, também é possível auxiliar na ambientação do espaço e no processo de imersão com o uso de sons diegéticos (sons que são percebidos dentro do ambiente no qual são executados) que amenizem sons do mundo externo (mundo real).

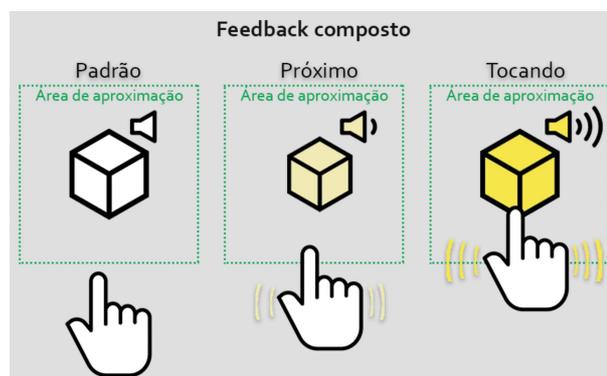
- Tato

O tato, por sua vez, tem o papel crucial de localizar o usuário quanto aos objetos interativos aos quais ele tem acesso, o *feedback* háptico simula o toque em superfícies. Em celulares sensíveis ao toque (telas *touch*), o uso de *feedback* háptico pode ser percebido ao utilizar um teclado virtual, cada toque em uma tecla gera uma leve vibração que serve como estímulo tátil, reforçando assim (além do *feedback* visual da tecla mudando de cor) que uma ação foi executada pelo usuário. Em realidade virtual esta mesma função pode ser utilizada, servindo de reforço informativo de uma interação (Figura 10) (WIEBE et al., 2009).

Portanto, a combinação dos diferentes sentidos pode ser aplicada para fortalecer as ações executadas em realidade virtual (Figura 11), podendo refletir em maior imersão e senso de presença. Ao combinar os diferentes tipos de *feedbacks*, o usuário tem a capacidade de compreender a interação realizada mesmo que esta aconteça fora de seu campo de visão.

Figura 10: Exemplo de interação com *feedback* a partir do tato

Fonte: autor

Figura 11: Exemplo de interação com *feedback* composto

Fonte: autor

2.3 Diegética

O Termo "*Diegésis*" possui duas interpretações distintas, uma vinda da Grécia antiga para definir diferentes formas de se contar uma história (CASTELVECCHI, 2020), e outra, que foi adaptada pelos franceses nos anos 1950 e a resignificou, mudando seu sentido para identificar o mundo no qual uma história está inserida (BARNARD; RICOEUR; GUNNING, 2009).

A interpretação do termo original, do grego, faz parte da definição de como uma história pode ser contada. Se o narrador apresenta a narrativa em terceira pessoa, com tempo verbal no passado e num discurso indireto, definia-se que esta narrativa fazia uso da *diegésis*. Neste sentido, a *diegésis* vinda da Grécia define uma narrativa que é apresentada sem a apropriação do narrador à história contada, ele tem o papel de relatar sem inserir-se no acontecimento. O contraponto a esta forma de narrativa é a memética, que é quando o narrador faz uso da fala em primeira pessoa, muitas vezes reproduzindo-a em tempo real como que se fazendo parte do acontecimento (CASTELVECCHI, 2020).

Stefano Castelvechi, no artigo *Words and Concepts. Journal of the American Musicological Society* de 2020 (CASTELVECCHI, 2020), define a forma do surgimento do termo *diegésis* pelos franceses da seguinte maneira:

O termo "diegese - ou melhor, do Francês "diégèse- começou a ser usado em estudos de cinema por volta de 1950, para indicar o mundo em que a história representada em um filme ocorre. Muitos relatos atribuem esse uso do termo a Étienne Souriau, no entanto, afirma-se mais de uma vez que o termo havia surgido através do trabalho coletivo de um grupo de estudiosos franceses do cinema - ou filmólogos, como eles gostavam de se chamar. O grupo se reunia desde o final dos anos 40, em torno de Souriau e Gilbert Cohen-Séat, e em 1950 a Sorbonne concedeu reconhecimento oficial ao estabelecer formalmente seu Institut de Filmologie. Anne Souriau - filha de Étienne e membro do grupo - reivindicou para si mesma a cunhagem de moedas. o termo "diégèse", como veremos"(CASTELVECCHI, 2020).¹⁵.

A apropriação da palavra diegética pelos franceses acaba sendo muito diferente do termo original oriundo da Grécia Antiga, enquanto que o termo original referia-se a apresentar uma narrativa no tempo da história, o termo moderno apresenta a narrativa no espaço da história (os acontecimentos no universo da narrativa). Este trabalho utilizará a definição moderna do termo, onde o objetivo de uso estará relacionado ao espaço do mundo virtual e sua percepção.

¹⁵"The term "diegesis"—or better, the French "diégèse"—began to be used in film studies around 1950, to indicate the world in which the story represented in a film takes place. Many accounts attribute this use of the term to the scholar Étienne Souriau. Souriau, however, stated more than once that the term had emerged through the collective work of a group of French scholars of cinema—or filmologues, as they liked to call themselves.³⁹ The group had been meeting since the late 1940s around Souriau and Gilbert Cohen-Séat, and by 1950 the Sorbonne awarded it official acknowledgment by formally establishing its Institut de Filmologie. Anne Souriau—daughter of Étienne and a member of the group—has in more recent years claimed for herself the coinage of the term "diégèse," as we will see."

Figura 12: Personagem tocando violão. Tanto o mundo fílmico na qual ela está inserida, quanto o espectador, podem escutar a mesma música.



Fonte: Frame do filme 'A Noviça Rebelde', 1965.

2.3.1 Diegética Fílmica

No cinema, a diegética (ou diegética fílmica) representa o mundo fílmico (diegése francesa). As ações oriundas do universo no qual os personagens existem pertencem a eles próprios e criam uma conexão com o espectador que os observa. A forma mais fácil de perceber a diegética fílmica é no som. Efeitos sonoros são diegéticos por essência, onde o ranger de uma porta, o vento uivando e os sons de sirenes, são alguns dos exemplos de efeitos sonoros que servem para amplificar a imersão do espectador com a cena que assiste. Efeitos sonoros deste tipo não necessariamente aconteceram quando o filme foi gravado, mas foram inseridos posteriormente como que se fizessem parte do acontecimento. Estes sons além de servirem como complemento da cena (TAN; SPACKMAN; WAKEFIELD, 2017) (MANOLAS; PAULETTO, 2009), fazem parte do mundo no qual o personagem vive, são importantes para contextualizar a narrativa que ele está inserido, portanto diegéticos (Figura 12).

Uma informação não diegética, é aquela que não faz parte do universo vivido no filme. Legendas, textos de créditos, músicas de *background*, são alguns exemplos de elementos não diegéticos em filmes.

2.3.2 Diegética nos Jogos Digitais

Os jogos digitais são um tipo de mídia que apresenta uma nova camada de interação do usuário com o conteúdo, enquanto que no cinema o usuário é um espectador e não tem controle sobre a história que observa, nos jogos digitais ele assume o papel de protagonista, agindo, escolhendo e direcionando a história como personagem do universo do jogo. O jogador é parte

do ambiente e os elementos ao seu redor são parte do universo que ele se encontra. O uso (ou não) da diegética se faz presente na construção dos objetos que compõem o jogo. Os elementos não diegéticos mais comuns em jogos digitais são encontrados na UI. Esta interface está presente em menus, painéis informativos, contadores de vida, etc. Utilizar-se da diegética para integrar informações que comumente são expostas de forma não diegética podem ampliar a imersão do jogador (IACOVIDES et al., 2015), assim como aumentar a velocidade com que o mesmo desconecta-se do mundo real que está a sua volta e imergir na experiência do jogo digital.

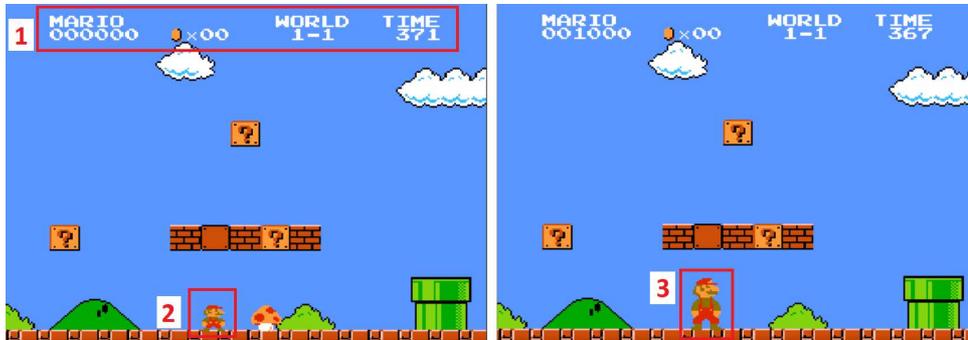
Utilizando o jogo Super Mário Bros, criado pela empresa Nintendo em 1983, é possível exemplificar a forma como o uso da diegética e da não-diegética nos elementos do jogo são utilizados para auxiliar na narrativa. Na caixa de número 1 da figura 13, uma série de informações é exposta para o jogador de forma não diegética. Os dados que constam naquela parte da tela são informativos e trazem o *status* atual do progresso do jogador dentro do universo com o qual ele está interagindo. É possível visualizar numericamente a quantidade de pontos que o jogador possui, quantas moedas foram coletadas, a fase atual em que ele se encontra e o tempo restante para completar determinada etapa. Além disso, existe uma informação em tela que dá conta da quantidade de vida que o personagem possui, sem a necessidade de mostrá-la numericamente, portanto esta informação está diegeticamente inserida no mundo, uma vez que faz parte do espaço em que o personagem se encontra. Nas caixas 2 e 3 da figura 13, respectivamente, é possível saber a quantidade de vida que o personagem possui apenas analisando o tamanho dele. Quando o personagem está no tamanho da caixa 2, ao sofrer um dano morre instantaneamente. Porém ao consumir um cogumelo, seu tamanho é amplificado (conforme visto na caixa 3 da figura 13) e neste estado, caso o personagem sofra um dano, ao invés de morrer instantaneamente, ele reduz de tamanho (caixa 2 da figura 13). Ao invés de exibir um valor numérico em tela que compreenda a quantidade de vida do personagem de forma não-diegética, esta informação foi inserida na narrativa modificando o tamanho do personagem. Desta forma o jogador sabe de forma interativa qual o seu estado atual (a quantidade de vida disponível) apenas olhando para seu personagem, um exemplo de uso da diegética aplicado aos jogos.

A aplicação da diegética pode ser utilizada para aumentar a imersão do usuário, porém ela precisa ser feita de forma a manter consistência e clareza (como visto no exemplo supracitado). A aplicabilidade da diegética necessita de planejamento para que ela seja auto-contida, o usuário precisa saber que o elemento com o qual ele está interagindo traz uma informação da narrativa com a qual ele interage, caso contrário, esta informação pode se perder, atrapalhando na imersão e compreensão do usuário em relação ao jogo.

2.3.3 Diegética na Realidade Virtual

O uso de realidade virtual tende a ser um processo que busca a imersão do usuário, posicionando-o em um mundo virtual no qual ele interaja com o espaço, abstraindo o ambiente real. A priori,

Figura 13: 1 - Interface gráfica com informações não-diegéticas referentes a pontuação, moedas coletadas, fase atual e tempo restante para completar a fase. 2 - Imagem do personagem pequeno, representando ele com uma unidade de vida. 3 - Imagem do personagem maior, representando ele com duas unidades de vida, ampliado após tocar em um cogumelo.



Fonte: Jogo "Super Mário Bros.- 1983, Nintendo.

o ambiente virtual no qual um usuário se encontra é diegético por essência. Considerando-se que o usuário tem o seu ponto de vista em primeira pessoa, ele está literalmente dentro da cena na qual irá interagir tornando-o parte do cenário (ÇAMCI, 2019). Entretanto as interações não necessariamente são puramente diegéticas. Menus, botões, painéis, entre outros, são elementos que estão expostos no campo de visão do usuário sem fazer obrigatoriamente parte da cena na qual ele está interagindo (Figura 14) (SALOMONI et al., 2016).

Por este motivo, implementar interações diegéticas neste processo pode auxiliar na obtenção de experiências com maior imersividade ao reduzir o número de interfaces gráficas que não pertençam diretamente ao ambiente no qual o usuário se encontra. Similar a concepção relativa ao design de jogos, o desenvolvimento de aplicações em Realidade Virtual, ao fazer uso da diegética, pode otimizar a quantidade de informações que o usuário precise processar visualmente, adicionando-as aos elementos interativos. Estes elementos então podem ser acessados de forma natural, ao invés de haver a necessidade de um elemento fixo em tela que não esteja integrado ao ambiente interativo, como pode ser visualizado no comparativo da Figura 15.

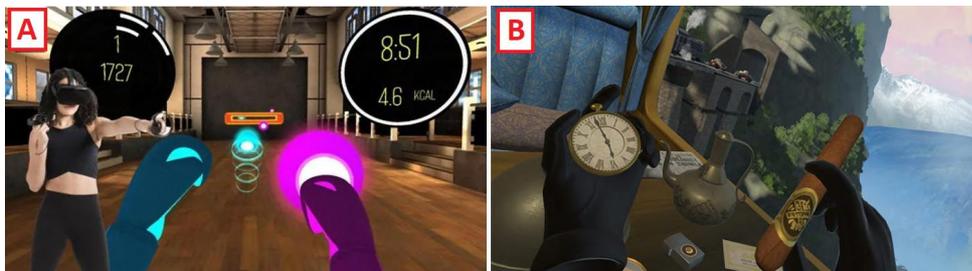
Este princípio entretanto, deve ser aplicado de forma controlada. O design do ambiente, interações e elementos visuais, precisam levar em conta fatores ergonômicos, estéticos e contextuais, ou seja, as interações que um usuário terá acesso em RV precisam ser facilmente acessadas, confortáveis, compreensíveis e integradas ao ambiente. O uso exacerbado de elementos diegéticos pode gerar um efeito contrário ao de imersão e compreensão do espaço. Isto acontece quando o usuário não sabe que existem elementos com os quais ele pode interagir. Por exemplo, se uma aplicação fizer uso de um relógio de bolso para informar as horas (como a imagem B da figura 15) e não informar de alguma forma o usuário, ele nunca verá as horas e esta informação estará inacessível. O mesmo pode ocorrer para quaisquer elementos diegéticos que não sejam de conhecimento do usuário, desta forma, mesmo que tais elementos estejam livres de UIs, eles precisam ser autoexplicativos, ou pelo menos, apresentados de forma clara e objetiva.

Figura 14: Menu interativo não diegético da Aplicação MOSIS V2.



Fonte: Frame da aplicação MOSIS V2. (Rossa et al., 2019a).

Figura 15: Diferentes formas de se mostrar as horas em uma experiência em Realidade Virtual. A - Horas exibidas em uma UI [não-diegética]. B - Horas exibidas de forma diegética em um relógio de bolso.



Fonte: A - frame do jogo "BoxVR". B - frame do jogo "I Expect yo to Die".

2.4 Suite Mosis

O Vizlab | X-Reality and GeoInformatics Lab é um laboratório de pesquisa em X-Reality (Realidades mistas) e geoinformática que trabalha com uma equipe interdisciplinar no desenvolvimento de soluções tecnocientíficas. O trabalho principal desenvolvido pelo laboratório atualmente está relacionado com a indústria de óleo e gás, a partir de projetos de participação com a PETROBRAS. Estes projetos tem como objetivo auxiliar geólogos e engenheiros na captura, armazenamento e análise de dados associados à geologia do petróleo. Hoje, dois projetos de pesquisa permeiam o desenvolvimento do laboratório, sendo estes o VISCARB, sob o código da ANP 4600556376 e coordenação do professor Luiz Gonzaga Jr. e o VISORG, sob o código da ANP 4600583791 e coordenação do professor Maurício Roberto Veronez.

Majoritariamente o laboratório vem trabalhando na suíte de softwares Mosis (Figura 16). Este mestrado compreende o desenvolvimento de um dos softwares desta suíte, intitulado Mosis LAB.

Esse mestrado irá apresentar o processo de concepção, desenvolvimento e validação de usabilidade de um dos softwares da suite, o Mosis LAB.

De forma geral, o objetivo deste pacote de softwares é oferecer uma plataforma de gerenciamento, análise e consulta de dados em um formato descentralizado e que se comunique com o usuário final a partir de uma interface clara e objetiva. As soluções de cada sistema foram criadas para atender diferentes demandas, que vão desde o armazenamento e gerenciamento de dados, até a interpretação, análise e interação dos mesmos, com o uso de tecnologias WEB, *Desktop*, *Mobile* e de Realidade Virtual Imersiva.

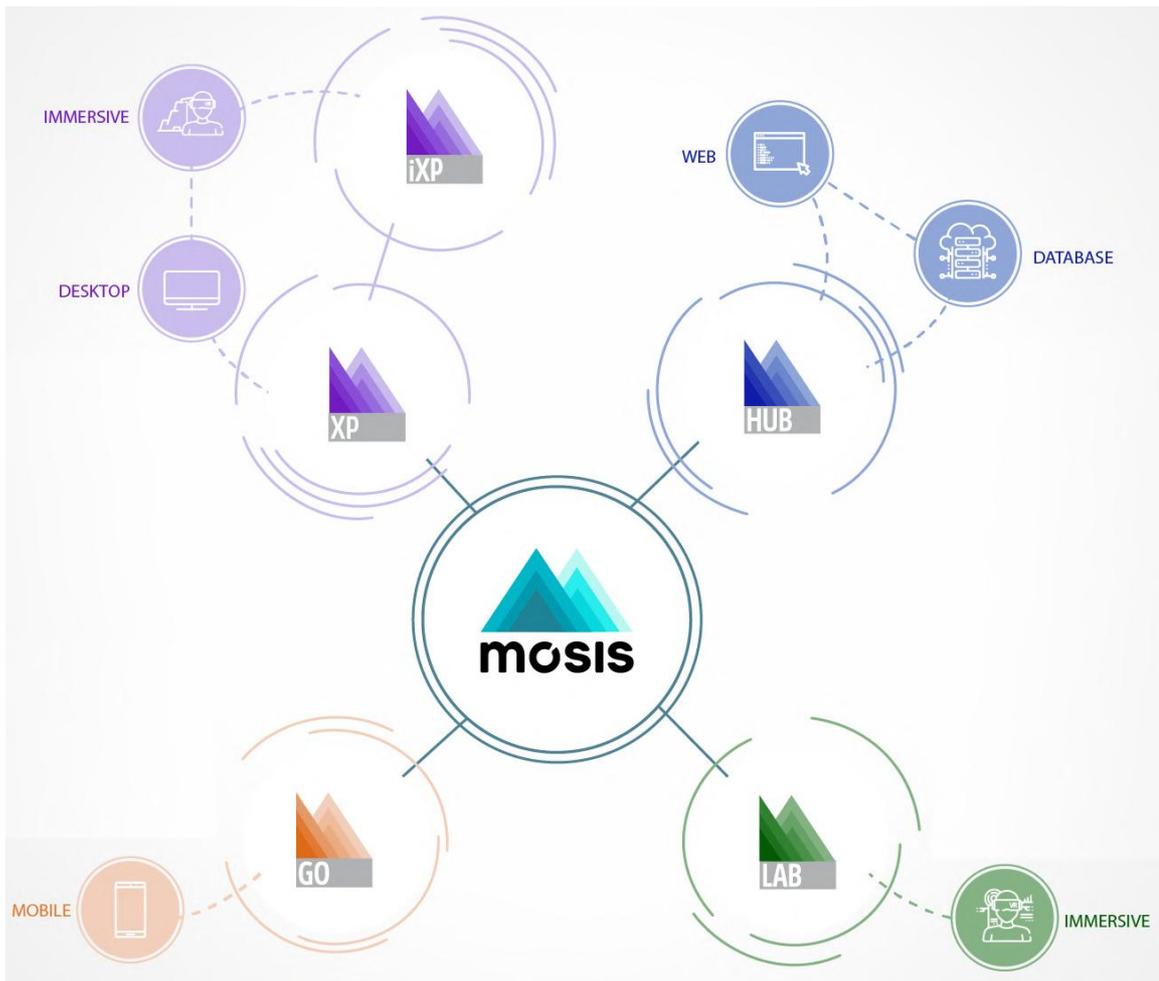
Visando uma compreensão geral da Suite Mosis, a seguir serão apresentados resumidamente cada software/aplicação pertencente a mesma.

- Mosis HUB

O software Mosis HUB é o alicerce da suíte Mosis, tendo como responsabilidade o gerenciamento de arquivos em uma base dados na nuvem. Todas as ações são realizadas a partir de uma plataforma WEB, na qual usuários cadastram e recuperam dados, realizam buscas e organizam informações. De uma forma geral, ele funciona como um ATLAS digital interativo estruturado para suprir as necessidades de armazenamento de dados de projetos de pesquisa, além de servir como repositório de informações geológicas. Todos os dados que são inseridos nesta base de dados passam por etapas em seu cadastro que garantem a qualidade das informações carregadas. A conexão do Mosis HUB com os demais sistemas se dá a partir da geração de pacotes de dados compactados, sendo que atualmente é possível realizar a exportação de pacotes deste software diretamente para o Mosis XP / iXP, além de futuramente exportar automaticamente pacotes para o Mosis LAB.

- Mosis XP e Mosis iXP

Figura 16: Suite MOSIS



Fonte: Vizlab

A distinção entre o Mosis XP e o Mosis iXP está no sistema de visualização: enquanto o primeiro é projetado para uso em Desktop, o segundo é para uso em Realidade Virtual (sendo esse o motivo do "i" presente no acrônimo, sugerindo o termo "immersive"). Os dois sistemas são responsáveis por interpretar dados geológicos. Neste sentido, diversas ferramentas foram desenvolvidas pelo laboratório e incorporadas nestes softwares para atender as demandas dos profissionais/geocientistas/geólogos que lidam com este tipo de dados, entre elas, cálculos de planos via PCA, medição de distâncias, geração de colunas estratigráficas, entre outras. Partindo do fato da fonte de dados que o XP/ iXP acessa ser provenientes de uma base confiável (Mosis HUB), as informações visualizadas possuem uma garantia de qualidade, dado que passaram por um processo criterioso de cadastro oferecido pela suíte. Tanto o visualizador Desktop quanto em RV passaram por um controle de testes e validações realizados por uma equipe interdisciplinar.

- Mosis GO

Os dados inseridos no Mosis HUB são capturados por pesquisadores em saídas de campo. Estas saídas de campo ocorrem com grupos interdisciplinares (geólogos, cartógrafos, engenheiros, etc) e têm como objetivo realizar coleta de informações que vão desde fotografias para reconstrução fotogramétrica de afloramentos, até coleta de amostras para futuras análises laboratoriais. Considerando que o posicionamento dos dados coletados em campo é crucial para os pesquisadores envolvidos nestas atividades, está sendo desenvolvida uma aplicação *mobile* que tem como principal objetivo servir como caderneta digital de campo. Nela, o usuário poderá realizar anotações, gravar notas de áudio e tirar fotografias, informações que estarão geolocalizadas e disponíveis futuramente no Mosis HUB. Este sistema também trabalhará com o uso de Realidade Aumentada para propiciar experiências imersivas em campo.

- Mosis LAB

O Mosis LAB é um laboratório virtual imersivo desenvolvido para proporcionar ao usuário uma nova forma de interagir com informações de diferentes formatos e escalas. Com uma série de visualizadores de arquivos e uma arquitetura robusta, oferece interações que fazem uso de princípios de interfaces em realidade virtual que favoreçam o conforto e facilidade de uso de suas ferramentas.

3 CONTRIBUIÇÕES EM REALIDADE VIRTUAL

Dentro do contexto apresentado, o foco deste mestrado permeou as áreas de pesquisa e desenvolvimento relacionadas a Realidade Virtual. Após a leitura e aperfeiçoamento do estado da arte em relação às possibilidades de dispositivos, tipos de uso para RV e as formas de interação em ambientes virtuais, combinados com a prototipação de diferentes aplicações. Além disso é de crucial importância o desenvolvimento de uma arquitetura de *software* sólida o suficiente para que possa ser expandida e o trabalho continuado após a conclusão deste mestrado. Desta forma, nos tópicos a seguir serão apresentadas as etapas de desenvolvimento realizadas durante a pesquisa.

3.1 Protótipos de interface e interação em RV para o MOSIS(2017)

Antes da criação da suíte Mosis, seção 2.4, o Vizlab já possuía um sistema de visualização de dados em Realidade Virtual de mesmo nome da suíte. O MOSIS (2017), contava com a função de levar geocientistas para o campo, oferecendo um ferramental de interpretação geológica no qual pudessem interagir com modelos virtuais de afloramentos de forma segura e eficaz (Gonzaga et al., 2017). As primeiras pesquisas de interação em realidade virtual, assim como prototipação de interfaces gráficas em espaços tridimensionais, foram realizadas dentro do MOSIS (2017). Tais aprimoramentos foram implementados e testados, culminando em uma publicação no 2019 IEEE Virtual Reality Conference (IEEE VR 2019)(Qualis: B1, H5-index: 23) (Rossa et al., 2019b).

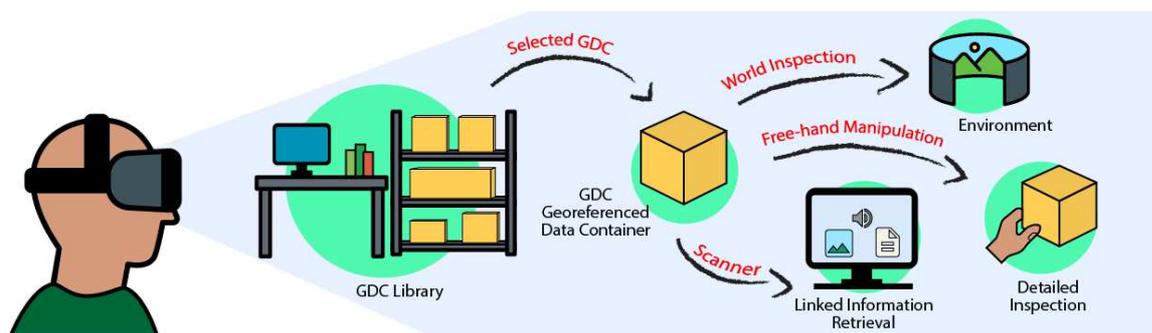
No mesmo período da pesquisa, com o intuito de comprovar a eficácia das interfaces desenvolvidas, o MOSIS foi exibido no 49º Congresso Brasileiro de Geologia, onde foi possível apresentar o sistema para estudantes, professores e profissionais da área de geociências. No evento, os participantes puderam fazer uso do sistema em realidade virtual e avaliar a sua facilidade de uso e utilidade para a comunidade.

Um total de 122 pessoas utilizaram o MOSIS durante o evento e responderam a um questionário no qual puderam avaliar a usabilidade do sistema, a partir das métricas SUS¹ (PERES; PHAM; PHILLIPS, 2013). Os resultados deste formulário, assim como as melhorias implementadas foram apresentadas no 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2019) (Qualis: B2, H5-index: 28) (Rossa et al., 2019a). Nesta publicação, apresentou-se para a comunidade científica as contribuições alcançadas a partir das pesquisas teóricas no desenvolvimento de interações em realidade virtual, descrevendo as mudanças no MOSIS(2017) da seguinte maneira:

"...a set of modifications and enhancements took place in order to provide a

¹Método de avaliação do nível de usabilidade de um sistema a partir de um questionário composto por dez perguntas.

Figura 17: Fluxo de uso do VROffice.



Fonte: VizLab

better user experience for geoscientists academics and professionals interested in VOMs visualization in immersive virtual reality. The graphic interface was upgraded, based on consolidated VR applications like Google Earth VR and TiltBrush where both, the virtual environment immersion and the user interaction with the geological interpretation tools, were improved."

3.2 VROffice

O VROffice foi o primeiro protótipo da solução Mosis LAB, composto pela visualização de arquivos em um ambiente tridimensional, onde o usuário tem a capacidade de interagir com arquivos de diferentes formatos, os quais podem ser adicionados ao sistema a partir de um Pacote de GDCs (Georeferenced Data Container) (Figura 17), detalhado na seção 3.3.1. A pesquisa envolvida na construção deste primeiro protótipo foi publicada nos anais do congresso ACM SIGSPATIAL 2019 (Qualis: A1, H5-index: 27) (ROSSA et al., 2019), na categoria de demonstrações. A aplicação foi apresentada no SIGSPATIAL em Novembro de 2019, concorrendo com dez outras demonstrações e recebendo a premiação de melhor demonstração do evento. Os autores definem este primeiro protótipo da seguinte maneira:

"The VROffice is a 3D environment that addresses problems related to inspection and visualization of georeferenced data. It does that by introducing the concept of Georeferenced Data Containers(GDC) that are digital objects that compile geolocalized information, a 3D representation of a real object and also allows supplementary information (scientific papers, technical reports, and images) to be retrieved from it."(ROSSA et al., 2019).

Entre o período de aceite do artigo pelo SIGSPATIAL (Maio de 2019) e a sua apresentação (Novembro de 2019) (Figura 18), a aplicação recebeu uma série de melhorias e, por conta de seu potencial uso para interpretação de dados geológicos, foi inserida na Suite Mosis 2.4.

Esta ampliação no escopo do projeto acarretou uma série de modificações, começando pelo nome, que passou de VROffice para Mosis LAB. Além disso a arquitetura foi repensada e sua

Figura 18: Demonstração do VROffice no ACM SIGSPATIAL 2019.



Fonte: Autor

interface gráfica modificada, procurando ampliar a experiência do usuário com o uso do sistema.

3.3 Mosis LAB

O Mosis LAB em sua essência, apresenta a mesma solução que o protótipo supracitado, VROffice, as diferenças entretanto, estão relacionadas a performance, arquitetura, interface gráfica e suporte de arquivos de diferentes formatos, os quais serão apresentados nesta sessão.

3.3.1 GDC - *Georeferenced Data Containers*

O *Georeferenced Data Container* (GDC) propõe uma forma de organização de dados para visualização, que realize a clusterização de informações advindas de uma localização em comum. Dado um ponto geográfico no mundo, é criado um container relacionado a este ponto no qual serão agrupados arquivos que possuam relação com esta localidade. Os arquivos suportados pelo GDC atualmente são: imagens (.png, .jpg, .tif), audios (.mp3 e .wav), vídeos (.mp4), imagens 360° (.png, .jpg, .tif), modelos 3D (.obj), textos (.txt) e PDF (.pdf).

O GDC agrupa diferentes arquivos que podem ser utilizados para a realização de interpretação e correlação de dados por parte do usuário de forma dinâmica. Os arquivos podem ser abertos e visualizados ao mesmo tempo, utilizando-se do espaço tridimensional disponível quando em RV. Desta forma, é possível manipular um modelo 3D e simultaneamente escutar um arquivo de áudio e visualizar imagens e/ou textos, sendo todos estes vindos de um mesmo contexto (localização geográfica).

Quando são criados múltiplos GDCs, estes são agrupados e organizados em um *package*. Um *package* é um centralizador de informações que agrupa, além dos GDCs, dados de criação,

localização, representação visual da região que compõe os GDCs, descrição e autores. Estas informações são armazenadas em um arquivo .zip, que pode ser gerado de forma independente da aplicação, permitindo assim que os GDCs sejam abertos pelo sistema em tempo de execução e criados pelo usuário a partir de arquivos em máquina.

O *package* de GDCs possui um arquivo de informações em formato .json, responsável por descrever os dados de cada GDC, assim como armazenar a localização geográfica das informações, posteriormente lido pela aplicação, exemplificado abaixo.

```
{
  "name": "Sample Package",
  "description": "This is a sample package.",
  "representativeImage": "./folder/file.png",
  "localization": [-3.14, 42.42],
  "mapModel": {
    "boundingBox": [-180, 180, 90, -90],
    "elevationModel": {
      "heightMap": "./folder/heightmap.tiff",
      "colorMap": "./folder/colormap.png"
    },
    "meshModel": {
      "mesh": "./folder/mesh.dxm",
      "textures": [
        "./folder/texture_1.jpg",
        "./folder/texture_2.jpg"
      ],
      "material": "./folder/material.mtl"
    }
  },
  "authors": [
    "Kakaroto",
    "Vegeta",
    "Piccolo"
  ],
  "gdc": [{
    "name": "Simple GDC",
    "description": "Simple GDC to show a video.",
    "localization": [-3.14, 42.42],
    "gdcElements": [{
      "name": "MyVideo",
```

```

    "description": "This is a simple video.",
    "localization": [-3.14, 42.42],
    "type": "Video",
      "attributes":[
        "mp4",
        "./folder/video.mp4",
        "00:00"
      ]
    }]
  ]}
}

```

Este *package* possui uma série de parâmetros a serem preenchidos. As definições são as seguintes:

- **name:** Nome do package;
- **description:** Uma breve descrição do package;
- **localization:** Valores de Latitude e Longitude da posição do package no globo terrestre. Esta informação precisa estar de acordo com o sistema geográfico de coordenadas em graus decimais e referenciado no sistema WGS84;
- **representativeImage:** Uma imagem opcional que represente o package. O formato desta imagem pode ser: .png, .jpg ou .tiff;
 - **mapModel:** Modelo do mapa onde os GDCs foram coletados. Pode ser tanto uma malha tridimensional (*mesh*), quanto um mapa de elevação. É necessário que haja pelo menos um dos dois tipos de arquivos desta estrutura;
 - **boundBox:** Para garantir o posicionamento dos GDCs sobre o modelo 3D é necessário definir as coordenadas de bordas do modelo. O *boundingbox* é responsável por registrar esta informação a partir dos dados de coordenadas Norte, Sul, Leste e Oeste, em graus decimais e sistema WGS84;
 - **elevationModel:** Mapa de elevação composto por uma imagem *heightmap* (mapa de alturas) e uma imagem *colormap* (mapa de cores). É possível utilizar uma imagem geotif, da qual será extraída a banda (camada de informação) de alturas (*heightmap*);
 - * **heightMap:** Heightmap é uma imagem com informações de altura da região do package. Os formatos podem ser .png, .jpeg, .tif, .geotif (formato geotif necessita conter a banda de elevação);

- * **colorMap:** O ColorMap é uma imagem com o exato tamanho e posicionamento do *heightmap* e contém as informações RGB ² responsáveis por colorir a malha 3D gerada a partir do *heightmap*. Caso o *colormap* não seja passado, o sistema irá colorir a malha com um gradiente de cores padrão. Os formatos deste arquivo podem ser .png, .jpg, .tif.
- **meshModel:** Estrutura composta pela mesh 3D, texturas e material que compõe o modelo tridimensional da região do package.
 - * **mesh:** A malha (*mesh*) é uma coleção de vértices, linhas e faces que definem o formato de um objeto. O formato aceito pelo sistema é o .DLM;
 - * **textures:** As texturas (*textures*) são imagens que cobrem a mesh, colorindo o modelo 3D. Os formatos aceitos são .png, .jpg, .tif;
 - * **Material:** O material é um elemento que contém informações relacionadas às propriedades de luz da malha e da textura.
- **authors:** Uma lista composta pelos autores do *package*;
- **gdc:** Uma lista de GDCs com todos os elementos que serão visualizados no Mosis LAB.

A estrutura de dados do GDC é composta pelos parâmetros definidos abaixo, nos quais são compreendidos os elementos para visualização.

- **name:** Nome do GDC;
- **description:** Uma breve descrição do GDC;
- **localization:** Valores de Latitude e Longitude do posicionamento do GDC no globo. Esta informação precisa usar o sistema geográfico de coordenadas em graus decimais e referenciado no sistema WGS84;
- **elements:** Elementos são itens atômicos (dado unitário para visualização) que serão visualizados pelo sistema. Ex.: Uma imagem, um arquivo de áudio ou um modelo 3D;
 - **name:** Nome do elemento;
 - **description:** Uma breve descrição do elemento;
 - **localization:** Valores de Latitude e Longitude do posicionamento do elemento no globo. Esta informação precisa usar o sistema geográfico de coordenadas em graus decimais e referenciado no sistema WGS84. Caso esta informação não seja configurada, ela herdará os valores de localização do GDC;
 - **Type:** Tipo do elemento e atributos:

²RGB refere-se aos canais de cor que uma imagem pode ser composta, onde R (*red*) representa a porção de vermelho, G (*green*) a porção de verde e B (*blue*) a porção de azul.

- * Video
 - format: .mp4*
 - initialPoint: 00:00*

- * Áudio
 - format: .mp3, .wav*
 - initialPoint: 00:00*

- * Image
 - format: .jpg, .png, .tif*

- * Panoramic Image
 - format: .jpg, .png, .tif*

- * Text File
 - format: .txt*

- * PDF
 - format: .PDF*

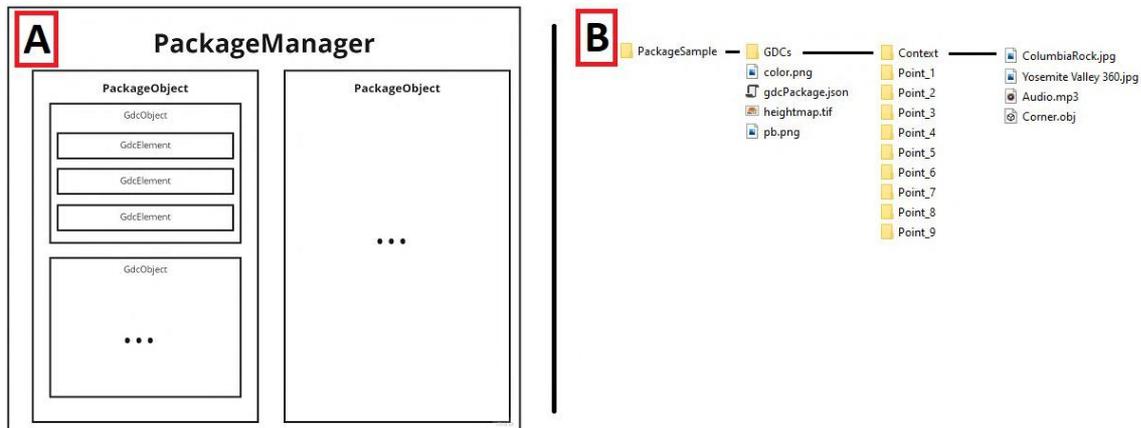
- * 3D Model
 - mesh: .dxd*
 - textures: .jpg, .png, .tif*
 - material: .mtl*
 - scale: 1.0*

De forma a permitir múltiplos *packages*, a arquitetura do sistema imersivo de visualização de dados (atual Mosis LAB) foi composta, desde o princípio, por um *Package Manager* (Figura 19 - A), que realiza a leitura e interpretação dos *packages* (Figura 19 - B). O *Package Manager* é responsável por manipular *packages* de forma dinâmica, ou seja, realizar a interpretação de diversos *packages*, acessando os arquivos em memória, apenas quando solicitado pelo usuário. Isto permite que o Mosis LAB não necessite cargas de dados desnecessárias, uma vez que o acesso aos arquivos é feito em tempo de execução.

3.3.2 Arquitetura MVC (*Model View Controller*)

O Mosis LAB tem como princípio permitir que dados oriundos de quaisquer fontes possam ser encapsulados em um *package* e lidos pelo sistema. Para tal funcionalidade, foi necessária

Figura 19: A - Estrutura simplificada do *Package Manager*, responsável por compreender múltiplos *packages* dentro do sistema. B - Exemplo de *package*.



Fonte: Autor

a criação de uma arquitetura de manipulação de dados que fosse capaz de gerenciar o acesso a arquivos, com leitura dinâmica e em tempo de execução. Desta forma os dados contidos em um *package* precisam ser acessados sempre que necessário pela aplicação, enquanto ela é executada, controlando os dados já carregados e gerenciando a visualização dos mesmos pelo usuário. Para tal, foi desenvolvida uma arquitetura M-VC-C (*Model-ViewController-Controller*) (baseada no *pattern* MVC (GAMMA et al., 1995), (GUPTA; PRAVEEN; GOVIL, 2010)). Um grupo de classes é criado para cada módulo do *pattern*, sendo estas:

- *Model*

As classes *Model* são responsáveis pelo armazenamento dos dados, elas funcionam como um *container* que retém as informações vindas dos *packages*. Nestas classes são feitas as leituras e atualização de dados.

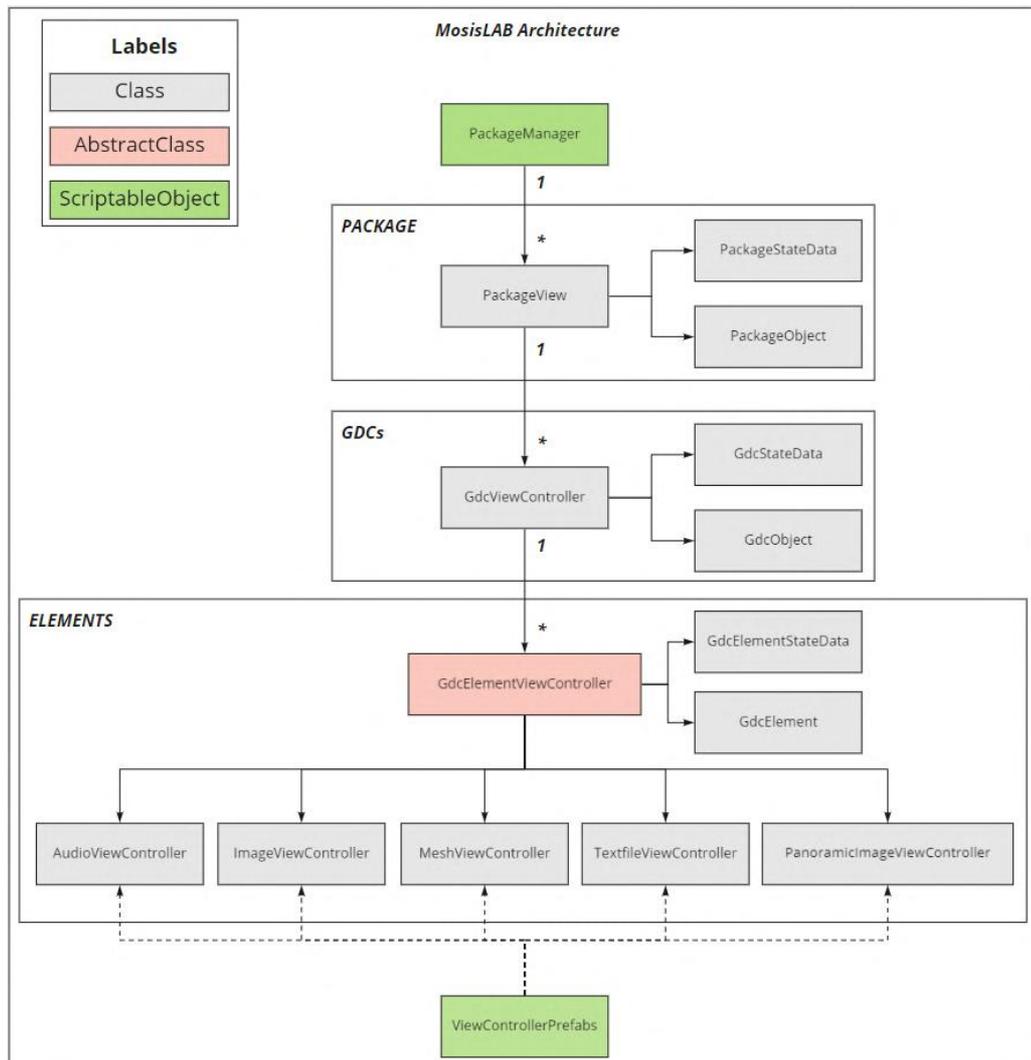
- *ViewController*

As classes *ViewController* tem o papel de gerenciar a interface gráfica, ou seja, o que o usuário consegue visualizar e de que forma isso será realizado. O isolamento dos dados nas classes *Model*, permite que a manipulação das classes de *ViewController* sejam realizadas de forma independente. Desta forma o estilo e a temática da aplicação podem ser modificados sem qualquer alteração no conteúdo dos dados visualizados. Estas classes atuam conforme a interação do usuário com a aplicação. Ao abrir um *package* a parte *View* carrega os elementos visuais enquanto que a *Controller* acessa os dados para popular as informações. Da mesma forma, caso o usuário altere um dado na *View*, o mesmo é atualizado na *Model* a partir da *Controller*.

- *Controller*

Por fim, uma classe *Controller* foi criada para gerenciar os dados de múltiplos *packages* (a classe *PackageManager*) e manipular as informações que são lidas de forma a configurar

Figura 20: Arquitetura geral MVCC para gerenciamento de dados e visualização de *packages*.



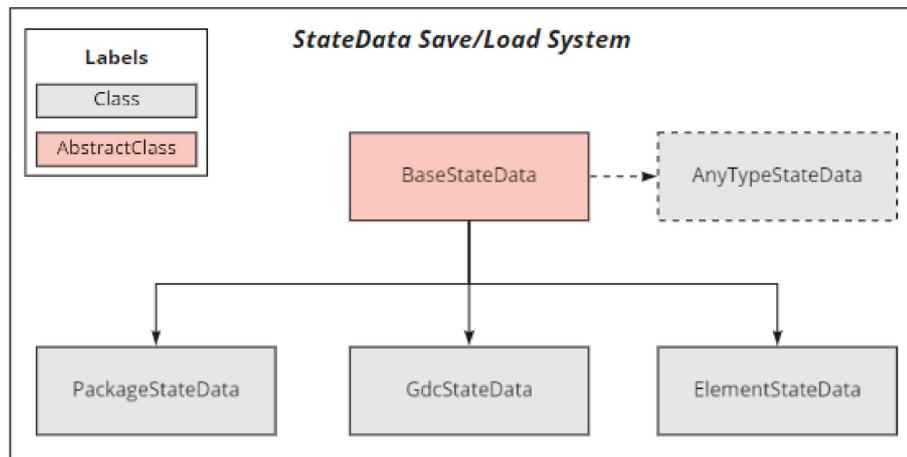
Fonte: Autor

as classes *Model* e permitir que diferentes *packages* sejam visualizados e analisados ao mesmo tempo, isolando as informações de cada *package* nos seus respectivos objetos. Esta classe *Controller* é a camada mais externa da arquitetura e é quem faz a leitura em disco dos *packages*, distribuindo os dados para as respectivas classes *ViewController* e *Model* do sistema.

O uso de um *pattern* MVC (neste caso modificado para M-VC-C) traz benefícios para a arquitetura do sistema, facilitando a sua manutenção e permitindo que o isolamento de camadas auxilie na criação de novas ferramentas e interações da aplicação como um todo, uma vez que a camada de dados e gerenciamento destes se mantém imutável em relação a interface gráfica.

Além disso, com a camada de *Model* isolando os dados de cada elemento de um GDC, assim como os GDCs e os *packages*, respectivamente, facilmente foi desenvolvido o módulo de *save e load* do Mosis LAB, com a construção de uma classe *BaseStateData*. A *BaseStateData* é uma classe abstrata que, a partir da orientação a objetos, permite que sejam criadas classes

Figura 21: Arquitetura simplificada do sistema de salvamento persistente de dados da aplicação.



Fonte: Autor

filhas, as quais são obrigadas a implementar os métodos de *Save* e *Load*, que acessam os valores das classes *Model* da arquitetura, garantindo o estado dos dados dos *packages*. A partir desta estrutura (Figura 21), qualquer tipo de estrutura futura que for criado, poderá fazer uso desta classe abstrata, integrando-se completamente a arquitetura base desenvolvida (Figura 20).

3.3.3 XRUI_Elements - Elementos interativos para Realidade Virtual

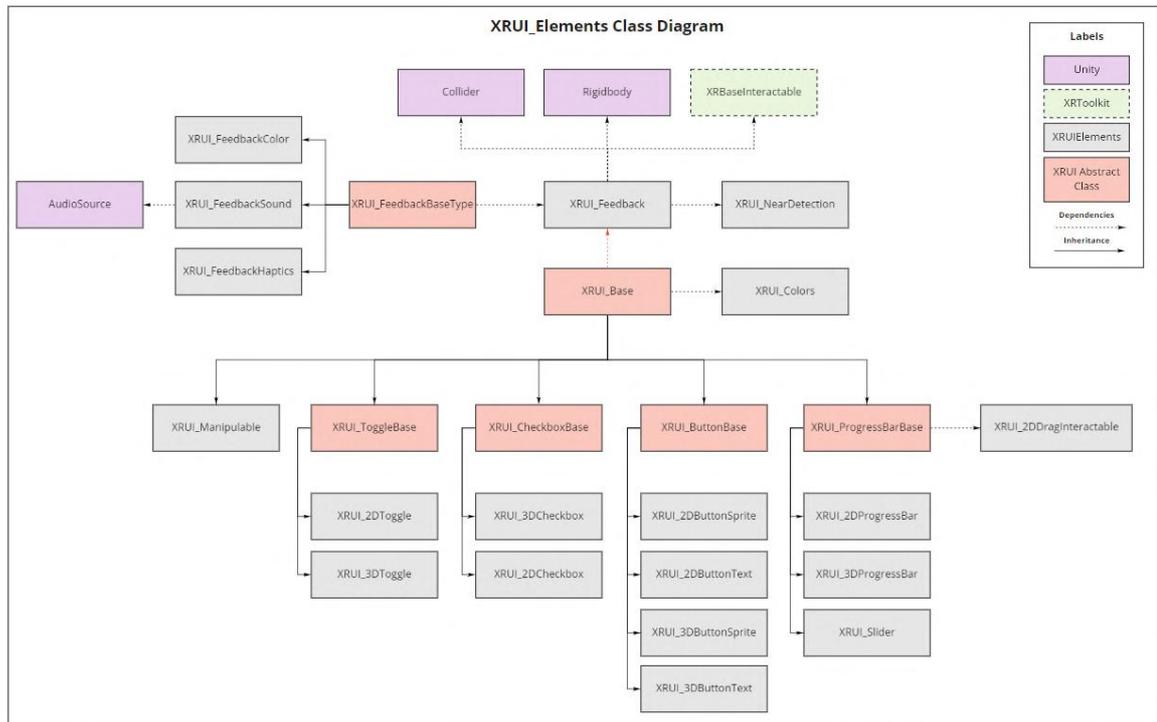
Uma das diretrizes para a realização deste trabalho foi a busca pelo estado da arte quanto a interfaces gráficas para Realidade Virtual. Mike Alger é o designer da Google responsável por estudos sobre o uso de espaços virtuais, conforto e disposição de elementos para a imersão do usuário (BYE, 2016 (accessed Mar 16, 2020)). Seu estudo de 2015 para o Google Cardboard (Dispositivo de baixo custo criado pela Google para converter o celular em um HMD (DOUGHERTY, 2015 (accessed Feb 21, 2020))) trouxe avanços para a área, com materiais que servem de guia para a criação de interface, disposição de elementos, conforto e acessibilidade (ALGER, 2015).

Com a consolidação dos dispositivos de Realidade Virtual no mercado, uma série de bibliotecas de componentes e SDKs (*Software Development Kit*) surgiram com o intuito de auxiliar no desenvolvimento de aplicações com o uso desta tecnologia. O motor de jogos Unity ³, ferramenta para desenvolvimento de jogos 2D e 3D, gratuita para projetos que faturem menos de 200 mil dólares por ano, oferece suporte completo para o desenvolvimento de aplicações em Realidade Virtual. O Mosis LAB, assim como o protótipo VROffice e o MOSIS (2017) fizeram uso deste motor de jogos. O principal motivo desta escolha é pelo fato de ser uma tecnologia que apresenta comunidade ativa (fóruns e materiais de apoio para uso da ferramenta) e vasta quantidade de bibliotecas, extensões e pacotes de soluções integráveis a ela.

Assim sendo, foi desenvolvida uma biblioteca de elementos de interface gráfica como parte

³<https://unity.com/>

Figura 22: Arquitetura simplificada da XRUI_Elements.



Fonte: Autor

deste trabalho que traz as interações baseadas nos estudos de de Mike Alger (ALGER, 2015), assim como inspiração na biblioteca da Microsoft para *Crossed Reality* (XR), a MRTK ⁴.

O Mosis LAB tem sua base de interações e configurações para Realidade Virtual construída sobre a biblioteca XRInteractionToolkit, desenvolvida pela Unity e que oferece a integração facilitada de HMDs consolidados no mercado, como o Oculus Rift, HTC Vive e Valve Index ⁵.

A XRUI_Elements é uma biblioteca de elementos de interface gráfica criados e pensados para facilitar a integração com projetos de Realidade Virtual. Sua arquitetura (Figura 22) utiliza os princípios da orientação a objetos para o desenvolvimento de classes que possam ser expandidas conforme necessidade. Em seu conteúdo, duas classes base são responsáveis pela facilitação na criação dos elementos de UI, a XRUI_Base e a XRUI_Feedback. A primeira é uma classe abstrata que contém as implementações básicas necessárias para a criação de elementos de UI já a segunda classe mencionada é responsável por mapear os eventos de interação detectados pela biblioteca, sendo eles: aproximação, toque e seleção.

Os elementos da XRUI_Elements foram criados de forma integrada a XRInteractionToolkit. Isto permite que além do Mosis LAB, outras soluções em Realidade Virtual possam integrar e fazer uso dos componentes de interface gráfica criados pelo autor. A biblioteca está sobre licença de distribuição MIT e disponível para download e integração no Github do autor ⁶.

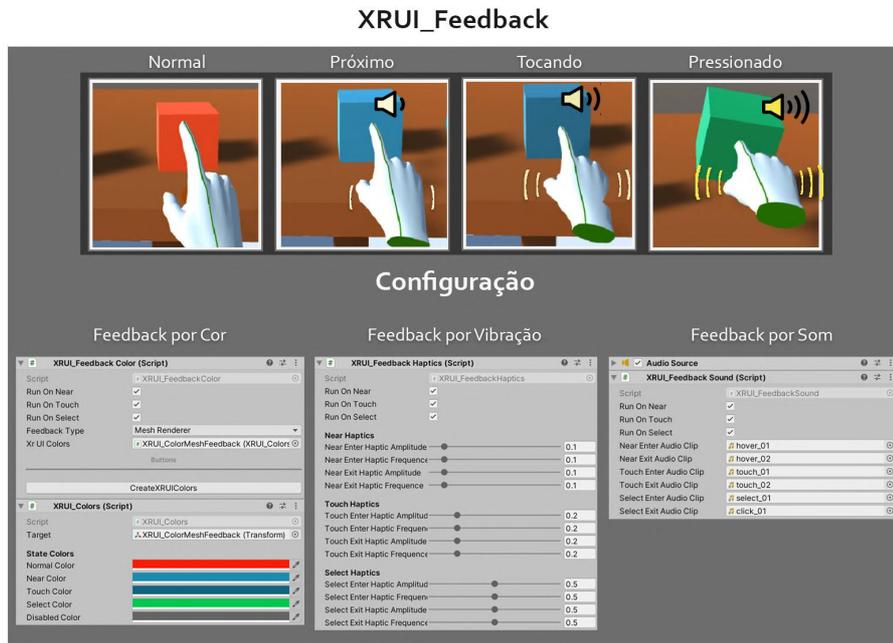
Abaixo é possível visualizar os elementos desenvolvidos até o momento, além das possibi-

⁴<https://microsoft.github.io/MixedRealityToolkit-Unity/Documentation/GettingStartedWithTheMRTK.html>

⁵<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@0.9/manual/index.html>

⁶https://github.com/PedroRossa/XRUI_Elements

Figura 23: XRUI_Feedback. Sistemas de feedback por sentidos. Visual (cor), Auditivo (Som), Tátil (Vibração).



Fonte: Autor

lidades de configuração via interface gráfica que cada um oferece. Estas configurações foram criadas para permitir que não programadores possam configurar interações de forma facilitada. A partir de propriedades expostas, o usuário pode modificar as propriedades de cada componente e visualizar o resultado em tempo real na tela de edição da Unity.

- XRUI_Feedback

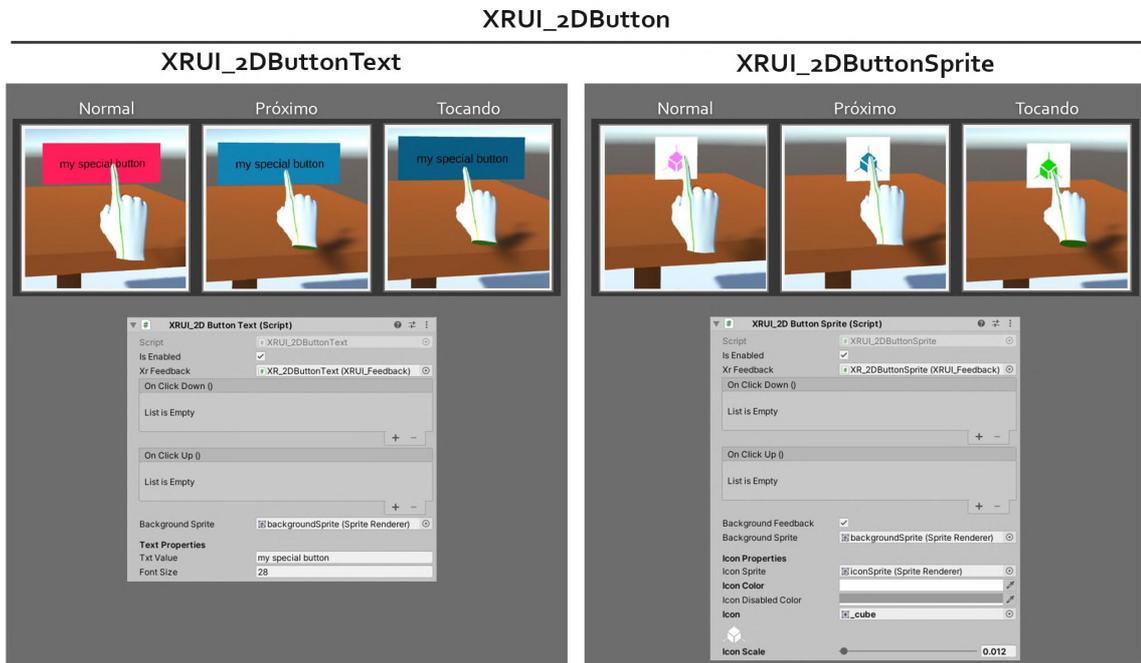
O elemento XRUI_Feedback expõe os eventos básicos de interação. A partir deste elemento foram criados três feedbacks básicos, o XRUI_FeedbackColor, responsável por manipular as cores a partir do estado do elemento, o XRUI_FeedbackHaptics, o qual configura, para cada interação, a intensidade e duração da vibração do controle do dispositivo HMD e o XRUI_FeedbackSound oferece a possibilidade de selecionar um arquivo de áudio para cada tipo de interação exposta pela XRUI_Feedback.

- XRUI_Buttons

Os elementos de botão foram desenvolvidos para uso tanto em painéis bi-dimensionais, quanto para interação tridimensional. Desta forma o usuário pode criar elementos que simulem interações diégéticas conhecidas por ele (como por exemplo um *tablet* ou tela sensível ao toque com botões virtuais) e também distribuir interações pelo ambiente que reajam fisicamente ao contato.

Os botões 2D podem ser criados com conteúdo de texto (Figura 24) ou ícones. Além disso, estes elementos já apresentam a configuração de *feedback* por cor com possibili-

Figura 24: XRUI_2DButtons. Botões 2D com conteúdo de texto ou ícones.



Fonte: Autor

dade de alternância entre modificação de cor do plano de fundo do botão ou da cor do conteúdo.

Os botões 3D por sua vez, recebem interação física, ou seja, além da percepção de proximidade e toque, quando são considerados ativados quando pressionados (Figuras 25 e 26).

- XRUI_ProgressBars

Também foram desenvolvidos elementos de manipulação de progresso e posição. As barras de progresso e *sliders* permitem ao usuário configurar elementos que façam uso de um valor normalizado entre um percentual de 0% a %100. As barras de progresso 2D e 3D (Figuras 27 e 28) assim como o *Slider* (Figura 29) mapeiam o evento de mudança de progresso em sua configuração, o que permite vincular sua mudança de valor a outros elementos de cena.

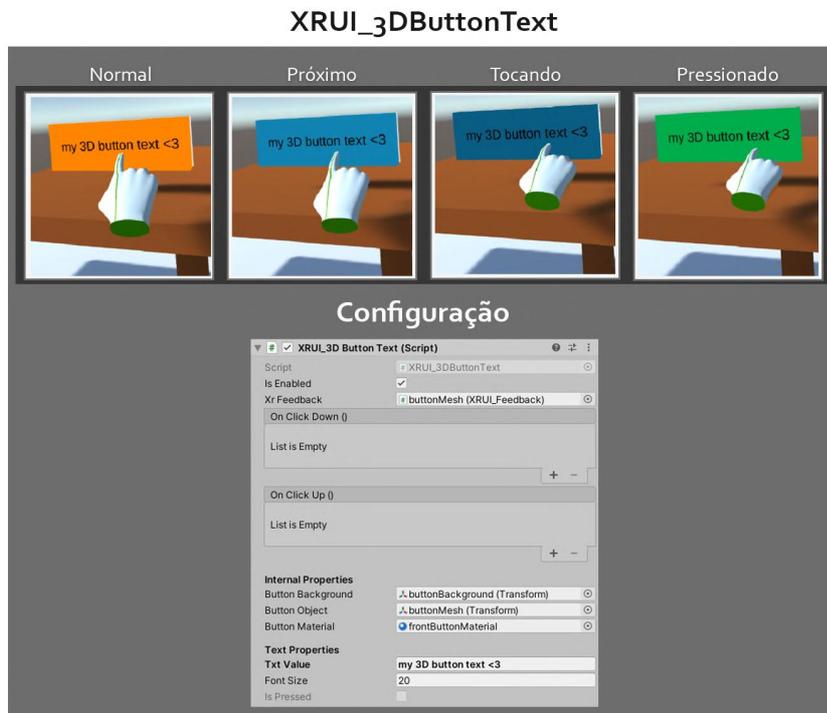
- XRUI_Toggles

Os elementos de *Toggle* foram desenvolvidos tanto em 2D quanto 3D (Figura 30) e oferecem, além das configurações básicas de feedback por cor, o mapeamento de eventos de mudança de estado.

- XRUI_Manipulables

O XRUI_Manipulable é um elemento de manipulação de objetos em cena. Sua principal função é oferecer uma interface intuitiva para interação com objetos, permitindo ao usuá-

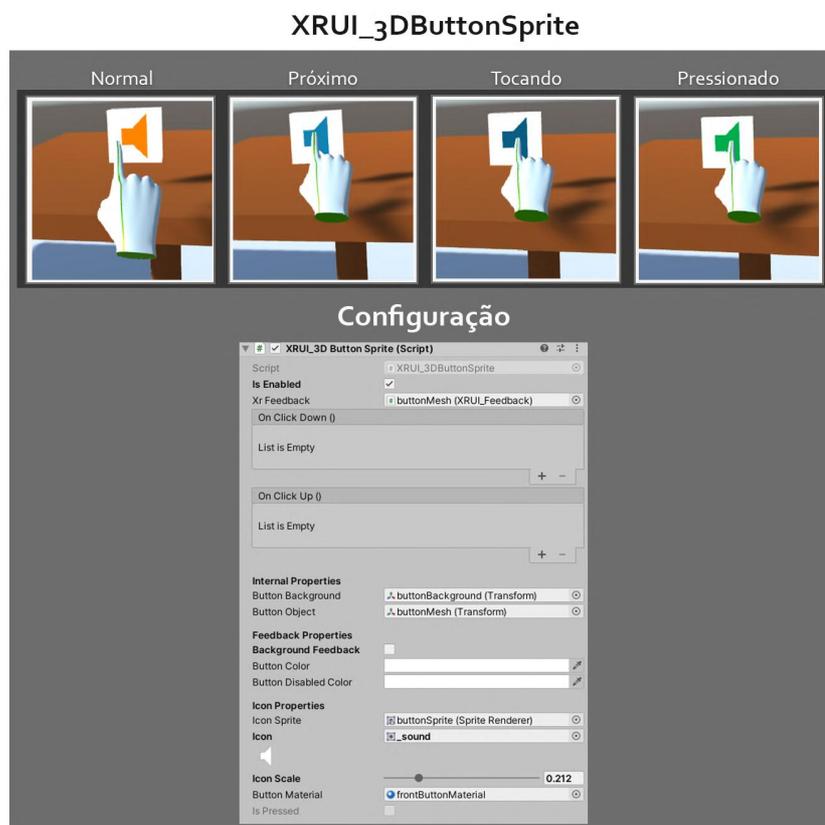
Figura 25: XRUI_3DButtonText. Botão 3D com conteúdo de texto e efeito de movimento baseado na interação física.



Fonte: Autor

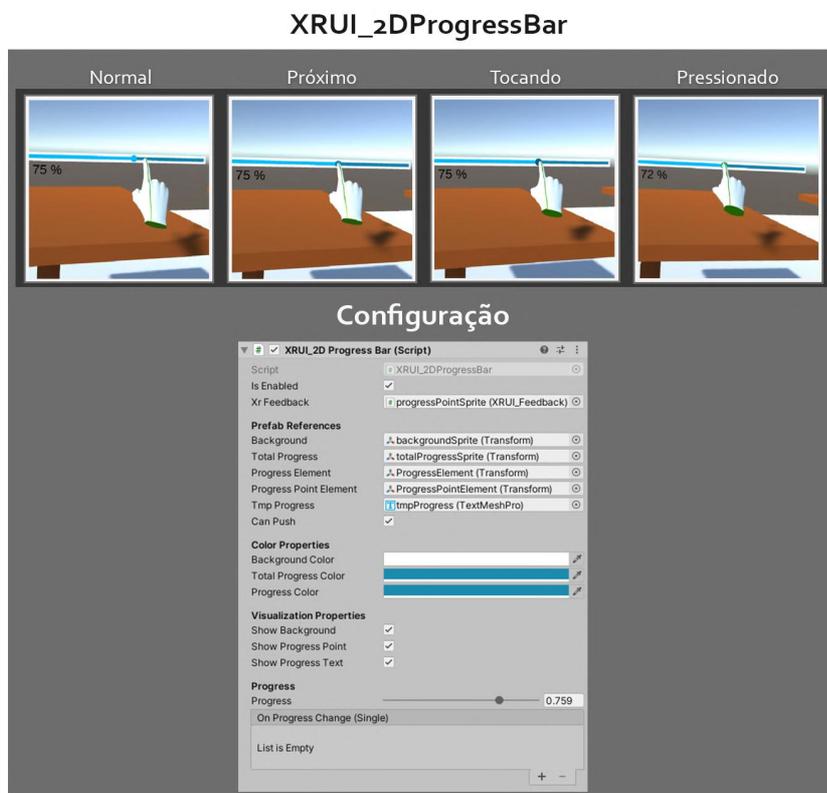
rio modificar as propriedades de escala, rotação e posição. Este elemento pode ser configurado para oferecer tanto interações em 2 eixos quanto em 3 eixos. Seu funcionamento é centralizado no entorno de um container de conteúdo, ou seja, qualquer elemento visual pode ser utilizado com o XRUI_Manipulable, que se auto-configura para posicionar os elementos interativos no entorno do objeto manipulado. Sua interação foi desenvolvida para permitir que o usuário utilize apenas uma mão para manipular os objetos, tornando-o mais acessível.

Figura 26: XRUI_2DButtonSprite. Botão 3D com conteúdo de ícone e efeito de movimento baseado na interação física.



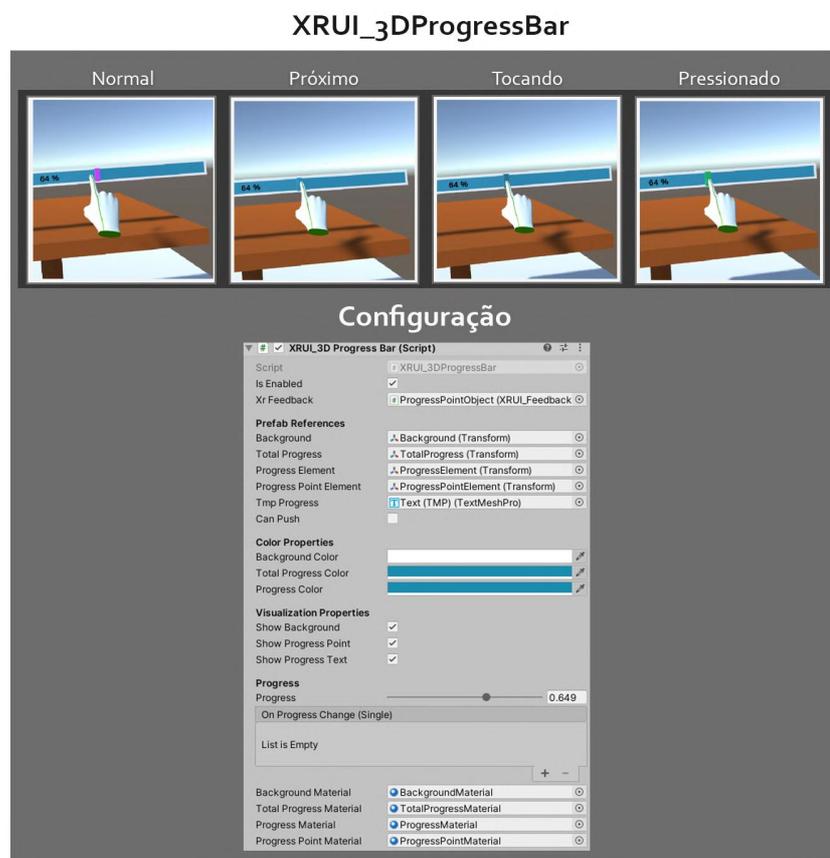
Fonte: Autor

Figura 27: XRUI_2DProgressBar. Barra de progresso 2D.



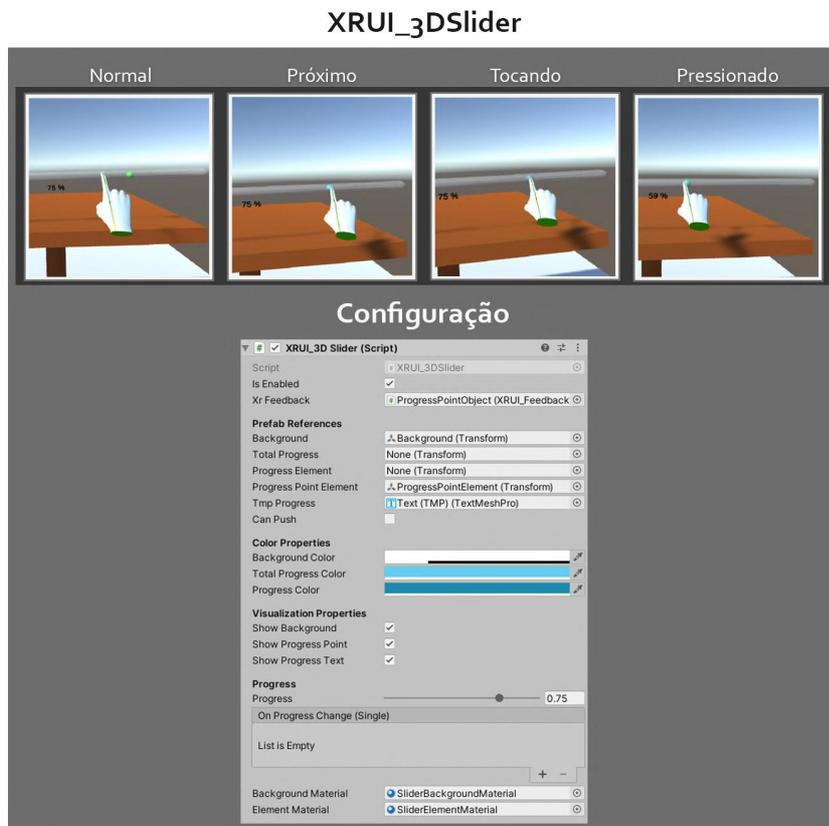
Fonte: Autor

Figura 28: XRUI_3DProgressBar. Barra de progresso 3D.



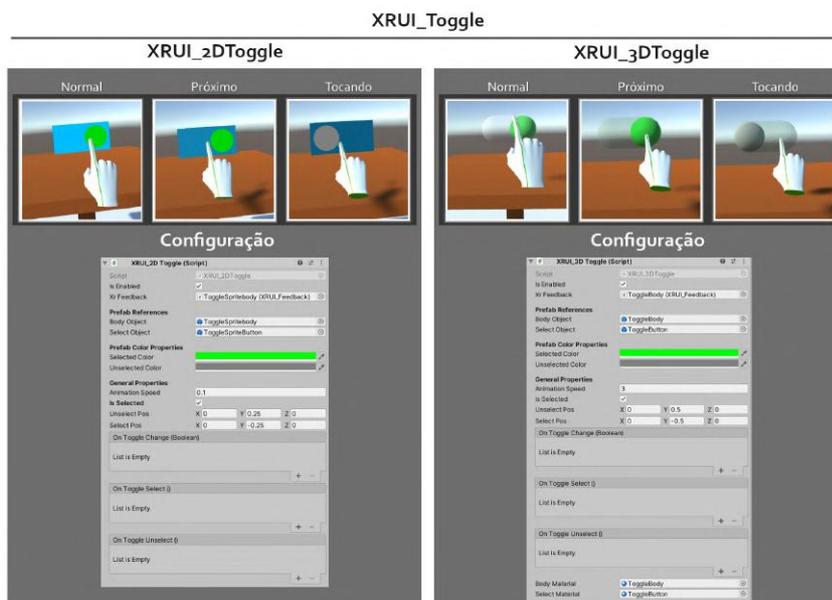
Fonte: Autor

Figura 29: XRUI_3DSlider. Slider 3D com valor normalizado.



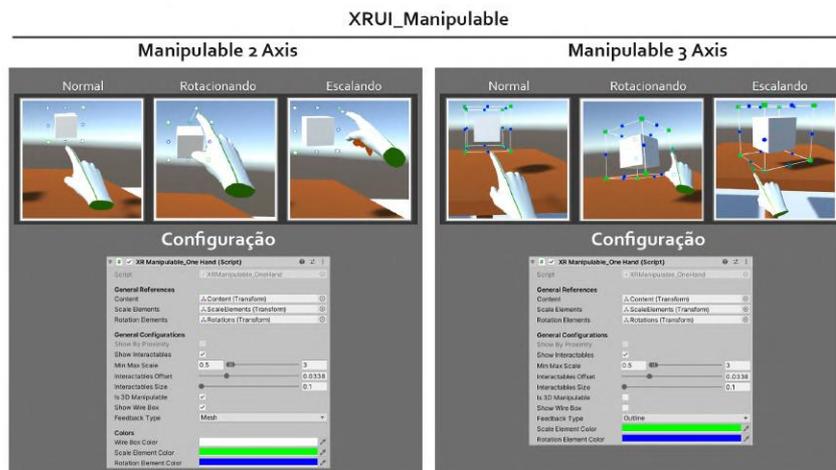
Fonte: Autor

Figura 30: XRUI_Toggles . Toggles em 2D e 3D.



Fonte: Autor

Figura 31: XRUI_Manipulables . Manipuladores de escala e rotação com interação simplificada para uso acessível com apenas uma mão.



Fonte: Autor

4 RESULTADOS E VALIDAÇÃO

O presente trabalho resultou na criação do Mosis LAB com completude suficiente para que o sistema fosse posto em prática. Este capítulo irá detalhar o uso da aplicação em dois eventos, assim como apresentar os resultados obtidos a partir da aplicação do questionário TAM.

4.1 Mosis LAB na prática

O Mosis LAB foi utilizado pelo público externo ao laboratório em dois momentos, sendo estes de grande importância. Primeiramente ele foi apresentado no Congresso Petrobras de Geologia e Geoengenharia (IPCGEO), ocorrido entre os dias 26 e 29 de novembro de 2019 na cidade do Rio de Janeiro. Este evento contou com a participação de geólogos, engenheiros, cartógrafos, gerentes e diretores da Petrobras ¹. Durante os quatro dias de evento, o Mosis LAB pôde ser utilizado pelos participantes, os quais são público-alvo para uso do software (Figura 32 - A). Já em fevereiro de 2020, a partir de uma parceria com o pesquisador Kim Senger, o Mosis LAB foi apresentado e instalado nos laboratórios de pesquisa do curso de Geologia da Univesidade de Svalbard (UNIS) ² (Figura 32 - B). O professor Kim ministra uma disciplina de Campos Virtuais em Geologia para os alunos do Mestrado e Doutorado em Geologia do Ártico. Nesta disciplina o Mosis LAB está sendo utilizado para a visualização de afloramentos (exposições rochosas) das regiões de estudo do curso. Os alunos farão uso do sistema para visualizar uma série de dados que a universidade possui em sua plataforma de arquivos, a SvalBox ³;

Por compreender um sistema com diferentes interações e visualização em realidade virtual, foi desenvolvido um vídeo com as principais interações oferecidas pelo Mosis LAB. Este vídeo pode ser acessado a partir do link <https://www.youtube.com/watch?v=HNuX-KWYokk> (Figura 33).

4.2 Validação de experiência do usuário

Nos primeiros estudos realizados nesta pesquisa, ainda com o sistema MOSIS (2017), o formulário SUS foi aplicado para estudar a aceitação da tecnologia pelos usuários. Estes dados foram analisados e publicados pelo autor no artigo enviado para o evento do IGARSS 2019 (Rossa et al., 2019a), citado na sessão 3.1. Apesar do sistema de avaliação SUS ser amplamente utilizado e validado cientificamente, o propósito de sua aplicação está relacionado apenas a avaliar a usabilidade de softwares, de forma generalizada, sem levar em consideração as nuances que as interações em Realidade Virtual apresentam.

¹<https://petrobras.com.br/pt/>

²<https://www.unis.no>

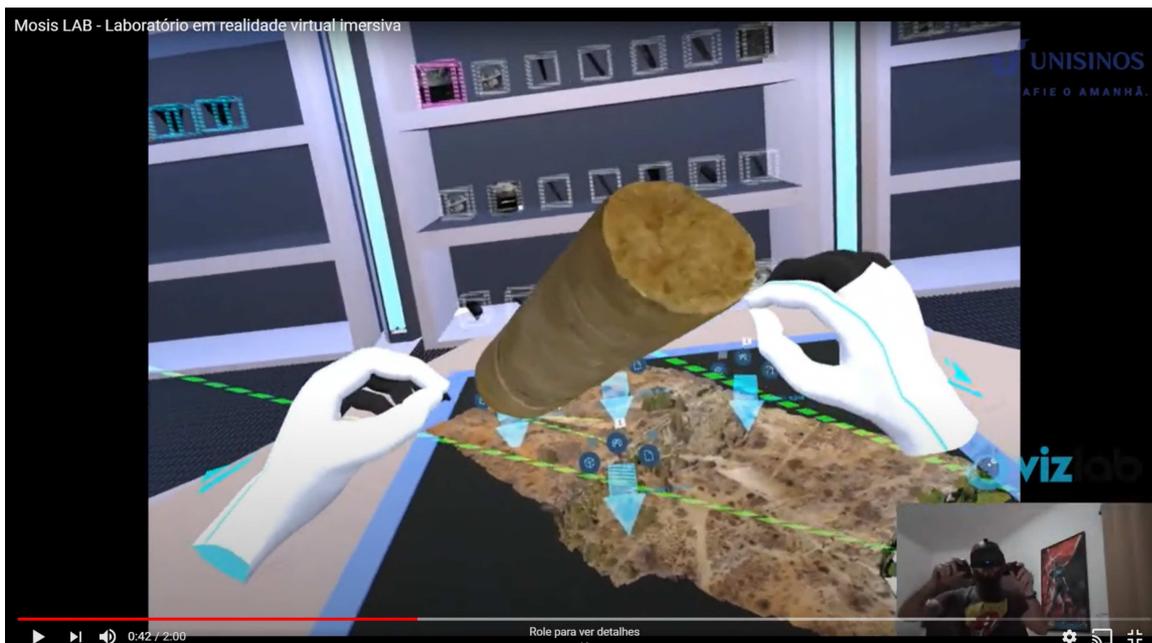
³<http://www.svalbox.no/>

Figura 32: Utilização do Mosis LAB. A - IPCGEO em Novembro de 2019, B - Universidade de Svalbard em Fevereiro de 2020.



Fonte: Autor

Figura 33: Vídeo do Mosis LAB no canal do Youtube do laboratório Vizlab.



Fonte: Autor

Para avaliar o Mosis LAB, decidiu-se portanto, aplicar a metodologia de validação TAM (Technology Acceptance Model) para buscar compreender o processo de aceitação do uso da ferramenta a partir do entendimento das interações disponíveis e do entendimento da estrutura de dados do sistema (os GDCs) (VENKATESH; DAVIS, 2000).

O objetivo do formulário TAM é descrito da seguinte maneira:

"O objetivo do TAM é fornecer uma explicação geral dos determinantes da aceitação do computador, capaz de explicar o comportamento do usuário em uma ampla gama de tecnologias de computação do usuário final e populações de usuários, ao mesmo tempo em que é parcimonioso e justificado teoricamente. Idealmente, espera-se um modelo que seja útil não apenas para previsões, mas também para explicações, para que pesquisadores e profissionais possam identificar por que um sistema específico pode ser inaceitável e seguir as etapas corretivas apropriadas."(DAVIS, 1989).

4.

Uma das premissas do TAM é que as perguntas são adaptadas para o cenário que será avaliado. Assim, foram propostas 18 afirmações quanto ao uso do sistema, no qual o usuário tem a possibilidade de responder com valores entre 1 e 7, nos quais 1 representa 'Discordo Fortemente' e 7 'Concordo Fortemente'. O formulário foi aplicado em inglês (Apêndice A), para não descaracterizar as respostas dos usuários e manteve em suas questões o nome "VROffice" para se referenciar ao sistema, dado que no período de Novembro de 2019, quando ele foi apresentado no ICPGEO, seu nome não havia mudado oficialmente para Mosis LAB. Assim sendo, em Fevereiro de 2020, ao ser aplicado o formulário na UNIS, apenas foi explicado que, ao responder o formulário, quando mencionado 'VROffice', se referia ao Mosis LAB. Cinco categorias dividem o formulário, sendo que a seguir serão apresentadas as afirmações que foram questionadas em cada categoria (traduzidas para português para facilitar a compreensão e já modificado o nome de VROffice para Mosis Lab).

1. Facilidade de Uso Percebida [PEU]

- (a) Aprender a utilizar o LAB para correlacionar GDCs seria fácil para mim.
- (b) Correlacionar GDCs no LAB seria rápido e diminuiria o esforço.
- (c) As interações com GDCs no LAB são claras e compreensíveis.
- (d) Correlacionar GDCs no LAB é fácil para mim.

2. Utilidade Percebida [PU]

⁴"The goal of TAM is to provide an explanation of the determinants of computer acceptance that is general, capable of explaining user behavior across a broad range of end-user computing technologies and user populations, while at the same time being both parsimonious and theoretically justified. Ideally one would like a model that is helpful not only for prediction but also for explanation, so that researchers and practitioners can identify why a particular system may be unacceptable, and pursue appropriate corrective steps."

- (a) Utilizar o LAB me permite correlacionar GDCs.
- (b) Utilizar o LAB aumenta a minha percepção sobre GDCs.
- (c) Utilizar o LAB facilitaria correlacionar GDCs.
- (d) Utilizar o LAB seria útil para mim.

3. Imersão Percebida [PIM]

- (a) Utilizando o LAB eu esqueci do mundo ao meu redor.
- (b) Utilizando o LAB tenho um ambiente realista para manipulação dos GDCs.
- (c) Utilizando o LAB eu me senti imerso no ambiente.

4. Presença Percebida [PPSC]

- (a) Utilizando o LAB eu me senti em outro ambiente.
- (b) Utilizando o LAB eu senti que o ambiente reagia as minhas ações.
- (c) Utilizando o LAB eu me senti presente no ambiente virtual.

5. Intenção de Uso [BI]

- (a) Eu utilizaria outras ferramentas similares ao LAB.
- (b) Eu recomendaria o LAB aos meus conhecidos se disponível.
- (c) Eu gostaria de utilizar o LAB novamente se disponível.
- (d) Eu utilizaria o LAB frequentemente se disponível.

Baseado neste questionário foram coletadas as opiniões de 80 pessoas com perfis variados, incluindo nestes, usuários que não tiveram contato com RV e usuários já familiarizados com a tecnologia. Destes usuários, ainda pode se verificar variados níveis de escolaridade e ocupação funcional, importantes para a composição do espaço amostral.

Estes estudos foram realizados em parceria com o aluno e pesquisador do PPGCA Rafael Kenji Horota, portanto os dados de avaliação TAM são compartilhados com a Dissertação de Mestrado Intitulada: "Metodologia de Estruturação de Saída de Campo Virtual Imersiva Baseada em Modelos Digitais de Afloramento como Suporte ao Ensino de Geociências", também apresentado ao PPGCA da Unisinos.

O teste TAM aplicado foi direcionado para alunos e trabalhadores da área de geologia, tanto no evento do ICPEGEO quanto na Universidade UNIS da Noruega. Desta forma, um dos *package* de dados apresentados foi montado embasado em informações geológicas.

Os resultados do questionário TAM foram analisados de duas formas diferentes, estratificando as respostas grupos baseados na formação e na experiência com RV relatadas nos formulários, as duas análises realizadas encontram-se a seguir: Análise 1: A formação em geologia auxilia na aceitação do MOSIS Lab, para essa primeira análise as respostas foram separadas em

1 grupo de 19 pessoas com formação em geologia e outro com 61 pessoas de outras formações. Análise 2: A experiência prévia com RV melhora a experiência percebida dos usuários com o uso do MOSIS Lab. Para essa segunda análise os grupos foram separados em 16 pessoas que já haviam utilizado RV e 64 pessoas que nunca utilizaram RV.

Considerando o teste *t* de *student* para amostras não pareadas e com intervalo de confiança de 95% (apêndice C) mostrou que a primeira hipótese foi descartada, dado que tanto os usuários da área de geologia, quanto os usuários de outras áreas apresentaram valores similares de aceitação da tecnologia. Acredita-se que tal resposta se dê por duas possibilidades, uma de que o número de usuários não foi suficientemente elevado para conseguir detectar a diferença de aceitação entre geólogos e não-geólogos, ou a interface foi desenvolvida de forma satisfatória o suficiente para agregar a compreensão dos dados, indiferente da área de atuação dos usuários. Já a segunda hipótese também diferiu do esperado, uma vez que tanto usuários que nunca utilizaram RV quanto usuários que já haviam utilizado ao menos uma vez a tecnologia também apresentaram resultados muito similares quanto a aceitação da tecnologia. O autor considera a possibilidade que esse resultado ocorreu pois a interface da aplicação foi compreensiva o suficiente para a visualização de dados em espaço tridimensional com uso de RV, atingindo os resultados propostos para essa etapa da pesquisa.

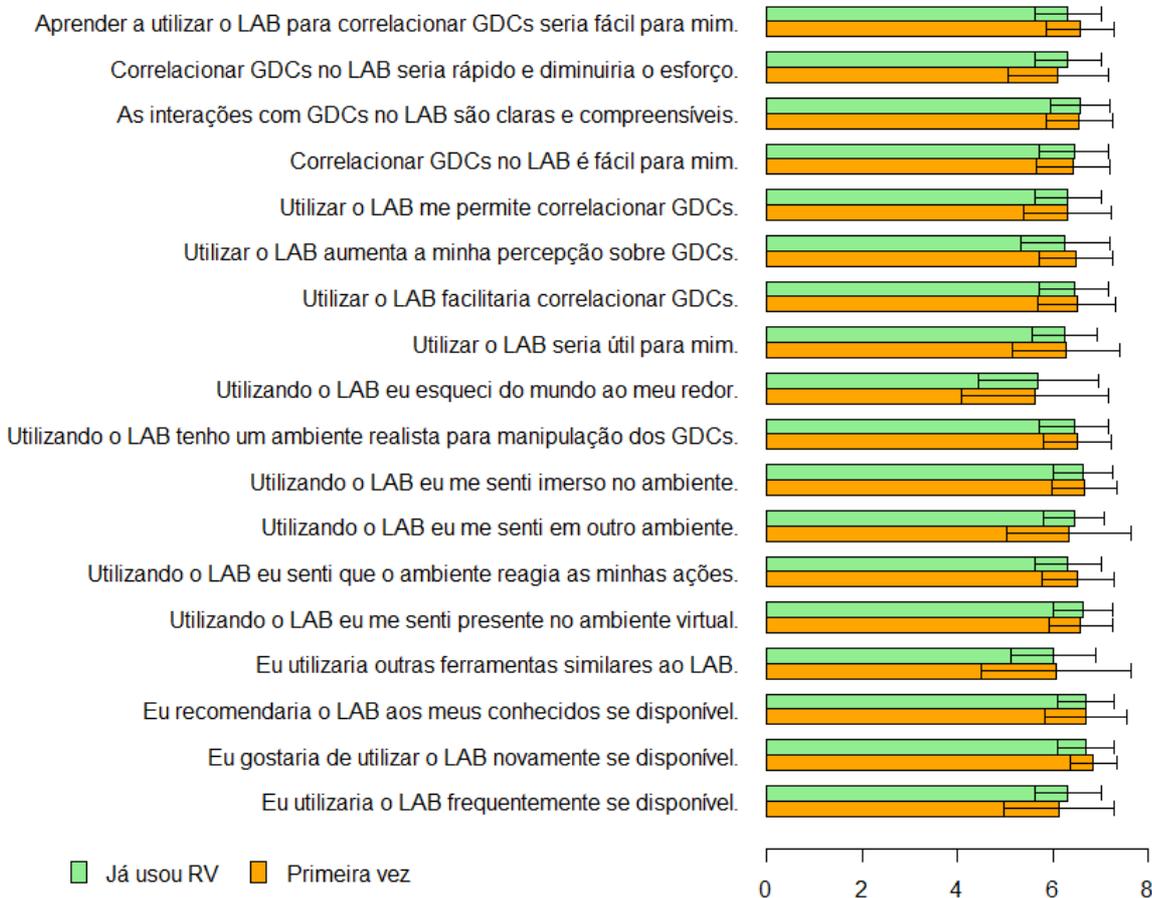
A figura 34 mostra resultados para cada questão do TAM em comparação entre grupos de pessoas que já tiveram algum contato com RV e as que utilizaram pela primeira vez.

Os resultados mostram que a partir das 18 questões respondidas, subdivididas em 4 categorias, o resultado médio dos usuários ficou com uma aceitação da tecnologia de aproximadamente 90%. Tanto a facilidade de uso e compreensão, como a imersão quando em uso do sistema, puderam ser percebidas pelo grupo amostral. Vale ressaltar que para mais de 79% dos usuários, o Mosis LAB foi o primeiro contato com uma experiência em Realidade Virtual, o que mostra que a compreensão do ambiente foi bem recebida. Além disso, mais de 80% dos usuários deram nota 6 ou 7 para a compreensão do conceito de GDCs, ponto base do sistema de visualização de dados. Aproximadamente 90% dos usuários acreditam que o Mosis LAB é imersivo e que se sentem em um ambiente diferente do real, ou seja, estão conectados ao ambiente virtual sem percepção de influências do real.

O presente estudo ainda fez uma análise dos resultados a partir da perspectiva da formação dos usuários, dado que os testes tiveram aplicação majoritária entre geólogos. A figura 35 mostra resultados para cada questão do TAM em comparação entre grupos de pessoas que tem ocupação relacionada a geologia (geólogos/geofísicos) e pessoas com outras ocupações e estudantes.

Importante ressaltar que uma questão acabou gerando *outliers* nas respostas obtidas. Ao se questionar aos participantes se "Utilizando o LAB eu esqueci do mundo ao meu redor", alguns interpretaram como sendo "eu esqueci do mundo VIRTUAL", gerando notas baixas, e outros interpretaram como "eu esqueci do mundo REAL", gerando notas mais altas. O objetivo desta questão é questionar sobre esquecer-se do mundo REAL, mas ambiguidade supracitada

Figura 34: Resultados do Teste de aceitação de modelo com resultados de usuários que já tiveram contato com e RV e os que usaram pela primeira vez. O intervalo ao fim de cada barra é desvio padrão abaixo e acima da média.



Fonte: Autor

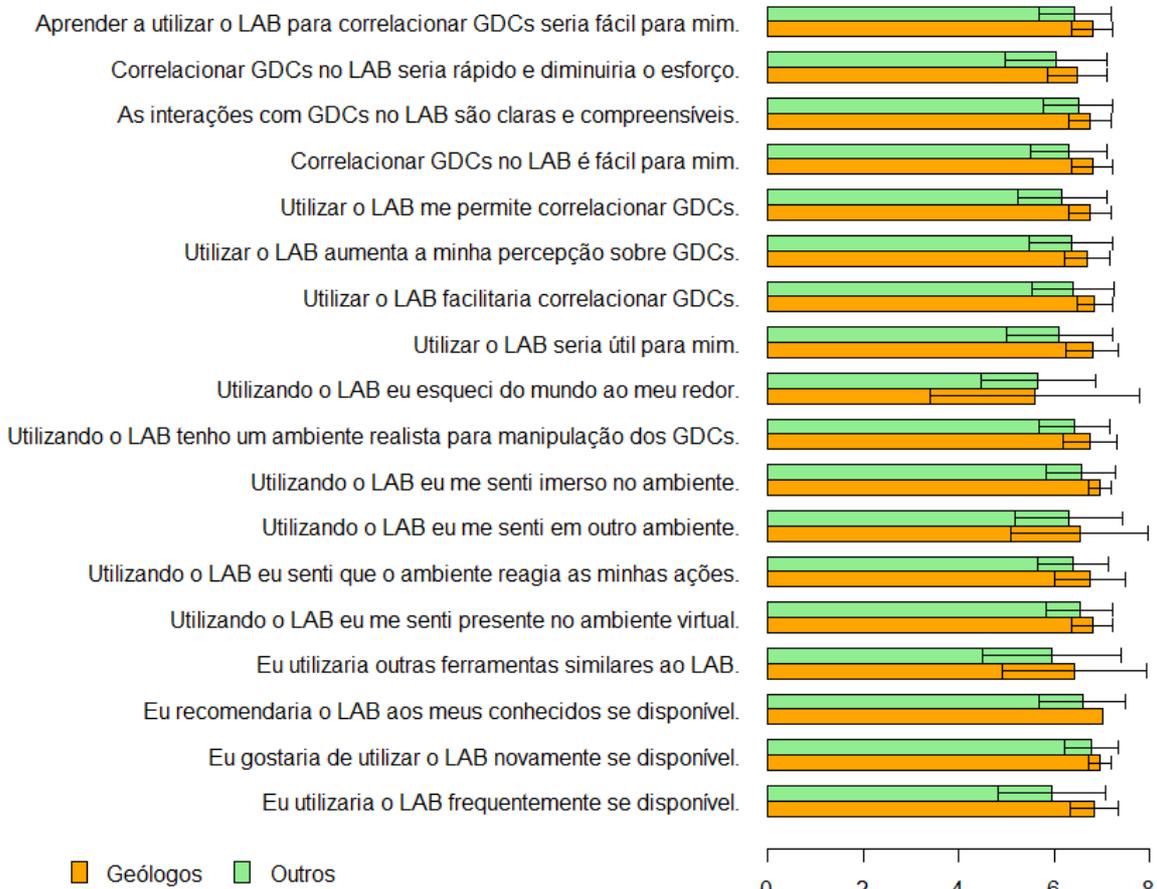
gerou respostas muito destoantes entre os participantes que faz o autor acreditar que este seja um provável motivo para a questão apresentar um desvio padrão mais elevado que as demais questões.

4.3 Contribuições

As contribuições alcançadas com o desenvolvimento deste projeto foram:

- Melhoria nas interfaces existentes do sistema MOSIS(2017), com validação a partir da metodologia SUS e publicação dos resultados em dois eventos de importância internacional, o IGARSS (Rossa et al., 2019a) e o IEEEVR (Rossa et al., 2019b).
- Criação de um conceito de armazenamento de dados oriundos de uma mesma fonte geolocalizada (GDC) e desenvolvimento de uma aplicação em Realidade Virtual para vi-

Figura 35: Resultados do Teste de aceitação de modelo com os resultados de usuários que têm ocupação ligada a Geologia e de usuários com outras ocupações. O intervalo ao fim de cada barra é desvio padrão abaixo e acima da média.



Fonte: Autor

sualização de dados com interações diegéticas, o Mosis LAB. Tal aplicação validada e premiada como melhor demonstração no evento SIGSPATIAL 2019, de Qualis A1 e H-factor 27 (ROSSA et al., 2019).

- Criação de uma arquitetura baseada nos patterns MVC que permitem fácil manutenção de código assim como criação de novas funcionalidades. Tal arquitetura implementada na estrutura principal do Mosis LAB.
- Desenvolvimento de uma biblioteca de código aberto sobre licença MIT para uso em aplicações em Realidade Virtual, a XRUI_Elements.
- Validação da usabilidade e aceitação da aplicação desenvolvida a partir da metodologia TAM, a qual resultou em dados que mostraram aceitação e compreensão do uso do Mosis LAB (Apêndice C).

Por tanto, a partir da hipótese, que se apresentava da seguinte maneira: "A partir do uso de boas práticas e referências do estado da arte no desenvolvimento de aplicações em Realidade Virtual, é possível desenvolver um sistema que permita que o usuário interaja com arquivos de diferentes formatos (imagens, áudios, modelos 3D, textos), de forma simultânea e integrada, em ambiente virtual imersivo."

É possível perceber que as contribuições obtidas com esta pesquisa se mostram como resultado afirmativo quanto a hipótese criada, uma vez que o estudo da diegética permitiu a criação da biblioteca XRUI_Element, utilizada no desenvolvimento do Mosis LAB que, por sua vez, possui uma arquitetura expansível e que atende aos requisitos de interpretação de arquivos em diferentes formatos a partir do uso de um dispositivo de Realidade Virtual imersiva.

5 CONCLUSÃO

A jornada de desenvolvimento desta pesquisa trouxe à tona uma gama de tópicos que não são normalmente relacionados de forma direta. A utilização de conceitos de narrativa atreladas ao uso de Realidade Virtual e o desenvolvimento de ferramentas para manipulação de dados se mostrou eficaz aos olhos dos usuários que tiveram contato com o sistema.

De forma geral, os objetivos propostos pela pesquisa foram atingidos a partir da conclusão no desenvolvimento do Mosis LAB. Atendendo aos objetivos específicos de: prototipar a interação com dados e visualização em espaço tridimensional (MOSIS 2017 e VROffice); validar tais interações com o uso de metodologias SUS (aplicado ao MOSIS 2017) e TAM (Aplicado ao Mosis LAB); e, por fim, apresentar um software em RV que utilizasse interfaces gráficas baseadas em estudos de UX/UI (Mosis LAB e a XRUI_Elements).

O autor acredita que a utilização da diegética, atrelada a interações que cada vez mais se distanciem da simples réplica de telas de computador para o ambiente virtual tridimensional, podem proporcionar experiências onde o usuário se sinta cada vez mais imerso no mundo virtual e desconectado do ambiente real. O formulário TAM foi importante nesta conclusão, uma vez que seu foco foi centrado em detectar se os usuários compreenderiam o ambiente no qual se encontravam assim como se conseguiriam utilizar o ferramental disposto na aplicação. Os resultados mostraram que a aproximadamente 90% dos usuários compreenderam os conceitos, o espaço e a forma de interagir com os elementos, corroborando com o que o autor esperava do experimento.

5.1 Discussão

A combinação da tecnologia disponível com um pensamento crítico embasado nos estudos já existentes relacionados a UX e UI são importantes para que possam ser utilizadas as características físicas do mundo real (ergonomia, disposição de elementos, conforto físico) com as informações visualizadas no mundo virtual (objetos 3D, cores, escalas, telas, botões, etc). Esta combinação permite que, mesmo em um ambiente real limitado, as possibilidades em um espaço virtual sejam amplificadas e potencializadas. Informações que seriam impossíveis de ser analisadas em um ambiente real tornam-se possíveis no virtual a partir da utilização da virtualização de dados. Em RV o usuário pode manipular modelos 3D, sua interação é direta e sem intermédios, as próprias mãos virtuais operam os objetos e sua proximidade com os dados não é limitada a uma tela, mas sim a um ambiente que pode ser expandido e desenvolvido de diferentes formas.

O propósito deste trabalho não foi o de desenvolver uma aplicação inovadora que vá mudar as experiências em Realidade Virtual como elas são conhecidas, mas sim explorar as potencialidades de diferentes áreas de estudo, tanto da realidade virtual quanto das formas de interação. Este estudo abre as portas para uma evolução do sistema proposto e continuidade da pesquisa

na área, que foque em descobrir as relações entre múltiplos usuários colaborando na análise de dados neste ambiente virtual. Além disso, será importante descobrir como a diegética pode ser autoexplicativa nas interações e, principalmente, o quanto ela pode auxiliar na desconexão perceptiva do mundo real para uma conexão mais aprofundada no mundo virtual. Esta pesquisa de mestrado fez uso da diegética e conseguiu analisar a aceitação dos usuários quanto ao seu uso. Entretanto, conseguir usar é diferente de eficácia no uso, então, sem dúvidas, a maior pergunta que fica é: é possível aprender com os dados que estão sendo visualizados no ambiente virtual, o qual faz uso de elementos diegéticos para auxiliar na imersão?

5.2 Aplicações

O trabalho desenvolvido utilizou-se de aplicação de técnicas suficientemente genéricas para que possa ser utilizado por diferentes áreas do conhecimento. Além da aplicação em geologia, onde os testes TAM foram realizados, é possível vislumbrar diferentes utilizações como por exemplo Biologia (Visualização de espécimes, estudo de diferentes ambientes, etc), Arqueologia (Visualização de sítios arqueológicos, peças reconstruídas tridimensionalmente, análise de dados coletados em campo, etc), Engenharia Civil (visualização de ambientes internos, diferentes estágios de construções, plantas baixas, áudios explicativos, etc), entre outros.

5.3 Trabalhos Futuros

Os avanços obtidos no desenvolvimento de um sistema de visualização de dados em Realidade Virtual com o Mosis LAB atingiram níveis de aceitação que permeiam os 90%, conforme as respostas ao formulário TAM. Atualmente é possível interagir com dados diversos que variam entre imagens, vídeos, modelos 3D, áudios, textos e PDFs. As interações foram desenvolvidas para serem autoexplicativas, utilizando-se de diegética quando possível e com elementos criados em uma biblioteca específica de interface gráfica.

Os próximos passos na evolução do Mosis LAB são vinculados a duas frentes, uma relacionada a visualização propriamente dita e outra relacionada as interações do usuário. Quanto à visualização, dois pontos são importantes de serem destacados, a interface gráfica e a customização do ambiente. Relacionado às interações, existem três pontos, melhoria da interação com elementos, ampliação do formato de arquivos e, por fim, múltiplos usuários, abaixo, é detalhado cada um destes passos.

- Interface Gráfica

A interface gráfica pode receber melhorias quanto ao estilo desejado para o ambiente. Atualmente o sistema faz uso de interfaces minimalistas, que buscam atender a um amplo espectro de usuários. Porém, a possibilidade de desenvolver temas para as interfaces pode auxiliar na imersão e compreensão do assunto a ser visualizado.

- Customização

Relacionado ao item anterior, a customização de uma forma geral pode ampliar a experiência do usuário com o ambiente que interage. A continuidade do projeto prevê o desenvolvimento de interações de configuração do espaço virtual, permitindo ao usuário que ele possa personalizar elementos estéticos. Ao customizar o ambiente ele pode aumentar seu senso de presença e conforto.

- Interações

As interações devem ser continuamente estudadas e evoluídas a partir das experiências dos usuários. Portanto, a realização de testes para analisar interações de forma individualizada são importantes para mensurar a compreensão do usuário quanto a cada possibilidade de interação com os elementos do sistema. A partir de estudos detalhados será possível criar interações mais compreensivas e reduzir o esforço necessário para executar as tarefas, com o auxílio da ergonomia e distribuição dos elementos no espaço virtual.

- Formatos de Arquivos

O suporte a arquivos atualmente é composto por imagens, imagens 360, vídeos, PDFs, textos, modelos 3D e áudios. Como forma de ampliar as possibilidades de análise e interpretação do Mosis LAB, é importante que seja feito um levantamento de outros formatos de arquivos que sejam pertinentes ao sistema, como por exemplo, vídeos 360, arquivos .kml (Google Earth), .shapes (ENVI, ArcGIS, etc), gifs, planilhas, etc.

- Sistema Multi-usuário

Por fim, a maior potencialidade na evolução do Mosis LAB está relacionada a criação de um sistema de rede que propicie a interação de múltiplos usuários em tempo real. A premissa de laboratório colaborativo poderá aumentar substancialmente as possibilidades de uso do sistema ao conectar pessoas de diferentes localidades em um mesmo ambiente virtual onde seja possível manipular dados, conversar e interagir de forma dinâmica.

Além destes tópicos técnicos de trabalho futuro para a ferramenta, existem os pontos da pesquisa teórica quanto ao uso do sistema. A quantidade de dados obtidos com a aplicação do formulário TAM trazem dados suficientes para uma análise minuciosa que pode correlacionar o perfil dos usuários, a formação acadêmica, nacionalidade, além de uma miríade de interpretações estatísticas. Portanto, é crucial que na continuidade deste projeto, estes dados sejam interpretados e estudados para que as informações possam ser interpretadas e guiem outras questões teóricas da evolução da pesquisa no âmbito da aceitabilidade e compreensão do uso do Mosis LAB e da interação em ambientes imersivos de RV. A realização de uma pesquisa aprofundada na relação do usuário com o aprendizado e extração de informações em Realidade Virtual, comparando com a mesma análise em ambientes convencionais bidimensionais (computadores, *tablets*, etc) poderia auxiliar na discussão do quanto a Realidade Virtual, além de imersiva, pode ser aproveitada e utilizada como ferramenta cognitiva.

REFERÊNCIAS

- ALBEN, L. Quality of experience: defining the criteria for effective interaction design. **Interactions**, New York, NY, USA, v. 3, n. 3, p. 11–15, May 1996.
- ALGER, M. Visual design methods for virtual reality. In: 2015. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2015.
- ALLEN, B. **Nasa, boeing testing synthetic vision technologies**. [S.l.: s.n.], 2017 (accessed May 29, 2020).
- Anthes, C. et al. State of the art of virtual reality technology. In: IEEE AEROSPACE CONFERENCE, 2016., 2016. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–19.
- BARNARD, T.; RICOEUR, P.; GUNNING, T. **From plato to lumière: narration and monstration in literature and cinema**. [S.l.]: University of Toronto Press, 2009. 166 p.
- BASTUG, E. et al. Toward interconnected virtual reality: opportunities, challenges, and enablers. **IEEE Communications Magazine**, [S.l.], v. 55, n. 6, p. 110–117, 2017.
- BOWMAN, D. A. et al. An introduction to 3-d user interface design. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 96–108, 2001.
- BOYER, S. A virtual failure: evaluating the success of nintendo’s virtual boy. **The Velvet Light Trap**, [S.l.], n. 64, p. 23–33, 2009.
- BRINKMAN, W.-P.; HOEKSTRA, A.; VANEGMOND, R. The effect of 3d audio and other audio techniques on virtual reality experience. In: 2016 , 2015. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2015. v. 219.
- BYE, K. **Vr interface design insights from mike alger**. [S.l.: s.n.], 2016 (accessed Mar 16, 2020).
- CASTELVECCHI, S. On “Diegesis” and “Diegetic”: words and concepts. **Journal of the American Musicological Society**, [S.l.], v. 73, n. 1, p. 149–171, 04 2020.
- COSTA, R. T. d. et al. Virtual reality exposure therapy for fear of driving: analysis of clinical characteristics, physiological response, and sense of presence. **Brazilian Journal of Psychiatry**, [S.l.], v. 40, p. 192 – 199, 06 2018.
- CRUZ-NEIRA, C. et al. The cave: audio visual experience automatic virtual environment. **Commun. ACM**, New York, NY, USA, v. 35, n. 6, p. 64–72, June 1992.
- CUERVO, E.; CHINTALAPUDI, K.; KOTARU, M. Creating the perfect illusion: what will it take to create life-like virtual reality headsets? In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON MOBILE COMPUTING SYSTEMS APPLICATIONS, 19., 2018, New York, NY, USA. **Proceedings...** Association for Computing Machinery, 2018. p. 7–12. (HotMobile ’18).
- DAVIS, F. D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. **MIS Quarterly**, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 319–340, 1989.
- DESAI, P. et al. A review paper on oculus rift-a virtual reality headset. **International Journal of Engineering Trends and Technology**, [S.l.], v. 13, 08 2014.

DOUGHERTY, C. **Google intensifies focus on its cardboard virtual reality device.** [S.l.: s.n.], 2015 (accessed Feb 21, 2020).

DOYLE, S.; DODGE, M.; SMITH, A. The potential of web-based mapping and virtual reality technologies for modelling urban environments. **Computers, Environment and Urban Systems**, [S.l.], v. 22, n. 2, p. 137 – 155, 1998.

DUARTE, E.; REBELO, F.; WOGALTER, M. S. Virtual reality and its potential for evaluating warning compliance. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**, [S.l.], v. 20, n. 6, p. 526–537, 2010.

FISHER, S. et al. Virtual interface environment workstations. **Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting**, [S.l.], v. 32, 02 1988.

FISHER, S. S. et al. Virtual environment display system. In: WORKSHOP ON INTERACTIVE 3D GRAPHICS, 1986., 1987, New York, NY, USA. **Proceedings...** Association for Computing Machinery, 1987. p. 77–87. (I3D '86).

FLANAGAN, G. **"the incredible story of the 'virtual boy' nintendo's vr headset from 1995 that failed spectacularly"**. [S.l.: s.n.], 2018 (accessed Mar 20, 2020).

GAMMA, E. et al. **Design patterns: elements of reusable object-oriented software.** [S.l.]: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1995.

Gonzaga, L. et al. Mosis — multi-outcrop sharing interpretation system. In: IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM (IGARSS), 2017., 2017. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2017. p. 5209–5212.

GUPTA, P.; PRAVEEN; GOVIL, M. Mvc design pattern for the multi framework distributed applications using xml, spring and struts framework. **International Journal on Computer Science and Engineering**, [S.l.], v. 2, 07 2010.

HAVIG, P. R.; MCINTIRE, J. P.; GEISELMAN, E. E. Virtual reality in a cave: limitations and the need for hmds? In: DEFENSE + COMMERCIAL SENSING, 2011. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2011.

HEILIG, M. Beginnings: sensorama and the telesphere mask. In: DIGITAL ILLUSION, 1998. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1998. p. 343–351.

IACOVIDES, I. et al. Removing the hud: the impact of non-diegetic game elements and expertise on player involvement. In: 2015. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2015.

JERALD, J. **The vr book: human-centered design for virtual reality.** [S.l.]: Morgan Claypool Publishers, 2015. 9 p.

JERALD, J. **The vr book: human-centered design for virtual reality.** [S.l.]: Morgan Claypool Publishers, 2015. 275-288 p.

KAHLON, S.; LINDNER, P.; NORDGREEN, T. Virtual reality exposure therapy for adolescents with fear of public speaking: a non-randomized feasibility and pilot study. **Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health**, [S.l.], v. 13, 12 2019.

LANGE, B. S. et al. The potential of virtual reality and gaming to assist successful aging with disability. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics**, [S.l.], v. 21, n. 2, p. 339–356, May 2010.

LEMOLE G. MICHAEL, J. et al. Virtual Reality in Neurosurgical Education: part-task ventriculostomy simulation with dynamic visual and haptic feedback. **Neurosurgery**, [S.l.], v. 61, n. 1, p. 142–149, 07 2007.

MALETIC, J. I.; LEIGH, J.; MARCUS, A. Visualizing software in an immersive virtual reality environment. In: PROCEEDINGS OF ICSE'01 WORKSHOP ON SOFTWARE VISUALIZATION, 2001. **Anais...** Society Press, 2001. p. 12–13.

MANOLAS, C.; PAULETTO, S. Enlarging the diegetic space: uses of the multichannel soundtrack in cinematic narrative. **The Soundtrack**, [S.l.], v. 2, p. 39–55, 08 2009.

MORRIS, D. et al. A collaborative virtual environment for the simulation of temporal bone surgery. In: MEDICAL IMAGE COMPUTING AND COMPUTER-ASSISTED INTERVENTION – MICCAI 2004, 2004, Berlin, Heidelberg. **Anais...** Springer Berlin Heidelberg, 2004. p. 319–327.

NEWSROOM, S. "[hands-on] get ready to explore windows mixed reality with samsung's hmd odyssey". [S.l.: s.n.], 2018 (accessed Mar 15, 2020).

NORDAHL, R. et al. Preliminary experiment combining virtual reality haptic shoes and audio synthesis. In: HAPTICS: GENERATING AND PERCEIVING TANGIBLE SENSATIONS, 2010, Berlin, Heidelberg. **Anais...** Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 123–129.

Nordahl, R.; Turchet, L.; Serafin, S. Sound synthesis and evaluation of interactive footsteps and environmental sounds rendering for virtual reality applications. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, [S.l.], v. 17, n. 9, p. 1234–1244, 2011.

NORTH, M. M.; NORTH, S. M. A comparative study of sense of presence of traditional virtual reality and immersive environments. **Australasian Journal of Information Systems**, [S.l.], v. 20, Feb. 2016.

ORLADY, H. et al. **Using full-mission simulation for human factors research in air transport operations**. [S.l.]: National Aeronautics and Space Administration, Scientific and Technical Information Division, 1988. (NASA technical memorandum).

PERES, S. C.; PHAM, T.; PHILLIPS, R. Validation of the system usability scale (sus): sus in the wild. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, [S.l.], v. 57, n. 1, p. 192–196, 2013.

RIVA, G. et al. Transforming experience: the potential of augmented reality and virtual reality for enhancing personal and clinical change. **Frontiers in Psychiatry**, [S.l.], v. 7, p. 164, 2016.

Rossa, P. et al. Mosis v2: immersive virtual outcrop models. In: IGARSS 2019 - 2019 IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, 2019. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2019. p. 6831–6834.

Rossa, P. et al. Mosis: immersive virtual field environments for earth sciences. In: IEEE CONFERENCE ON VIRTUAL REALITY AND 3D USER INTERFACES (VR), 2019., 2019. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2019. p. 1140–1141.

ROSSA, P. et al. Vroffice: interactive and immersive 3d visualization, manipulation and correlation of multivariable georeferenced datasets in virtual reality (demo paper). In: ACM SIGSPATIAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, 27., 2019. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2019. p. 600–603.

SALOMONI, P. et al. Diegetic user interfaces for virtual environments with hmds: a user experience study with oculus rift. **Journal on Multimodal User Interfaces**, [S.l.], v. 11, p. 173–184, 2016.

SCHUEMIE, M. et al. Research on presence in virtual reality: a survey. **Cyberpsychology behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society**, [S.l.], v. 4, p. 183–201, 05 2001.

STEUER, J. Defining virtual reality: dimensions determining telepresence. **Journal of communication**, [S.l.], v. 42, n. 4, p. 73–93, 1992.

SUTHERLAND, I. E. The ultimate display. In: IFIP CONGRESS, 1965. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1965. p. 506–508.

SUTHERLAND, I. E. A head-mounted three dimensional display. In: DECEMBER 9-11, 1968, FALL JOINT COMPUTER CONFERENCE, PART I, 1968, New York, NY, USA. **Proceedings...** Association for Computing Machinery, 1968. p. 757–764. (AFIPS '68 (Fall, part I)).

TAN, S.-L.; SPACKMAN, M. P.; WAKEFIELD, E. M. The Effects of Diegetic and Nondiegetic Music on Viewers' Interpretations of a Film Scene. **Music Perception**, [S.l.], v. 34, n. 5, p. 605–623, 06 2017.

VENKATESH, V.; DAVIS, F. A theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies. **Management Science**, [S.l.], v. 46, p. 186–204, 02 2000.

WADE, N.; ONO, H. Early studies of binocular and stereoscopic vision. **Japanese Psychological Research**, [S.l.], v. 54, 03 2012.

WHITNEY, S. L. et al. The potential use of virtual reality in vestibular rehabilitation: preliminary findings with the bnave. **pre**, [S.l.], v. 26, n. 2, 2002.

WIEBE, E. N. et al. Haptic feedback and students' learning about levers: unraveling the effect of simulated touch. **Computers Education**, [S.l.], v. 53, n. 3, p. 667 – 676, 2009.

WIRE, B. "nintendo introduces video game players to three-dimensional worlds with new virtual reality video game system; 32-bit virtual boyshown at shoshinkai software exhibition in japan." [S.l.: s.n.], 1994 (accessed Mar 20, 2020).

ÇAMCI, A. Exploring the effects of diegetic and non-diegetic audiovisual cues on decision-making in virtual reality. In: ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY, 2019. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2019.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO TAM, APLICADO EM INGLÊS

1. Perceived Ease of Use

- (a) Learn how to use VROffice to correlate GDCs would be easy.
- (b) Correlate GDCs using VROffice would be quick and require less effort.
- (c) GDCs interactions in VROffice are clear and comprehensive.
- (d) Correlate GDCs in VROffice would be easy.

2. Perceived Usefulness

- (a) VROffice allows me to better correlate GDCs.
- (b) VROffice enhances my understanding of GDCs.
- (c) VROffice allows me to easily correlate GDCs.
- (d) VROffice would be useful to me.

3. Perceived Immersion

- (a) By using VROffice I was not aware of my real environment.
- (b) By using VROffice I have a realistic environment to correlate GDCs.
- (c) By using VROffice I felt immersed in its environment..

4. Perceived Presence

- (a) By using VROffice I felt in a different environment.
- (b) By using VROffice I felt that the environment reacted to my actions.
- (c) By using VROffice I felt present in the virtual environment.

5. Behavioral Intention to Use

- (a) I would use other software similar to VROffice.
- (b) I would recommend VROffice to my colleagues if available.
- (c) I would like to use VROffice again if available.
- (d) I would use VROffice frequently, if available.

APÊNDICE B – GRÁFICOS DE RESULTADO DO FORMULÁRIO TAM

Learn how to use VROffice to correlate GDCs would be easy.

82 respostas

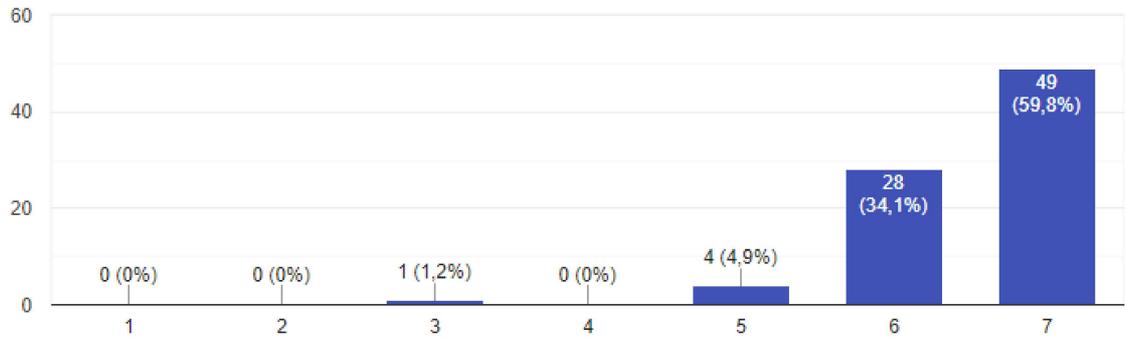


Figura 36: Learn how to use VROffice to correlate GDCs would be easy.

Correlate GDCs using VROffice would be quick and require less effort.

82 respostas

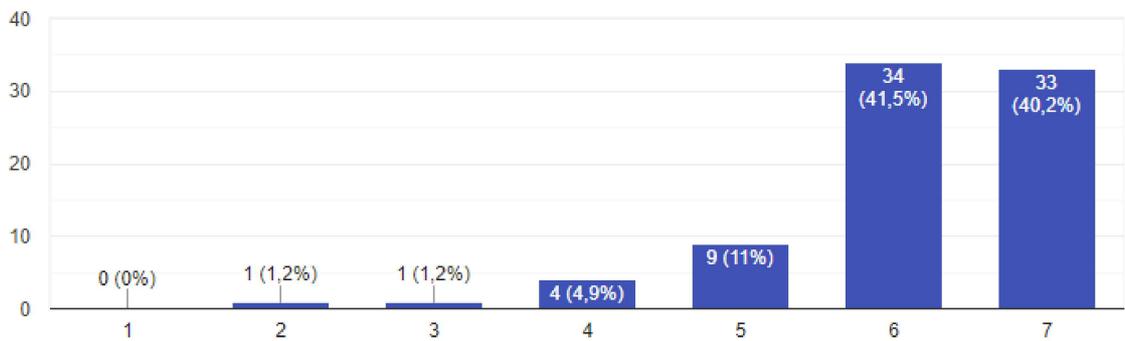


Figura 37: Correlate GDCs using VROffice would be quick and require less effort.

GDCs interactions in VROffice are clear and comprehensive.

82 respostas

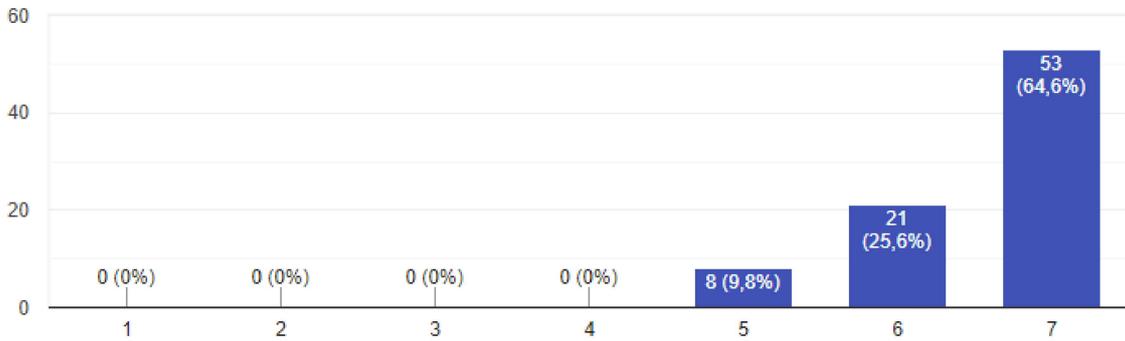


Figura 38: GDCs interactions in VROffice are clear and comprehensive.

Correlate GDCs in VROffice would be easy.

82 respostas

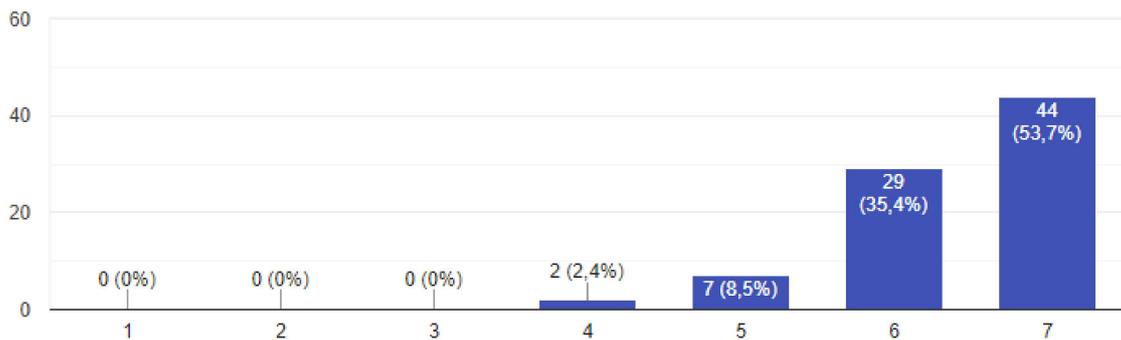


Figura 39: Correlate GDCs in VROffice would be easy.

VROffice allows me to better correlate GDCs.

82 respostas

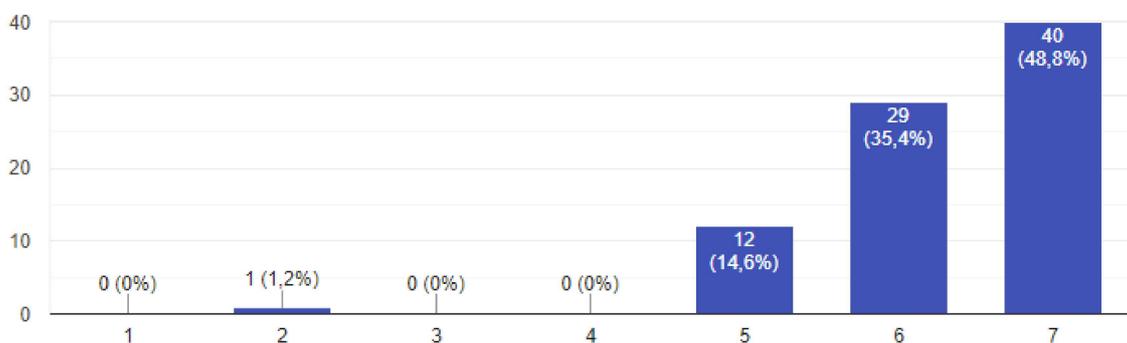


Figura 40: VROffice allows me to better correlate GDCs.

VROffice enhances my understanding of GDCs.

82 respostas

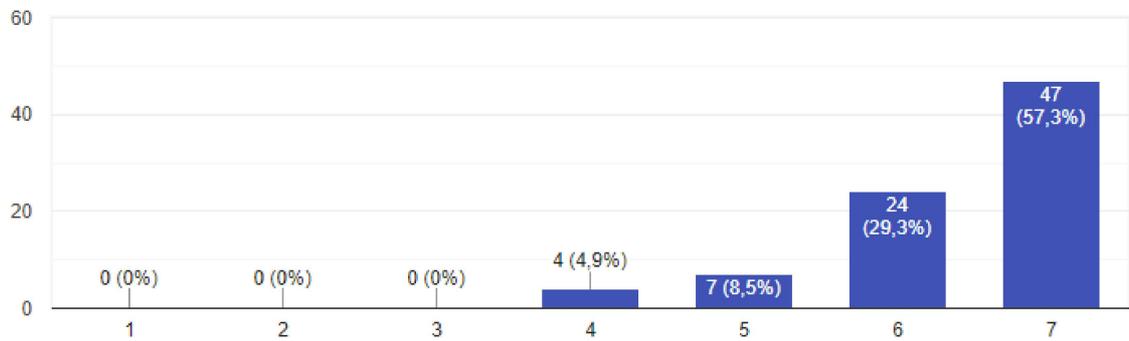


Figura 41: VROffice enhances my understanding of GDCs.

VROffice allows me to easily correlate GDCs.

82 respostas

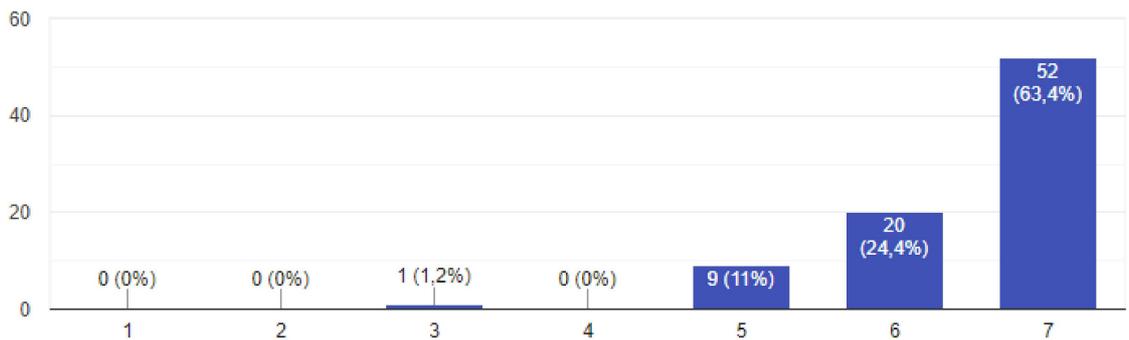


Figura 42: VROffice allows me to easily correlate GDCs.

VROffice would be useful to me.

82 respostas

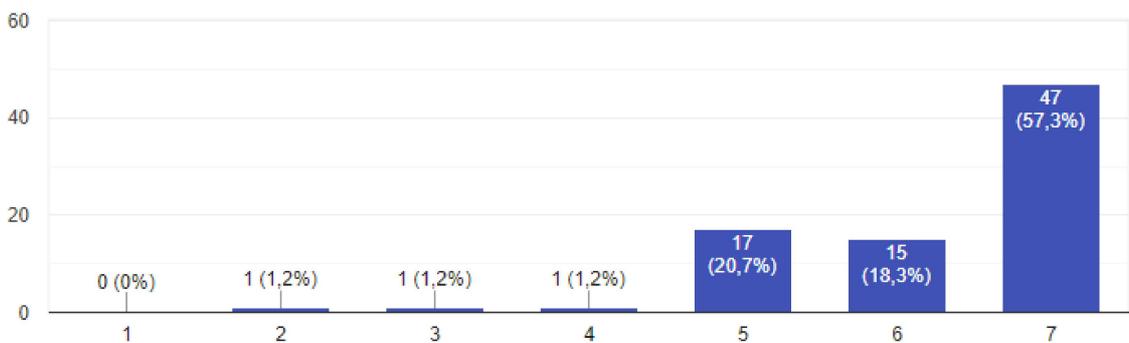


Figura 43: VROffice would be useful to me.

By using VROffice I was not aware of my real environment.

82 respostas

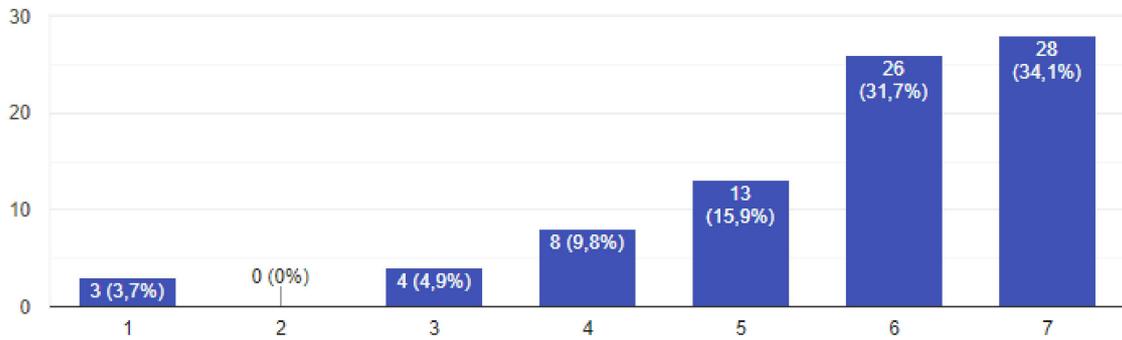


Figura 44: By using VROffice I was not aware of my real environment.

By using VROffice I have a realistic environment to correlate GDCs.

82 respostas

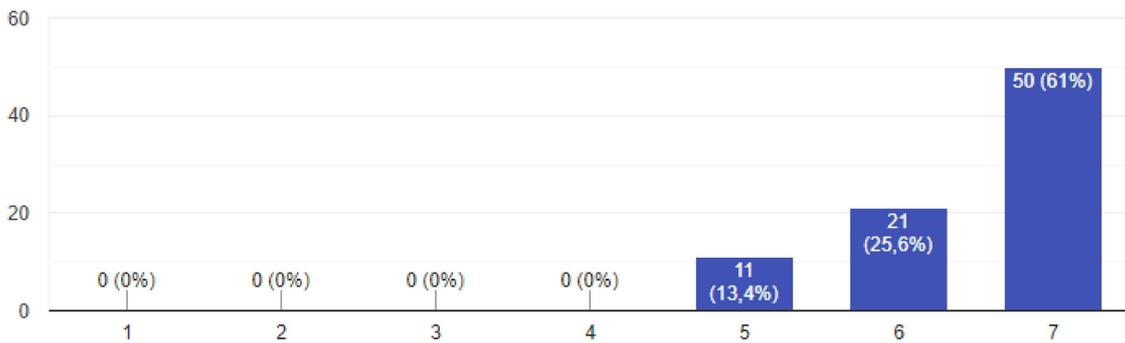


Figura 45: By using VROffice I have a realistic environment to correlate GDCs.

By using VROffice I felt immersed in its environment.

82 respostas

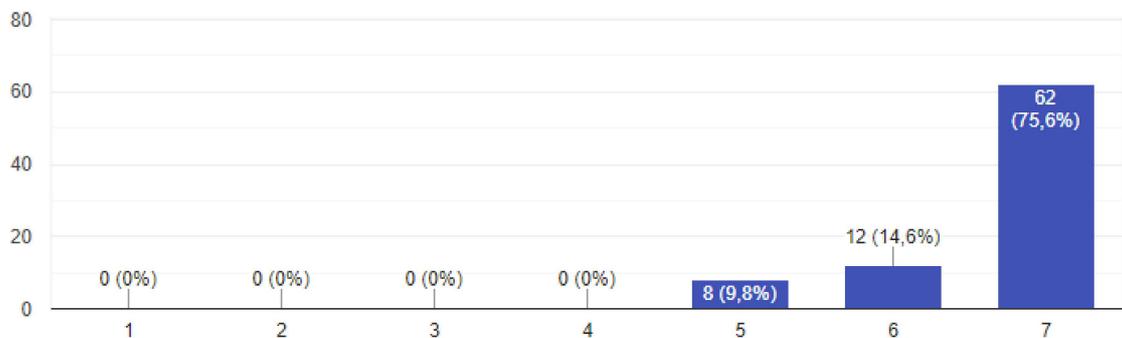


Figura 46: By using VROffice I felt immersed in its environment.

By using VROffice I felt in a different environment.



82 respostas

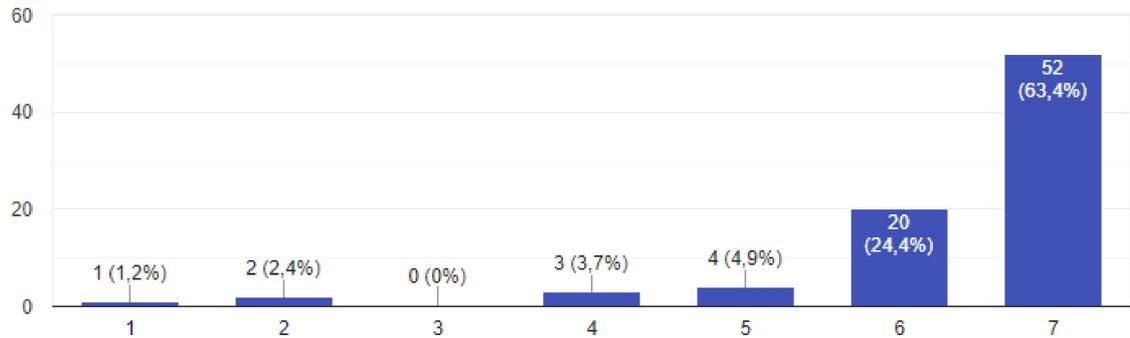


Figura 47: By using VROffice I felt in a different environment.

By using VROffice I felt that the environment reacted to my actions.

82 respostas

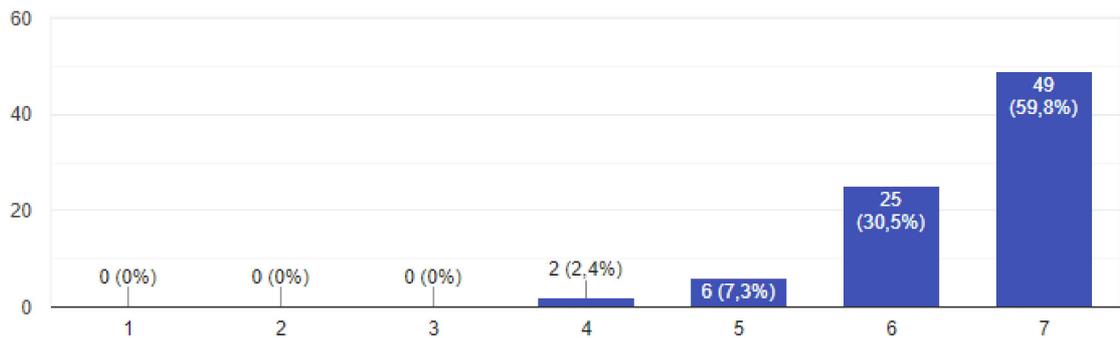


Figura 48: By using VROffice I felt that the environment reacted to my actions.

By using VROffice I felt present in the virtual environment.

82 respostas

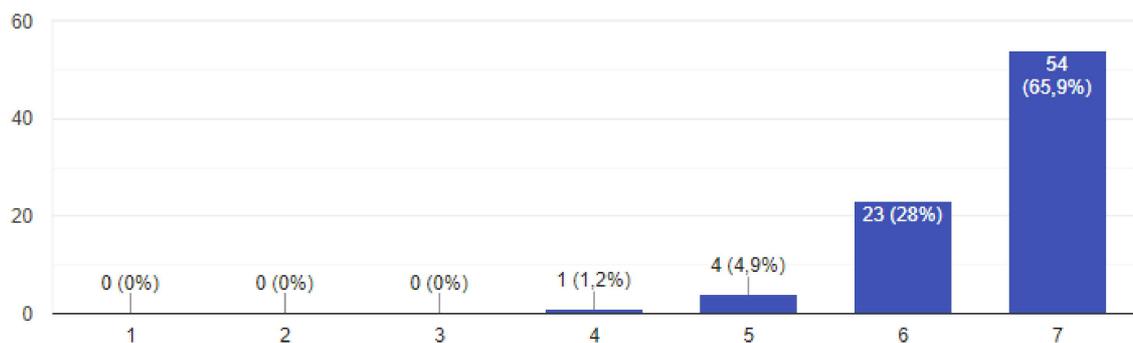


Figura 49: By using VROffice I felt present in the virtual environment.

I would use other software similar to VROffice.

82 respostas

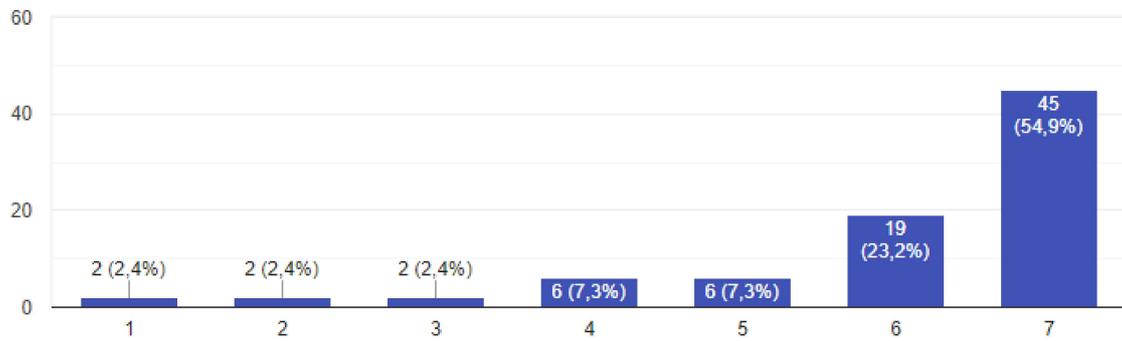


Figura 50: I would use other software similar to VROffice.

I would recommend VROffice to my colleagues if available.

82 respostas

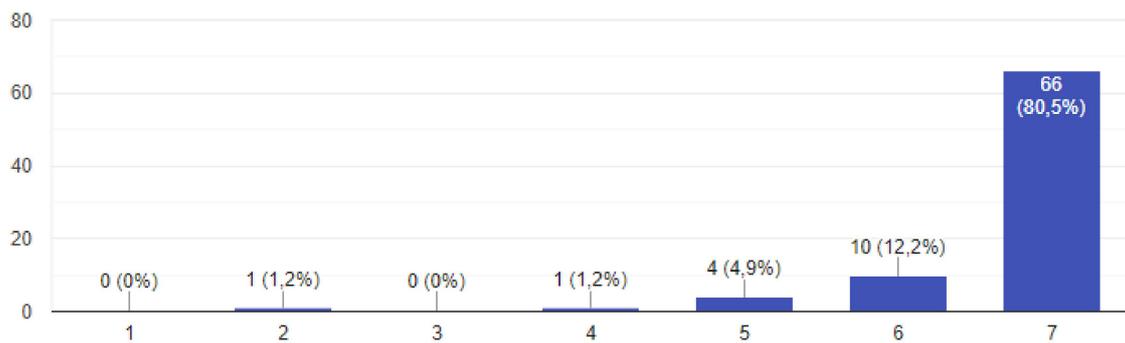


Figura 51: I would recommend VROffice to my colleagues if available.

I would like to use VROffice again if available.

82 respostas

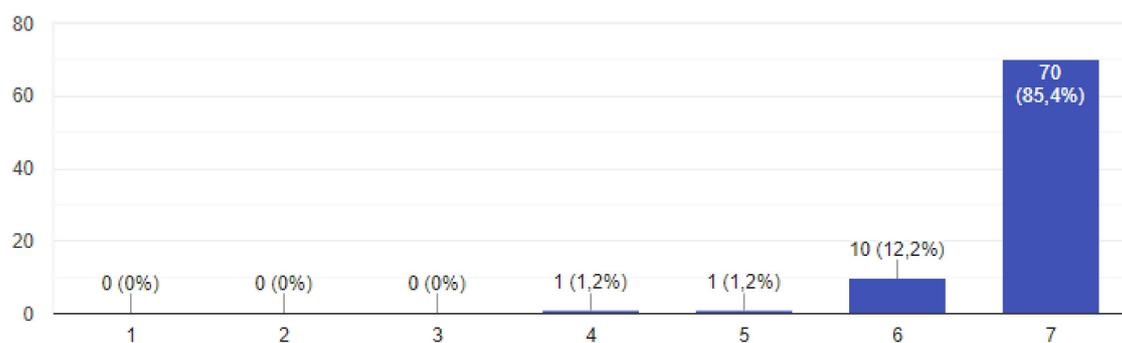


Figura 52: I would like to use VROffice again if available.

I would use VROffice frequently, if available.

82 respostas

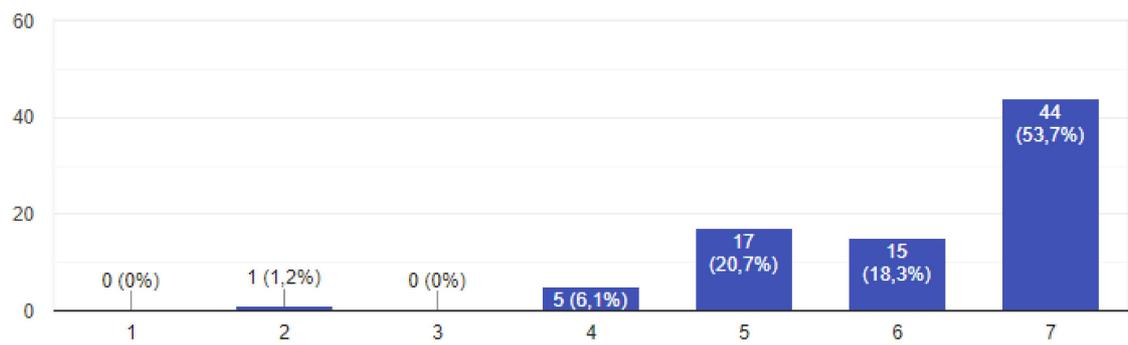


Figura 53: I would use VROffice frequently, if available.

APÊNDICE C – RESULTADOS TABELADOS DO FORMULÁRIO TAM

	Média (Geólogos)	Desvio padrão	Média (Outros)	Desvio padrão	Estatística <i>t</i>	<i>pvalue</i>
Aprender a utilizar o LAB para correlacionar GDCs seria fácil para mim.	6,789	0,419	6,426	0,763	4,914	0,000
Correlacionar GDCs no LAB seria rápido e diminuiria o esforço.	6,474	0,612	6,033	1,064	1,240	0,230
As interações com GDCs no LAB são claras e compreensíveis.	6,737	0,452	6,492	0,722	4,089	0,001
Correlacionar GDCs no LAB é fácil para mim.	6,789	0,419	6,295	0,803	4,914	0,000
Utilizar o LAB me permite correlacionar GDCs.	6,737	0,452	6,164	0,934	4,089	0,001
Utilizar o LAB aumenta a minha percepção sobre GDCs.	6,684	0,478	6,344	0,873	3,424	0,003
Utilizar o LAB facilitaria correlacionar GDCs.	6,842	0,375	6,377	0,860	6,016	0,000
Utilizar o LAB seria útil para mim.	6,789	0,535	6,098	1,106	3,909	0,001
Utilizando o LAB eu esqueci do mundo ao meu redor.	5,579	2,194	5,656	1,196	-1,422	0,172
Utilizando o LAB tenho um ambiente realista para manipulação dos GDCs.	6,737	0,562	6,426	0,741	3,335	0,003
Utilizando o LAB eu me senti imerso no ambiente.	6,947	0,229	6,557	0,719	10,822	0,000
Utilizando o LAB eu me senti em outro ambiente.	6,526	1,429	6,295	1,131	0,700	0,493
Utilizando o LAB eu senti que o ambiente reagia as minhas ações.	6,737	0,733	6,393	0,737	2,581	0,018
Utilizando o LAB eu me senti presente no ambiente virtual.	6,789	0,419	6,525	0,698	4,914	0,000
Eu utilizaria outras ferramentas similares ao LAB.	6,421	1,502	5,934	1,448	0,362	0,722
Eu recomendaria o LAB aos meus conhecidos se disponível.	7,000	0,000	6,590	0,901	24,112	0,000
Eu gostaria de utilizar o LAB novamente se disponível.	6,947	0,229	6,770	0,560	10,822	0,000
Eu utilizaria o LAB frequentemente se disponível.	6,842	0,501	5,951	1,132	4,601	0,000

Tabela 1: Médias, desvios padrão e estatística t para amostras não pareadas, da amostra de usuários que já tiveram contato com RV (16 indivíduos), e amostra de usuários que usaram pela primeira vez (64 indivíduos).

	Média (Geólogos)	Desvio padrão	Média (Outros)	Desvio padrão	estatística t	pvalue
Aprender a utilizar o LAB para correlacionar GDCs seria fácil para mim.	6,789	0,419	6,426	0,763	4,914	0,000
Correlacionar GDCs no LAB seria rápido e diminuiria o esforço.	6,474	0,612	6,033	1,064	1,240	0,230
As interações com GDCs no LAB são claras e compreensíveis.	6,737	0,452	6,492	0,722	4,089	0,001
Correlacionar GDCs no LAB é fácil para mim.	6,789	0,419	6,295	0,803	4,914	0,000
Utilizar o LAB me permite correlacionar GDCs.	6,737	0,452	6,164	0,934	4,089	0,001
Utilizar o LAB aumenta a minha percepção sobre GDCs.	6,684	0,478	6,344	0,873	3,424	0,003
Utilizar o LAB facilitaria correlacionar GDCs.	6,842	0,375	6,377	0,860	6,016	0,000
Utilizar o LAB seria útil para mim.	6,789	0,535	6,098	1,106	3,909	0,001
Utilizando o LAB eu esqueci do mundo ao meu redor.	5,579	2,194	5,656	1,196	-1,422	0,172
Utilizando o LAB tenho um ambiente realista para manipulação dos GDCs.	6,737	0,562	6,426	0,741	3,335	0,003
Utilizando o LAB eu me senti imerso no ambiente.	6,947	0,229	6,557	0,719	10,822	0,000
Utilizando o LAB eu me senti em outro ambiente.	6,526	1,429	6,295	1,131	0,700	0,493
Utilizando o LAB eu senti que o ambiente reagia as minhas ações.	6,737	0,733	6,393	0,737	2,581	0,018
Utilizando o LAB eu me senti presente no ambiente virtual.	6,789	0,419	6,525	0,698	4,914	0,000
Eu utilizaria outras ferramentas similares ao LAB.	6,421	1,502	5,934	1,448	0,362	0,722
Eu recomendaria o LAB aos meus conhecidos se disponível.	7,000	0,000	6,590	0,901	24,112	0,000
Eu gostaria de utilizar o LAB novamente se disponível.	6,947	0,229	6,770	0,560	10,822	0,000
Eu utilizaria o LAB frequentemente se disponível.	6,842	0,501	5,951	1,132	4,601	0,000

Tabela 2: Médias, desvios padrão e estatística t para amostras não pareadas, da amostra de usuários que tem ocupação na geologia(19 indivíduos), e amostra de usuários que têm outras ocupações profissionais (61 indivíduos).