

**CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO**

**JOSÉ GUILHERME PARO MONTEIRO TOMAINE**

**MODELAGEM 3D DO ZOOLÓGICO DE BAURU**

BAURU  
2019

**JOSÉ GUILHERME PARO MONTEIRO TOMAINE**

**MODELAGEM 3D DO ZOOLÓGICO DE BAURU**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração, como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Ciência da Computação, sob orientação do Prof. M.e Renan Caldeira Menecelli.

**BAURU  
2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo  
com ISBD

Tomaine, José Guilherme Paro Monteiro

T655m

Modelagem 3D do Zoológico de Bauru / José Guilherme  
Paro Monteiro Tomaine. -- 2019.

101f. : il.

Orientador: Prof. M.e Renan Caldeira Menechelli

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência  
da Computação) - Universidade do Sagrado Coração - Bauru  
- SP

1. Realidade virtual. 2. Zoológico. 3. Visita virtual. 4.  
Blender. 5. Blend4web. I. Menechelli, Renan Caldeira. II.  
Título.

**JOSÉ GUILHERME PARO MONTEIRO TOMAINE**

**MODELAGEM 3D DO ZOOLÓGICO DE BAURU**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Ciência da Computação sob orientação do Prof. M.e Renan Caldeira Menechelli.

Bauru, 7 de Junho de 2019.

Banca examinadora:

---

Prof. Me. José Rafael Pilan  
Centro Universitário Sagrado Coração

---

Prof. Me. Patrick Pedreira Silva  
Centro Universitário Sagrado Coração

---

Prof. Me. Renan Caldeira Menechelli  
Centro Universitário Sagrado Coração

Dedico este trabalho aos meus pais e familiares que sempre me deram apoio quanto a todas as minhas decisões e afins, inclusive na escolha deste curso, do início até o seu término.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais pelo incentivo, companheirismo e amor que sempre transmitiram a mim e a todos a sua volta, permitindo com que cada dia pudesse ser cada vez melhor.

Agradeço aos meus amigos de sala que também sempre me deram apoio, nos momentos mais difíceis em que achávamos que tudo estava perdido, sempre havia algo bom que nos lembrava de continuar até o final e vencer todas as etapas para chegar aos diversos objetivos finais.

Sou muito grato a todos os momentos que tenho passado até este presente momento em que estou no momento de finalização deste curso, rumo a uma outra etapa de minha vida.

## **RESUMO**

A realidade virtual está se tornando cada vez mais presente na vida de muitas pessoas como um todo, assim, este trabalho visa a análise do uso da RV e outras tecnologias análogas a muitos aspectos, principalmente, os interativos, em que podem ser englobados os passeios/visitas virtuais. Neste caso, foi abordado a visita virtual no zoológico de Bauru, em que através do uso da pesquisa exploratória nos âmbitos de detalhamento e aprofundamento do assunto nos aspectos considerados mais importantes, proporcionou um melhor conhecimento de mundo sobre o tema, para que pudesse ser utilizado para o desenvolvimento do zoológico em 3D em si. Para isso, foi utilizado o software Blender para a modelagem dos objetos (jaulas, edificações, entre outros) da maneira mais fiel e detalhada possível e, posteriormente todo o projeto foi exportado para o ambiente web na linguagem HTML. Esta última ação foi possibilitada devido a utilização do framework Blend4web, o qual também permitiu com que fosse criada uma interação entre as diversas localidades do zoo, na qual o usuário pode movimentar-se livremente e decidir qual jaula ou edifício gostaria de visitar no momento ao utilizar o mouse ou teclado para a movimentação e o mouse para a interação através de cliques em placas presentes por todo o arquivo principal e cada arquivo de cada jaula. O ambiente web acabou proporcionando uma melhor experiência e facilidade para o usuário que o utilizar, já que é um meio que pode ser acessado de praticamente qualquer local, bastando que haja a presença de um navegador de internet e uma conexão à ela.

**Palavras-chave:** Realidade virtual. Zoológico. Visita virtual. Blender. Blend4web. 3D.

## **ABSTRACT**

Virtual reality is becoming more and more present in the lives of many people as a whole, so this work aims to analyze the use of VR and other technologies analogous to many aspects, especially interactive ones, in which walks can be encompassed. / virtual tours. In this case, the virtual visit to the Bauru zoo was approached, in which through the use of exploratory research in the areas of detailing and deepening of the subject in the aspects considered most important, it provided a better world knowledge on the subject, so that it could be used. for the development of the 3D zoo itself. For this, Blender software was used to model the objects (cages, buildings, among others) in the most faithful and detailed way possible, and later the whole project was exported to the web environment in HTML language. This last action was made possible due to the use of the Blend4web framework, which also allowed an interaction between the different zoo locations to be created, in which the user can move freely and decide which cage or building to visit at the moment. use the mouse or keyboard for movement and the mouse for interaction by clicking on plates present throughout the main file and each file in each cage. The web environment ended up providing a better user experience and ease of use, since it is a medium that can be accessed from almost anywhere, just by having a web browser and a connection to it.

**Keywords:** Virtual reality. Zoo. Virtual tour Blender Blend4web. 3D.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da Realidade Virtual .....	15
Figura 2 - Simulador Sensorama .....	21
Figura 3 - Os três itens chave da realidade virtual.....	22
Figura 4 - Capacete de Realidade Virtual .....	23
Figura 5 - Visor CAVE grande com cinco lados.....	24
Figura 6 - Luva de Dados.....	26
Figura 7 - Bola Isométrica.....	27
Figura 8 - Vídeo-Capacete HMD .....	29
Figura 9 - Head coupled display.....	30
Figura 10 - Shutter Glasses .....	31
Figura 11 - Braço mecânico segurando um martelo.....	33
Figura 12 - Primitivas 3D.....	34
Figura 13 - Código VRML.....	40
Figura 14 – Linguagem HTML e algumas de suas tags .....	41
Figura 15 - Código Java 3D .....	43
Figura 16 - DAG para um robô .....	44
Figura 17 - Nô LOD em relação a várias distâncias de um objeto .....	46
Figura 18 - Exemplo de textura intercalável .....	48
Figura 19 - Portal de Entrada do Zoológico de Bauru .....	50
Figura 20 - Tela inicial do AutoCAD .....	61
Figura 21 - Tela inicial do Illustrator .....	62
Figura 22 - Tela principal do software Blender.....	64
Figura 23 - Tela principal software 3ds Max .....	67
Figura 24 - Ícone Blend4web .....	69
Figura 25 - Visão geral do zoológico 3D .....	74
Figura 26 - Visão geral do zoológico 3D - Finalizado.....	74
Figura 27 - Visão geral do zoológico - Outro ângulo .....	75
Figura 28 - Refeitório.....	75
Figura 29 - Refeitório finalizado .....	76
Figura 30 - Refeitório finalizado - Outro ângulo.....	76
Figura 31 - Jaula .....	77
Figura 32 - Aquário.....	77
Figura 33 - Aquário finalizado .....	78
Figura 34 - Aquário - Outro ângulo .....	78
Figura 35 - Aquário finalizado - Outro ângulo.....	79
Figura 36 - Aramado de aves.....	79
Figura 37 - Aramado de aves finalizado .....	80
Figura 38 - Jaula dos répteis.....	80
Figura 39 - Jaula dos répteis - Outro ângulo .....	81
Figura 40 - Jaula dos répteis finalizada.....	81
Figura 41 - Jaula dos répteis - Outro ângulo .....	82

Figura 42 - Jaula dos répteis finalizada - Outro ângulo .....	82
Figura 43 - Jaula dos répteis finalizada - Outro ângulo .....	83
Figura 44 - Jaula corujas .....	83
Figura 45 - Jaula corujas finalizada .....	84
Figura 46 - Jaula corujas finalizada - Outro ângulo.....	84
Figura 47 - Jaula pinguins .....	85
Figura 48 - Jaula pinguins finalizada .....	85
Figura 49 - Jaula pinguins - Outro ângulo.....	86
Figura 50 - Jaula pinguins finalizada - Outro ângulo .....	86
Figura 51 - Jaula pinguins - Outro ângulo.....	87
Figura 52 - Jaula suricates .....	87
Figura 53 - Jaula suricates finalizada - Outro ângulo .....	88
Figura 54 - Jaula suricates - Outro ângulo .....	88
Figura 55 - Jaula suricates finalizada.....	89
Figura 56 - Placa para navegação entre os arquivos.....	90
Figura 57 - Funcionamento da lógica de navegação do Blend4web .....	91

## **LISTA DE SIGLAS**

2DOF – TWO DEGREES OF FREEDOM (2 GRAUS DE LIBERDADE)

3DOF – THREE DEGREES OF FREEDOM (3 GRAUS DE LIBERDADE)

6DOF – SIX DEGREES OF FREEDOM (6 GRAUS DE LIBERDADE)

3D – TERCEIRA DIMENSÃO

4D – QUARTA DIMENSÃO

API – APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE (INTERFACE DE PROGRAMAÇÃO DE APLICAÇÕES)

CAVE - CAVE AUTOMATIC VIRTUAL ENVIRONMENT (CAVERNA DIGITAL)

CRT – CATHODIC RAY TUBE (TUBO DE RAIOS CATÓDICOS)

DAG – DIRECTED ACYCLIC GRAPH (GRAFO ACÍCLICO DIRIGIDO)

HDMD – HEAD MOUNTED DISPLAY (TELA ACOPPLADA A CABEÇA)

IA - INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

LCD - LÍQUID CRISTAL DISPLAY (TELA DE CRISTAL LÍQUIDO)

ME – MICRO EDITION (JAVA ME)

OPENGL - OPEN GRAPHICS LIBRARY (BIBLIOTECA DE GRÁFICOS ABERTA)

PC – PERSONAL COMPUTER (COMPUTADOR PESSOAL)

RA – REALIDADE AUMENTADA

RM – REALIDADE MISTURADA

RV – REALIDADE VIRTUAL

SRC - SISTEMA DE REFERÊNCIA DA CÂMERA

SRT – SISTEMA DE REFERÊNCIA DA TELA

SRU – SISTEMA DE REFERÊNCIA DO UNIVERSO

TV - TELEVISÃO

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
2 OBJETIVOS .....	19
2.2 OBJETIVO GERAL.....	19
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3 REALIDADE VIRTUAL.....	20
3.1 CONCEITO DE REALIDADE VIRTUAL .....	20
3.2 HISTÓRICO .....	21
3.3 IMERSÃO, INTERAÇÃO E ENVOLVIMENTO .....	22
3.3.1 Imersão.....	22
3.3.2 Interação.....	24
3.3.3 Imaginação .....	25
3.4 DISPOSITIVOS DE ENTRADA E SAÍDA DE DADOS .....	25
3.4.1 Dispositivos De Entrada .....	25
3.4.1.1 Dispositivos De Interação .....	25
3.4.1.1.1 Luva De Dados .....	25
3.4.1.1.2 Dispositivos Com Graus De Liberdade.....	26
3.4.1.1.3 Sensores De Entrada Biológicos.....	27
3.4.2 Dispositivos De Saída.....	28
3.4.2.1 Dispositivos Visuais.....	28
3.4.2.1.1 Vídeo-Capacete (HMD) .....	28
3.4.2.1.2 Head-Coupled Display (Boom) .....	29
3.4.2.1.3 Monitores E Sistemas De Projeção .....	30
3.4.3 Dispositivos Auditivos.....	31
3.4.4 Dispositivos Físicos .....	31
3.4.4.1 Reação Tátil.....	32
3.4.4.2 Reação De Força.....	32
3.5 PRIMITIVAS.....	34
3.6 HARDWARE .....	35
3.7 CINEMÁTICA, DINÂMICA E ÁUDIO .....	36
3.7.1 Cinemática .....	36
3.7.2 Dinâmica .....	37
3.8 LINGUAGENS .....	38

3.8.1 Vrml.....	38
3.8.2 Html .....	40
3.8.3 Java 3D .....	41
3.9 GRAFO DE CENA .....	43
3.9.1 Tipos De Nós.....	45
3.10 TEXTURA.....	47
3.11 ANIMAÇÃO.....	48
4 VISITA VIRTUAL .....	50
5 SOFTWARES DE MODELAGEM 3D .....	55
5.1 COMPUTAÇÃO GRÁFICA .....	55
5.1.1 Visualização .....	55
5.1.1.1 Especificação da Visualização .....	58
5.1.1.2 Transformações de Visualização .....	58
5.1.2 Otimização .....	59
5.1.4 Softwares.....	60
5.1.4.1 AutoCAD .....	60
5.1.4.2 Adobe Illustrator.....	61
5.2 MODELAGEM E RENDERIZAÇÃO.....	63
5.2.1 Blender.....	63
5.2.2 3ds Max.....	66
6 BLEND4WEB .....	68
7 MATERIAIS E MÉTODOS.....	70
7.1 PROJETO .....	70
7.1.1 Ferramentas Utilizadas .....	71
7.1.1.1 Softwares.....	71
7.2.1.2 Pesquisa em Campo .....	71
8 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	93
REFERÊNCIAS .....	95

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o início do seu uso até os dias atuais, vê-se que a tecnologia sempre foi e continua sendo extremamente importante para muitas áreas, desde as que podem ser consideradas mais simples até as mais complexas, visto que há sempre a necessidade de se evoluir com relação a qualquer tipo de coisa, para que a humanidade continue existindo e aprendendo com seus erros. Estes são alguns dos principais objetivos dela.

Nos tempos atuais ela ganhou o valor de ser uma aliada maior ainda na vida de praticamente todas as pessoas, desde o uso diário do smartphone como meio de comunicação, até os avançados carros autônomos que cada vez mais estão sendo aperfeiçoados. Porém, um dos principais quesitos a que ela está ganhando muito destaque também, é no uso recreativo/educativo/médico, entre outros, com a ascensão dos dispositivos de Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Realidade Misturada, dentre outras subdivisões centradas nesta mesma área. (RIBEIRO; ZORZAL, 2011).

O modo de funcionamento destes dispositivos varia de uso para uso e objetivos específicos a serem alcançados, porém, o processo para se criar os objetos em 3D (modelagem), na qual são utilizados por todos eles, é muito similar, podendo ser resumido em alguns passos, sendo que nos dias de hoje, não é mais necessário que o profissional que vai realizá-los tenha um conhecimento específico na área da computação, matemática, física e afins, somente na área artística (se este for o caso), cabendo a outros profissionais irem aperfeiçoando-os em suas respectivas áreas de conhecimento. (BRITTO, 2011). São eles: utilização de um software de modelagem para criar os objetos do ambiente 3D em questão, com relação a texturas, iluminação, entre outros elementos.

Posteriormente, no caso de jogos, são utilizados os chamados motores de jogo (game engines), que possuem a função de reunir todas as etapas de criação neste “ambiente”, para que possa ser executado com todas as propriedades anteriormente definidas como a física em si. (Britto, 2011).

Como dito anteriormente, já há muitas aplicações que se utilizam do uso destes conceitos de modelagem e afins para a criação de muitas aplicações em RV, as quais serão citadas algumas a seguir: o uso para a criação de habitats naturais de animais selvagens na aplicação Epic Zoo, em que o usuário pode realizar várias ações como andar, tirar fotos, descobrir informações sobre determinado animal, tudo isso sendo acompanhado por uma entidade também virtual para mostrar a ele o que pode realizar. (BAILER e ALVES, 2018); a criação de leões, tigres e ursos a partir de imagens em 2D que serviram como base para a

modelagem, realizada por alunos do Max Planck Institute for Intelligent Systems em Tübingen na Alemanha. (ZUFFI et al. 2018).

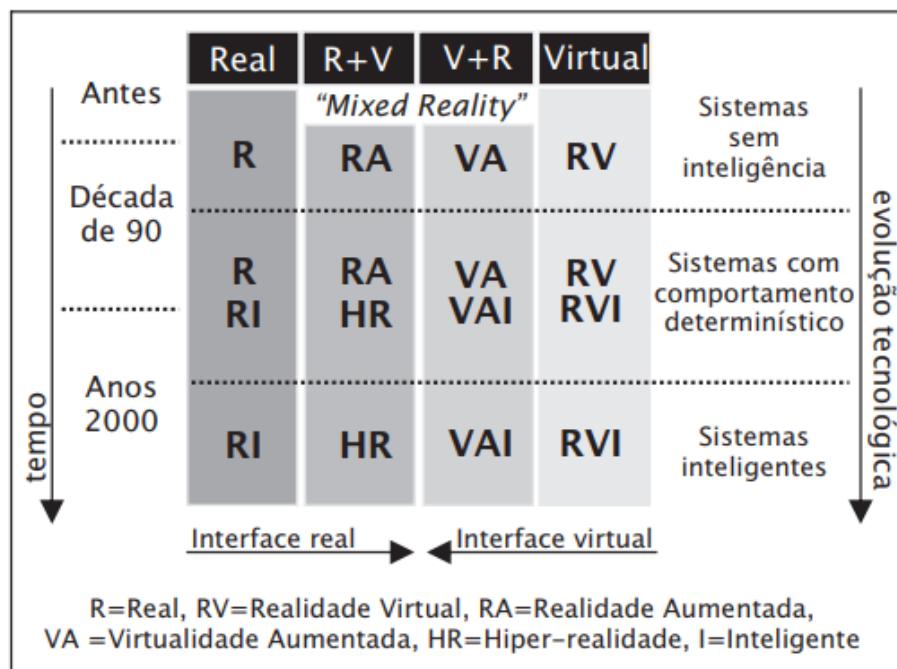
Para verificar toda essa evolução da RV até os dias atuais é necessário voltar ao período em que ela estava prestes a entrar em ascensão, na década de 90, na qual segundo Kirner (p. 3, 2008), foi a época em que

[...] Muitos dispositivos tecnológicos tornaram-se inteligentes, apresentando interfaces mais interativas e amigáveis, e os sistemas computacionais ficaram mais presentes e transparentes aos usuários.

Isto resultou do uso mais intensivo de: computação ubíqua, sistemas distribuídos, interações multimodais, processamento massivamente paralelo, inteligência artificial etc. (KIRNER, p. 3, 2008).

A partir disso a RV passou por uma grande variação, o qual pode ser vista no gráfico a seguir (Figura 1) – onde apresenta também a relação entre os vários tipos de interface com os respectivos sistemas (RV, RA, RM), propiciada principalmente pelas tecnologias que passaram a ser usadas e como elas estavam evoluindo, na qual por consequência acabaram levando a RV para o mesmo caminho.

Figura 1 - Evolução da Realidade Virtual



Fonte: Kirner (2008)

Neste período, ela ainda era considerada bem simples, vista com os olhos atuais, visto que sistemas com a utilização de seus recursos eram pouco interativos e as tecnologias de tracking do usuário que existem hoje, na época, eram baseadas em instrumentos mecânicos, magnéticos e ultrassônicos. Com o passar dos anos esses “empecilhos” foram sendo aperfeiçoados com o desenvolvimento de dispositivos interativos melhorados, além do tracking, que passou a ser usado a partir do meio ótico e não mais mecânico. Devido a esses avanços, por conseguinte, a RV e as outras áreas paralelas, citadas brevemente neste trabalho, tiveram uma grande ascensão, passando a ser um grande foco para os estudos. (KIRNER, 2008).

Dos anos 2000 para frente, Kirner (2008) descreve as últimas grandes “atualizações” a qual sofreram essas áreas até os dias atuais, como um grande avanço nas técnicas de inteligência artificial, interação multimodal, juntamente com a já citada computação ubíqua, as quais permitiram o novamente aperfeiçoamento para dispositivos e sistemas mais avançados no sentido de que agora eram utilitários da IA, na qual possuíam uma inteligência determinística, usada principalmente para a interação com o usuário, onde todas as possibilidades com que ele realizasse uma ação com ela eram previstas e “devolvidas” a ele como resposta.

Com toda essa evolução de dispositivos e conceitos em si, é normal pensar que apenas dispositivos muito poderosos, com grande poder de processamento, acoplados a computadores muito sofisticados, podem se utilizar desses tipos de tecnologias (RV, RA e RM), porém, em se tratando da realidade aumentada, por exemplo, é válido dizer que até aparelhos de uso corriqueiro nos dias atuais por todas as pessoas, como os celulares, tem a capacidade para “executá-la” de uma maneira muito boa, dependendo claro da quantidade de processamento que vão “roubar” destes aparelhos. Esses conceitos serão melhor definidos e explanados mais adiante na seção 3.6 Hardware.

Após estes e muitos outros pontos serem ditos é necessário entender um dos principais conceitos para o qual este trabalho foi realizado, o da visita virtual, na qual será especificada mais adiante para o âmbito do zoológico de Bauru, objeto utilizado como modelo e recriação em 3D.

Porém, antes é importante com que possam ser elencados algumas justificativas para as quais a escolha do local foi justamente esse e nenhum outro mais. A primeira pode ser exemplificada com um trecho retirado do próprio site do zoológico.

O Parque Zoológico Municipal de Bauru, é através de sua curta história, um dos Zoos de maior destaque do País, tanto pela sua estrutura, como pelo seu

sentido ecológico, o que vem despertando cada vez mais, a atenção das pessoas de Bauru e da região e a níveis Estadual e Nacional, por ser pioneiro em alguns projetos e diferente dos demais em seus objetivos. Tendo início as obras de construção em 1977, o Zoo foi inaugurado em 24 de agosto de 1980 com um número pequeno de animais, parte deles vindos do Zoológico da cidade de Bastos que acabava de ser desativado. Possuindo área de 20 alqueires, inserido em uma área de cerrado de mais de 200 alqueires, o Zoo Municipal pôde se expandir através dos anos, chegando hoje a ser em qualidade, um dos melhores do país. (HISTÓRIA DO ZOO..., c2009).

Outra justificativa para tal, podendo ser considerada a mais importante, unindo-se a importância de tal aplicação final desenvolvida, é o fato de, por ser um local público e como já citado, de extrema importância para a região, se por algum motivo, algum dia, seja necessário a realização de alguma reforma em suas instalações e haja o seu “fechamento” por tempo determinado, as pessoas que quiserem ter acesso ao seu acervo de espécies, poderão realizá-lo com facilidade e rapidez, visto a finalidade do projeto é estar disponível na web para ser acessado a qualquer hora, assim, talvez despertando em tal usuário um sentimento de desejo em visita-lo posteriormente, já tendo o feito anteriormente ou não.

Retornando-se para o conceito da visita virtual, pode-se dizer que esta não é tão simples de ser definida sozinha, mas com a agregação a uma explicação simples de “mundo virtual” pode ser entendida mais facilmente. Segundo Marcelino (p. 29, 2010),

Em um mundo virtual, não existem fronteiras. Este é o lugar onde milhares de pessoas podem interagir simultaneamente dentro de um mesmo espaço. Nele existe a possibilidade de se visitar lugares do globo, conhecer pessoas de países diferentes e distantes sem a necessidade de se estar lá. (MARCELINO, p. 29, 2010).

A visita virtual é justamente o momento em que o usuário “sai” de seu mundo atual, adentra o virtual e passa a interagir com todos os objetos, avatares, tudo que foi criado para estar ali naquele momento.

No caso de um museu ou mesmo de um zoológico, em que já no mundo real o usuário realiza este ato de “visitá-lo”, quando transportado ao virtual, esta expressão se encaixa perfeitamente no contexto e objetivo final, que se caracteriza por entretê-lo o máximo possível, e se possível, causando-lhe o sentimento de querer visitar este local a primeira vez, ao vivo, ou se já o tiver feito antes, que seja realizado novamente em breve.

Complementando, Kirner e Siscoutto (2007) afirmam que esta navegação/passeio/visita em 3D é o momento em que o usuário passa a interagir com os objetos presentes nele a partir de algum dispositivo específico e que ocorrem somente nele, sem alterações ou ações “transmitidas” para o real. Estas

Interações, propriamente ditas, com alterações no ambiente virtual, ocorrem quando o usuário entra no espaço virtual das aplicações e visualiza, explora, manipula e aciona ou altera os objetos virtuais, usando seus sentidos, incluindo os movimentos tridimensionais de translação e rotação naturais do corpo humano. (KIRNER e SISCOUTTO, p. 15, 2007).

A partir da explanação de todos esses conceitos e ideias iniciais sobre o tema, o foco deste trabalho é criar um ambiente virtual do Zoológico da cidade de Bauru, localizada no interior do Estado de São Paulo, utilizando-se do meio da Realidade Virtual, com o máximo de fidelidade de detalhes possível, de acordo com requisitos de hardware e software, sendo utilizado neste último o Blender e posteriormente aos poucos sendo convertido para a linguagem de marcação de páginas web, HTML (considerada um dos vários padrões utilizados na internet), através do uso do framework Blend4Web.

## 2 OBJETIVOS

### 2.2 OBJETIVO GERAL

Criar um ambiente de realidade virtual para o Zoológico de Bauru a fim de auxiliar na divulgação do turismo, proporcionar imersão, familiaridade e conhecimento da população em geral.

### 2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar levantamento bibliográfico sobre técnicas de modelagens 3D, realidade virtual e softwares que facilitem o desenvolvimento de aplicações dessa área.
- b) Aprender a utilização do software de modelagem 3D Blender;
- c) Criar estruturas individualizadas que compõem o Zoológico de Bauru, buscando o maior detalhamento possível;
- d) Obter e implantar medidas de dimensões, extensão e texturas no ambiente virtual desenvolvido
- e) Aplicar elementos de interação às cenas, capazes de auxiliar em uma maior imersão por parte do usuário

### **3 REALIDADE VIRTUAL**

A realidade virtual vem ganhando cada vez mais destaque e importância nos dias atuais através de usos diversos, dependendo da área e objetivos a serem atingidos. Neste tópico serão tratados a definição do termo e seus diversos elementos que a compõem em sua integridade.

#### **3.1 CONCEITO DE REALIDADE VIRTUAL**

Uma das muitas definições para o termo RV, segundo Bryson (1996), citado por Netto et al. (2002) baseia-se no “[...] uso de computadores e interfaces com o usuário para criar o efeito de mundos tridimensionais que incluem objetos interativos com uma forte sensação de presença tridimensional (3D)”. Complementando, Kirner (1996), também citado por Netto et al (2002), relata alguns métodos de que o usuário pode se utilizar para interagir com o “digital”, na qual mais a frente serão abordados com mais detalhes,

Para suportar esse tipo de interação o usuário utiliza dispositivos não convencionais, como capacetes de visualização e controle, além de luvas de dados, chamadas *datagloves*. O uso desses dispositivos proporciona ao usuário a impressão de que a aplicação está funcionando no ambiente 3D real, permitindo a exploração do ambiente e a manipulação natural dos objetos, com uso das mãos.

Outra definição abrange o fato de que é uma simulação do espaço-tempo 4D, na qual se utiliza de pontos de observação que são interativos e em tempo real, onde o 4D denomina o tempo neste ambiente. Com isso, o usuário pode manipular objetos que estão tanto no contexto do espaço-tempo 4D e o 3D, caracterizado pela realidade virtual e seus componentes. (ADAMS, 1994).

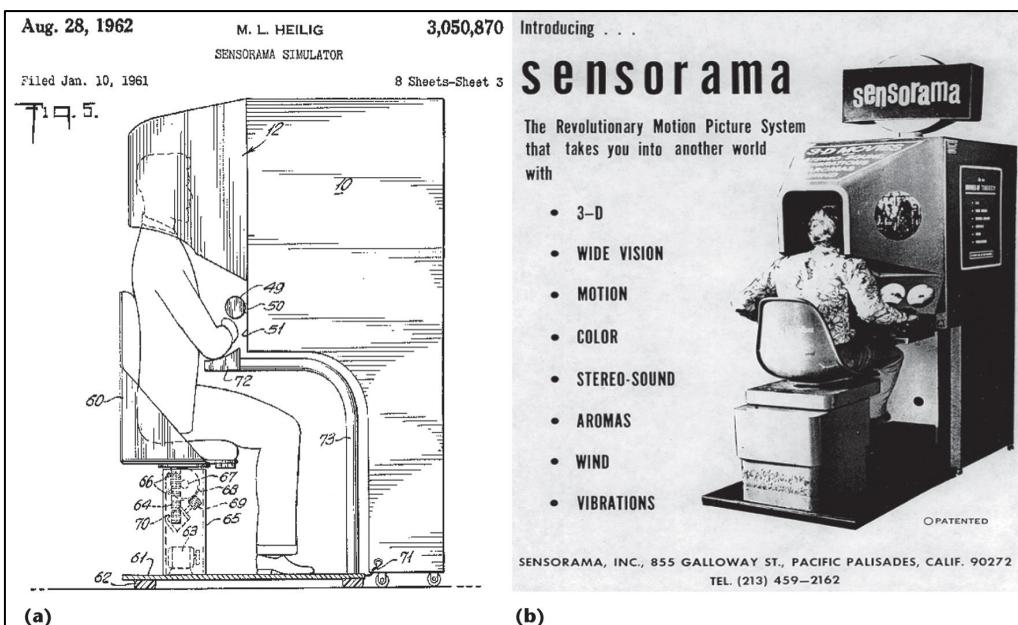
Além disso, como dito anteriormente, existem muitas outras definições aceitas para o termo, feitas por acadêmicos, desenvolvedores e pesquisadores, o que acaba caracterizando-o por ser muito abrangente. (NETTO et al., 2002).

### 3.2 HISTÓRICO

A tecnologia iniciou-se propriamente dita após a 2<sup>a</sup> Grande Guerra Mundial na qual a força aérea dos EUA passou a construir simuladores de voo. (JACOBSON, 1994).

Posteriormente, já no meio do entretenimento, foi construído um simulador chamado Sensorama (Figura 2), na qual era constituído de uma cabine que possuía vários elementos como imagens 3D, sons, cheiros, entre outros, que ao final tinham a função de entreter o usuário. (PIMENTEL 1995, TEIXEIRA, 1995).

Figura 2 - Simulador Sensorama



Fonte: Iee (2019)

No meio científico os trabalhos primogênitos começaram a surgir no final da década de 50, no mesmo período em que a Philco criou um capacete e câmeras que davam a impressão do usuário que os estivesse utilizando estar realmente dentro daquele determinado ambiente. (COMEAU; BRYAN, 1961).

Alguns anos mais tarde, este que ficou conhecido por ser o precursor da RV, Ivan Sutherland (HAND, 1994), criou uma caneta ótica que era usada para se desenhar objetos na tela do computador, o que mais adiante se tornaria o famoso AutoCAD.

Um pouco mais próximo ao século XIX, ao final de 1986, a NASA (A National Aeronautics and Space Administration - Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço) ao

já possuir um ambiente virtual que “[...] permitia aos usuários ordenar comandos por voz, escutar fala sintetizada e som 3D, além de manipular objetos virtuais diretamente pelo movimento das mãos”. (NETTO et al., 2002), isso permitiu com que mais adiante fosse iniciada a possibilidade de que projetos/tecnologias que envolvessem a RV pudessem ser comercializados, tornando os preços tanto de desenvolvimento por parte das empresas quanto de compra propriamente ditas, mais acessíveis. Ao final desse período, em 1989, nasce o primeiro sistema do gênero para computadores pessoais (PC), sendo desenvolvido pela Autodesk. (NETTO et al., 2002).

### 3.3 IMERSÃO, INTERAÇÃO E ENVOLVIMENTO

Além de todas as outras anteriormente citadas, a RV tem como característica o fato de existirem ao mesmo tempo, na grande maioria dos momentos, três componentes primordiais, imersão, interação e imaginação (Figura 3). (MORIE, 1994).

Figura 3 - Os três itens chave da realidade virtual



Fonte: Fbosilkworm (2012)

#### 3.3.1 Imersão

A imersão, segundo NETTO et al. (2002), induz ao sentimento de determinado ser vivo, neste caso o ser humano, estar naquele ambiente em específico representado a sua

frente, quando na verdade não está realmente. Ou seja, ocorre apenas em sua consciência que acaba confundindo-o.

Esse tipo de sensação pode ser objetivada com maior eficiência através do uso de alguns tipos de capacetes especiais ou CAVEs, dando mais importância neste caso para o sentido da visão. Porém, ela é apenas um dos cinco sentidos que o ser humano possui a seu dispor, e para que a experiência possa ser considerada certeira e de boa qualidade, deve-se fazer o uso dos outros quatro também, se possível em conjunto, e para cada um deles deverá haver também o uso de um dispositivo adequado. (BEGAULT, 1994; GRADECKI, 1994).

Dito isso, pode-se definir corretamente os termos realidade imersiva e não imersiva, de acordo com seus dispositivos, como sendo, o primeiro, através do uso de capacetes especiais (Figura 4) ou cavernas (Figura 5), como foi citado anteriormente, e o segundo utilizando-se basicamente de monitores, televisores, entre outros tipos de telas, já que neste tipo, o usuário não possui um sentimento de presença quase “real” naquele ambiente, apenas parcial ou mínima. (ROBERTSON et al. (1993). Estes últimos possuem a vantagem de serem mais baratos e menos complexos, em termos do próprio usuário conseguir utilizá-los sem nenhuma dificuldade, o que não ocorre com os capacetes e afins, possuindo uma dificuldade muito maior. (NETTO et al., 2002).

Figura 4 - Capacete de Realidade Virtual



Fonte: G1 Globo (2016)

Figura 5 - Visor CAVE grande com cinco lados



Fonte: Barco (2019)

### 3.3.2 Interação

Com relação ao elemento de interação, esta “[...] está ligada à capacidade do computador detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual em resposta às ações efetuadas sobre ele (capacidade reativa)”. Em outras palavras, cada “tecla” do dispositivo de entrada usado pelo usuário, seja ele um mouse, teclado, joystick, entre outros, deve ser realizada uma ação correspondente no mundo virtual no momento em que recebe o sinal de “ativação”, proporcionando a ele um sentimento de controle daquele mundo muito mais fiel, podendo ser realizado do jeito que quiser e no momento que quiser, dentro da proposta estabelecida por cada um. (NETTO et al., 2002, p. 15). Além disso, podem ser usados outros tipos de estruturas para aumentar o realismo e consequentemente o envolvimento, como a adição de texturas nos objetos da cena e sons de diferentes tipos (ambiente, particulares para objetos específicos, entre outros). (ARAUJO, 1996).

### **3.3.3 Imaginação**

A imaginação possui a principal característica de possuir uma relação “[...] ao grau de motivação para o engajamento de uma pessoa em determinada atividade”. Diferencia-se em dois subtipos, a passiva, citando-se como exemplo o ato de ler um livro ou assistir TV; e ativa, na qual pode-se exemplificar com o ato de jogar videogame, ou outro jogo com outra pessoa ao lado/online. (NETTO et al., 2002, p. 15). No primeiro caso, há pouco engajamento com a atividade, devido a ela não ter uma demanda muito grande para esse quesito, podendo o usuário se distrair facilmente com qualquer outra que esteja a sua frente, no mesmo ambiente, etc., não havendo uma grande atenção na primeira. Já a segunda, possui um grau muito maior, demandando maior “concentração” com aquela determinada atividade em si.

## **3.4 DISPOSITIVOS DE ENTRADA E SAÍDA DE DADOS**

Nesta etapa serão definidos e abordados os vários tipos de dispositivos que permitem com que o usuário tenha um maior grau de imersão e interação com relação ao mundo 3D, através do seu maior controle dele devido à existência de cada um deles.

### **3.4.1 Dispositivos De Entrada**

Nesta etapa serão apresentados os dispositivos que permitem com que o usuário possa interagir propriamente dito com a aplicação em 3D e não apenas “assistindo-a” de frente para o dispositivo em si, de uma forma passiva.

#### **3.4.1.1 Dispositivos De Interação**

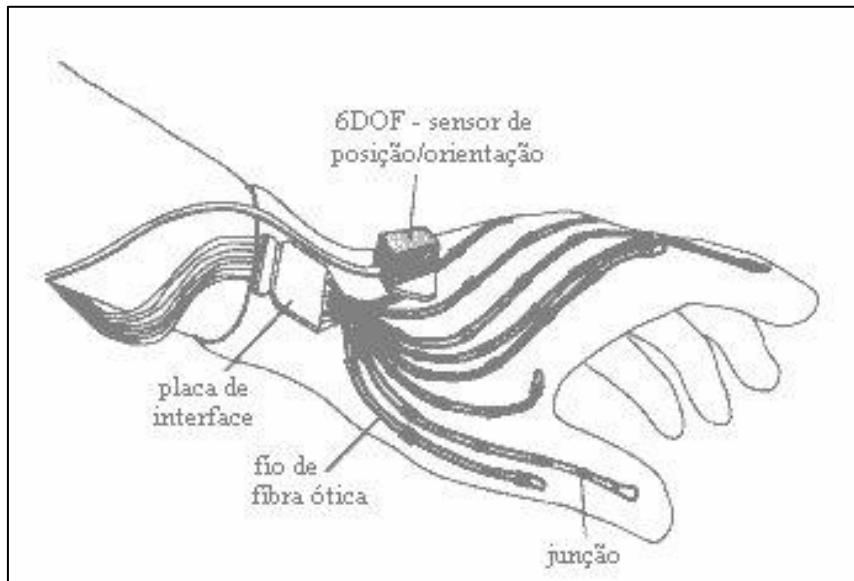
São responsáveis por gerar vários tipos de interação do usuário com o ambiente virtual em si, com relação a diversos parâmetros e tipos diversos. O usuário deve escolher o mais adequado para cada tipo de situação, que pode variar com relação a software, hardware, entre outros. (NETTO et al. 2002).

##### **3.4.1.1.1 Luva De Dados**

Conhecida também pelo termo em inglês *dataglove* (Figura 6), permite com que o usuário possa interagir com o ambiente pelo movimento de seus dedos através de uma luva especial. (STURMAN; ZELTER, 1994). Isso é realizado através da utilização de sensores mecânicos ou de fibra ótica, dependendo do nível de qualidade da luva. Os de fibra ótica são constituídos de um filamento do mesmo com vários outros que se juntam formando “nervos” que ao serem movimentados, há a diminuição da passagem de luz pelo principal, permitindo

com que posteriormente todos esses dados sejam repassados e processados pelo computador encarregado. (NETTO et al., 2002).

Figura 6 - Luva de Dados



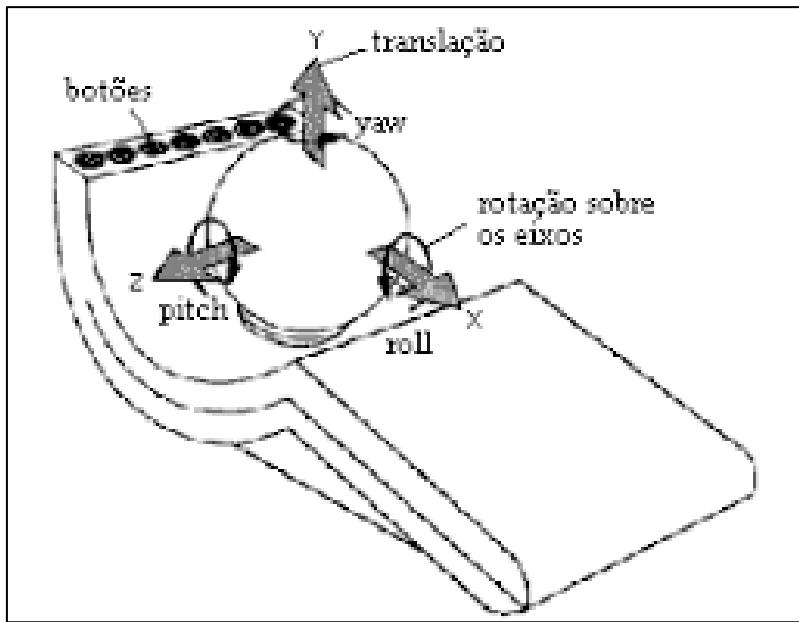
Fonte: Interacção Homem Máquina (2008)

### 3.4.1.1.2 Dispositivos Com Graus De Liberdade

O principal quesito que os diferencia dos demais desta categoria, segundo NETTO et al. (2002), é o fator de grande movimentação, na qual dispositivos isométricos, também chamados de bolas isométricas (Figura 7), executam essa característica ao permitir que através de sua estrutura composta de uma plataforma com botões, possam ser configurados da maneira desejada por meio de software.

Um dos exemplos que pode ser citado para eles é uma espécie de mouse reformulado que comporta essa grande quantidade de sensores, somando-se aos que um mouse comum já possui, os chamados 6DOF ou 3DOF, dependendo do número de possibilidades. Esse tipo de equipamento por outro lado, acaba se tornando muito caro no geral e não justificando o investimento, já que apenas utilizando-se um equipamento comum, 2DOF, como um mouse convencional, pode-se obter uma experiência muito satisfatória com a exploração de um ambiente virtual. (NETTO et al., 2002).

Figura 7 - Bola Isométrica



Fonte: Netto et al. (2002)

### 3.4.1.1.3 Sensores De Entrada Biológicos

Machado (2014, p. 26) caracteriza esses sensores no papel de “capturar sinais elétricos musculares ou mesmo comandos de voz do usuário para informar o sistema de RV/RA de alguma ação requerida”; ou seja, ações que não são realizadas por partes do corpo que normalmente são associadas diretamente a RV, por exemplo, o movimento de braços, pernas, cabeça, entre outros. E devido a esse fato, esses “aparelhos”, em especial os que proporcionam o reconhecimento da voz, podem ser muito úteis em tarefas comuns neste meio, como o ato de se movimentar por ele quando uma das mãos estiver ocupada com outra ação ao invés de acessar algum botão importante no teclado ou joystick no momento, entre outras situações. (NETTO et al., 2002). Os outros que possuem a capacidade de lidar com os sinais elétricos podem ajudar na detecção dos músculos do usuário através de eletrodos colocados na pele, e com isso, gerar uma reação totalmente análoga no mundo virtual corresponde, como uma determinada movimentação para uma direção específica (direita, esquerda, etc). (PIMENTEL, 1995; TEIXEIRA, 1995).

### **3.4.2 Dispositivos De Saída**

Serão apresentados nesta próxima etapa, os tipos de dispositivos que permitem um isolamento completo do usuário, em alguns casos, para que ele possa ter um maior grau de imersão e outros fatores possíveis. Isso ocorre com a união de um bom software e hardware, o qual este último será muito bem detalhado posteriormente.

#### **3.4.2.1 Dispositivos Visuais**

São caracterizados por RODRIGUES et al, (2013) como sendo um dos principais no quesito de permitir um alto grau de imersão para o usuário no mundo virtual, juntamente com as imagens utilizadas para isso e seu grau de qualidade em si.

Podem ser divididos em 2 grupos, o composto de vídeo-capacetes (HMDs) e head-coupled displays (dispositivos que usam uma espécie de braços robóticos com o objetivo de permanecerem na frente do usuário através deles), na qual, para realizarem os seus objetivos, há a presença de um ou mais sensores para detectar e calcular os movimentos do usuário em tempo real para serem utilizados na aplicação; o outro, porém, possui a diferença de não haver a possibilidade de detecção precisa em nenhum aspecto, já que é composto pelos monitores de vídeo e sistemas de projeção, como projetores mais simples até os mais modernos e sofisticados, na qual os comandos para movimentação no ambiente são fornecidos por outros tipos de dispositivo, como os de entrada (teclado e mouse, por exemplo). (NETTO et al, 2002).

#### **3.4.2.1.1 Vídeo-Capacete (HMD)**

É considerado (Figura 8) um dos mais usados e populares no âmbito da RV devido ao fato de proporcionar ao usuário um grande nível de imersão ao permitir a separação praticamente completa entre os dois mundos, fazendo com que ele “esqueça” que está vivenciando um ambiente criado por computador. Isso pode ser alcançado devido a sua estrutura física, primeiramente, na qual é formado por pequenas telas, podendo ser usados monitores de TV (CRT), cristal líquido (LCD) e os formados por diodo que emitem luz de forma orgânica; e um conjunto de lentes para cada uma delas. Estas permitem, segundo RODRIGUES et al, (2013), com que imagens emitidas pelas telas, a qual se encontram bem próximas dos olhos, possam ser focadas com muito mais facilidade e rapidez, além de permitir também com que o campo de visão seja mais ampliado, melhorando ainda mais a experiência final.

Somando-se a todos esses benefícios e utilidades, outro que destaca-se também é o fato deste dispositivo operar de uma forma “híbrida”, funcionando também como um de entrada, na qual há a presença de vários sensores que calculam a posição e outros parâmetros da cabeça do usuário no momento, posteriormente sendo enviados para um computador para o devido processamento de acordo com a finalidade deles. (RODRIGUES et al, 2013).

Figura 8 - Vídeo-Capacete HMD

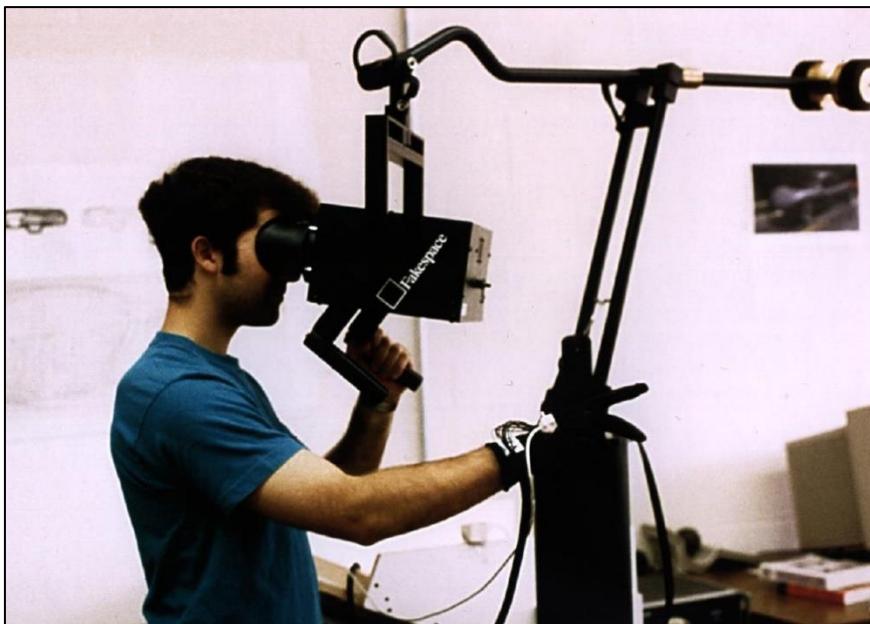


Fonte: O Arquivo (2015)

### 3.4.2.1.2 Head-Coupled Display (Boom)

Este possui algumas diferenças com relação ao anterior, no quesito de que possui, segundo Rodrigues et al. (2013), um braço mecânico com um peso do lado oposto (Figura 9), não sendo mais preciso apenas a fixação na cabeça do usuário. Além disso, permite algumas vantagens, como o fato de permitir com que ele possa transitar entre o seu uso propriamente dito, e um teclado, mouse, ou outros dispositivos que também são usados em conjunto na experiência como um todo.

Figura 9 - Head coupled display



Fonte: UploadVr (2015)

### 3.4.2.1.3 Monitores E Sistemas De Projeção

Nestes dispositivos o usuário deve sempre estar atento a aquele determinado que estiver utilizando no momento, seja ele um display menor ou mediano, no caso de um monitor, ou até mesmo um bem maior como um projetor, além de ser necessário juntamente o uso de algum outro dispositivo de entrada para controlar o ambiente e permitir uma experiência mais completa e intuitiva, como um mouse, teclado, joystick, entre outros. Além disso, o usuário usa também como complemento uma espécie de óculos especial cujo nome é shutter glasses (Figura 10), que se caracteriza por permitir uma exibição da imagem final muito próxima do 3D, já que cada uma delas é transmitida a ele respectivamente para cada tela (direita e esquerda) e nesse processo são recebidas de uma maneira alternada, fazendo com que para cada olho do usuário haja o bloqueio de cada uma delas em períodos de tempo distintos. (RODRIGUES et al, 2013).

Figura 10 - Shutter Glasses



Fonte: AliExpress (2019)

### 3.4.3 Dispositivos Auditivos

Rodrigues et al. (2013) considera o som, assim como a imagem, um importante aspecto para aumentar a imersão em um ambiente 3D – o que muitas vezes acaba sendo deixado de lado pela maioria das pessoas - já que permite uma melhor ambientação do usuário com relação a muitos aspectos diversos como o que há em volta de si, qual a distância aproximada entre ele e determinado objeto, entre outros fatores. Uma das explicações fornecidas por ele é somada com um exemplo de uma simulação de som 3D com alto grau de perfeição, em que neste caso não é possível fazer a distinção entre o real e a própria simulação em si, devido a sua qualidade extrema. Para que isso ocorra são utilizados na construção destes dispositivos diversas placas físicas que os compõem como um todo, e muitas delas já possuem de fábrica uma excelente integração com a grande maioria dos softwares de modelagem em 3D que podem ser utilizados.

### 3.4.4 Dispositivos Físicos

Estes, quando comparados com os já citados anteriormente (auditivos e visuais) é notável a questão de que necessitam estar em contato e realizar ações físicas constantemente

com o corpo do usuário, recebendo os dados e retransmitindo-os com os devidos graus de precisão que variam entre cada software, dispositivo e objetivo final específico a ser alcançado. Para realizarem todos esses passos com perfeição, Rodrigues et al. (2013) diz que se utilizam de ferramentas que medem também temperatura e tensão muscular, além das já citadas estimulações com relação ao corpo em termos de músculos propriamente ditos. Dentre todos os tipos existentes, os que são abordados pela realidade virtual são: os de reação tátil (feedback) e reação de força, o qual serão melhor detalhados posteriormente.

#### 3.4.4.1 Reação Tátil

Em suma podem ser definidos por se utilizarem da pele do usuário para transmitirem as devidas sensações tátteis da aplicação, permitindo consequentemente um alto grau de feedback das ações que ele realiza e como serão as “respostas” fornecidas, se estarão ou não de acordo com o que se espera. Estas podem ser de diversos tipos como em termos de rugosidade, temperatura, geometria e atrito, relacionadas com cada um dos objetos com que o usuário interage em determinado momento específico da cena. (RODRIGUES et al, 2013).

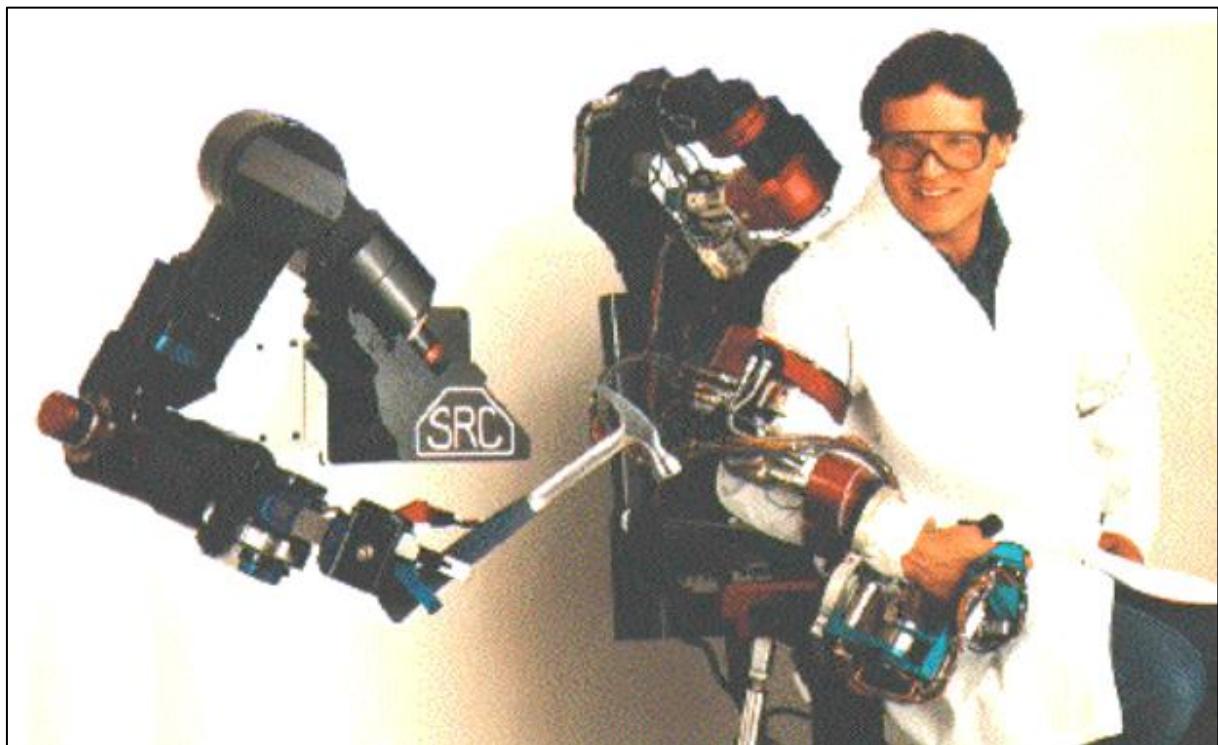
Um dos exemplos que pode ser citado para esta tecnologia de feedback, apresentado por Netto et al. (2002), é uma aplicação em que não existe a informação visual - cujo a maioria desses dispositivos é empregada de uma maneira mais consistente neste tipo de caso – mas sim um leitor de códigos em braile, o qual, o usuário ao “tocá-lo” com as mãos utilizando-se deste tipo de dispositivo, poderá ter a sensação perfeita de estar tocando em uma escrita em braile real, com todas as “imperfeições”, relevos dela sobre o papel, entre outros aspectos.

#### 3.4.4.2 Reação De Força

Diferencia-se do anterior, segundo Rodrigues et al. (2013), no quesito de que neste tipo, suas principais características estão concentradas em permitir um maior feedback com relação ao peso e pressão aplicados entre um determinado objeto e o corpo do usuário. Pode ser exemplificado por Netto et al. (2002) a partir da construção de um sistema de um exoesqueleto acoplado ao braço do usuário (Figura 11), na qual ao realizar um movimento de pegar uma pedra no mundo virtual, ele passa a sentir em tempo real o peso e resistência dela em suas mãos reais. Outros tipos de sistemas também são utilizados para essa mesma proposta, como os que se utilizam de outros objetos para dar essa sensação de feedback como

por exemplo pistões, na qual um braço mecânico que é ligado a outro que segura um objeto como um martelo ou marreta, ao ser realizada uma força sobre o primeiro, em que está acoplado ao braço em si do usuário, este pode sentir o peso do outro braço que possui o objeto acoplado a si. Isso ocorre justamente devido ao pistão presente em ambos os braços mecânicos, na qual pode-se alterar a resistência e força com que cada um vai atuar sobre o seu objeto, seja ele o próprio braço do usuário ou o martelo, no caso.

Figura 11 - Braço mecânico segurando um martelo

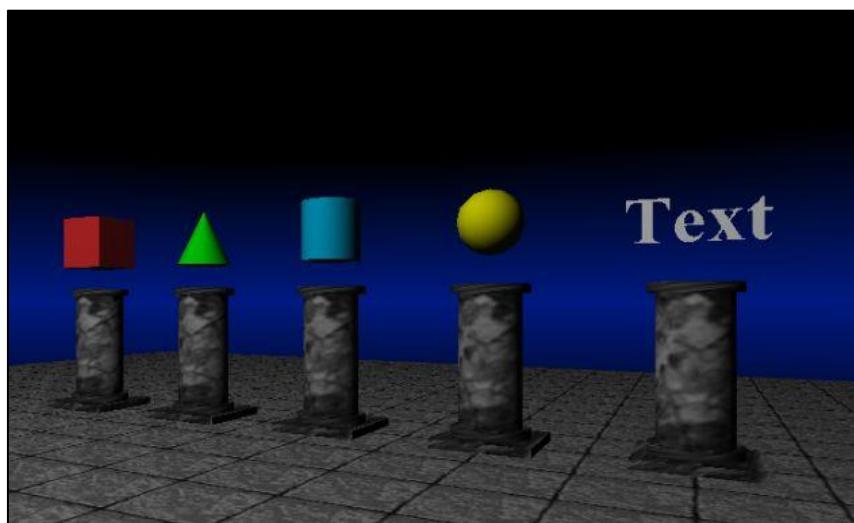


Fonte: Netto et al. (2002)

### 3.5 PRIMITIVAS

Segundo Silva (p. 33, 1999), primitivas geométricas “são objetos simples de descrever e representar, constituindo os blocos básicos da construção de modelos 3D”. Elas possuem uma grande importância devido a serem a base para a construção de outros objetos muito mais complexos, como por exemplo, na situação de se construir uma casa, com paredes, teto, janelas e várias portas, pode-se utilizar vários cubos, formando-se vários grupos menores com a agregação de vários deles ou um cubo para cada parede, porém desta vez, modificando-o através das propriedades que cada linguagem 3D possui, tanto na questão de posicioná-las (movimentos de rotação e translação) como modificá-las geometricamente (mudança de escala, na qual pode-se transformar um cubo em um paralelepípedo, por exemplo, como já citado acima) em relação ao espaço para que se chegue a forma final desejada. Outro exemplo é a confecção de engrenagens e parafusos, na qual seria muito difícil desenvolvê-los sem a ajuda destas formas mais simples. A maioria das linguagens possui praticamente os mesmos “objetos” constituintes delas como é o caso do cubo, cone, cilindro, esfera e em alguns casos uma exclusiva para texto (Figura 12). Porém, não é necessário que se aceite apenas estes como o padrão para receberem a denominação de “primitivas”, já que o próprio usuário que estiver utilizando determinado software 3D no momento pode criar uma forma única a partir de outras mais e colocá-la como padrão para o desenvolvimento de outras posteriores. (SILVA, 1999).

Figura 12 - Primitivas 3D



Fonte: Instituto Superior Técnico (1997)

### 3.6 HARDWARE

Envolve todos os elementos que serão usados na experiência do usuário com o ambiente virtual, seja ela a partir da sua “recepção” por meio da visão, audição e tato através dos chamados dispositivos de saída como os monitores/televisores/telas e afins, também chamados de displays. Além destes existem também outros tipos como os displays de áudio e hápticos, os quais tratam dos outros dois respectivos sentidos restantes aqui citados. (FIOLHAIS; TRINDADE, 1996).

A experiência também pode ser alcançada no quesito do “envio” de ações para o mundo virtual, na qual segundo Kirner e Tori (2006) é realizada a partir do usuário, na qual serão respectivamente convertidas para os objetos e elementos correspondentes. Isso é realizado através dos chamados dispositivos de entrada, os quais podem ser exemplificados por rastreadores, luvas, mouses 3D, teclado, joystick, reconhecedores de voz, entre outros.

Além disso, outro elemento importante para uma boa execução de um ambiente virtual são os processadores, na qual devido ao grande desenvolvimento da indústria de games nos últimos anos, visto e citado por Alcântara (2014), esta se utiliza muito do poder deles para poder executar seus jogos, e quanto mais “trabalhados” eles forem em questão de nível de texturas, detalhes, quantidade de elementos simultâneos na tela, mais processamento irão demandar dos consoles, fazendo com que a cada instante sejam desenvolvidos novos processadores mais poderosos para suprir a necessidade.

Porém, os processadores não são apenas muito utilizados em consoles de videogame, mas também, ou até mais, nos principais dispositivos móveis utilizados pela grande maioria das pessoas diariamente, os celulares, ou melhor, os smartphones, na qual segundo Luz et al. (2008, p. 3)

Alguns aparelhos de telefone celular são dispositivos que apresentam um bom poder de processamento, levando-se em conta que se tratam de dispositivos móveis microprocessados com características limitadas. Estes são capazes de executar algoritmos desenvolvidos nas linguagens C++ e Java. (Luz et al., 2008, p. 3).

Ou seja, mesmo não sendo todos os aparelhos que vão processar os melhores jogos e outras aplicações com a melhor qualidade e fluidez possíveis, pode-se dizer que a grande maioria possui um desempenho muito bom para o uso corriqueiro da maioria das pessoas, na qual não é necessário muito processamento.

Por outro lado, dispositivos atuais como o recém lançado Galaxy S10 da empresa Samsung, possuem “potência” de sobra para realizar tarefas mais “pesadas”. Muitos deles utilizam arquitetura em Java, como já citado por Luz et al. (2008), como o Java ME, que possui algumas características suportadas por eles para o seu uso nesses tipos de aplicações.

Outro ponto a ser discutido, a partir de algumas destas tecnologias citadas e afins, porém voltando-se para outra vertente semelhante em alguns aspectos à realidade virtual, a realidade aumentada, o qual se utiliza de muitos conceitos da primeira, como o uso de um ambiente virtual, mas que não causa tanta imersão ou nenhuma, já que não há o uso de dispositivos que possam proporcioná-la, e somando-se ao fato de que há a presença conjunta de interação entre o mundo virtual e o real através de outros dispositivos como uma câmera que capta algum objeto ou posição no mundo real, por exemplo, e exibe algum objeto virtual em tela. (AZUMA et al., 2001).

Assim somando-se essa questão da RA com os smartphones e suas características já citadas, é notável dizer que estão cada vez mais se utilizando de seus recursos, proporcionando experiências diferentes com o uso de um hardware já consolidado no mundo.

Além deles, outros sistemas também se utilizam de muitos de seus recursos, como é o caso de museus virtuais

[...] onde marcadores são posicionados nas paredes do museu, próximo as obras. O aparelho celular, ou outro dispositivo móvel, ao capturar a imagem do marcador, está apto a mostrar na tela do aparelho, ou vocalmente, informações adicionais sobre a obra exposta. (LUZ et al., p. 3, 2008).

### 3.7 CINEMÁTICA, DINÂMICA E ÁUDIO

Nos tópicos a seguir serão explicados e exemplificados os elementos que permitem com que os modelos 3D criados para simular o ser humano, conhecidos como humanos virtuais, possam garantir uma maior naturalidade no seu ato de caminhar pelo cenário, através de vários pontos a serem criados, alterados e revistos, além de permitirem uma melhor experiência para o usuário que estiver interagindo com eles. Estes são a cinemática, a dinâmica e o áudio.

#### 3.7.1 Cinemática

Pode ser dividida em duas vertentes, a direta e inversa. A primeira “consiste na especificação de um vetor de estados para a figura articulada de acordo com o tempo decorrido”. (GUIA; ANTUNES, 2001). Cada estado representa um tipo de movimento que está conectado totalmente a determinado instante do período de tempo total, como por exemplo, em um tempo total de 10 segundos, no segundo 1 a perna direita do humano virtual está na frente, enquanto que 0,5 segundo depois a perna esquerda se encontra nesta posição e a outra o contrário, e assim por diante. Ou seja, segundo Watt (1994) deve-se realizar um bom estudo sobre todas as variáveis que podem modificar essas características, já que como Kirner e Tori (2006) citam, não é interessante que os pés do “personagem” atravessem o chão, por exemplo, mas como já dito, essa tarefa é extremamente complexa de ser feita devido a haver a necessidade de se pensar em todos os momentos do tempo onde vão estar cada membro. Ter um bom conhecimento sobre física e biomecânica por parte do desenvolvedor pode ser de grande ajuda como um todo.

Devido a toda essa dificuldade em que pode ser encontrada durante o desenvolvimento, Guia e Antunes (2001) dizem que pode ser interessante o uso da outra vertente já citada, a cinemática inversa, o qual se caracteriza pelo próprio desenvolvedor determinar como serão as ligações entre os diversos pontos a serem movimentados, como o já citado exemplo da perna, na qual ele mesmo define a posição final com que cada movimento vai ficar, e depois passa essas informações para as “juntas” da perna, o que ao final facilita muito mais o trabalho como um todo.

### **3.7.2 Dinâmica**

Garante com que o objeto virtual, em específico, o humano virtual, assim como a cinemática, ganhe características de movimentação mais realistas através do uso de teoremas e leis da física. Isso pode ser realizado, segundo Multon et al. (1998) através da criação de um modelo cinemático em que são verificadas todas as áreas que vão gerar algum movimento e consequentemente algum “esforço” por parte da estrutura em si, e depois, através de várias análises, verifica-se se é válido a realização de tal movimentação ou não. Assim como já dito anteriormente, Kirner, Claudio e Tori (2006) citam a ação de caminhar em que o pé ao entrar em contato com o solo, seja ele os mais diferentes tipos de terrenos possíveis, deve respeitar um mínimo de coerência com as Leis de Newton, sendo esta no caso a terceira delas denominada “Ação e Reação” o qual diz que são necessários sempre no mínimo dois corpos

para que ela atue e para a ação de um desempenhada sobre o outro, um deles pode acabar entrando em movimento e outro não, na qual depende muito das massas que cada um possui. (PEDUZZI; PEDUZZI, 1988). Ou seja, no caso do ato de caminhar, o pé aplica uma força sobre o chão e este também aplica uma sobre ele, uma sendo contrária a outra. Ao ser citado uma das Leis de Newton é interessante dizer que a grande maioria das características da dinâmica em si são regidas por elas.

Assim como há a classificação da cinemática em relação a ela ser direta ou inversa, a dinâmica também possui essa similaridade, na qual neste caso esta primeira caracterização diz respeito ao “uso dessas leis cujo cálculo do movimento gerado produz força”. (KIRNER, CLAUDIO; TORI, p. 95, 2006). Já a inversa possui justamente o conceito oposto já que “utiliza a força cujos cálculos gerariam o movimento determinado”. (KIRNER, CLAUDIO; TORI, p. 95, 2006).

Para se aplicar todos esses conceitos não há a apenas uma única maneira já que muitas delas podem servir para um determinado objetivo com grande índice de sucesso, enquanto outras podem não surtir o mesmo efeito ou, dependendo, com a mesma intensidade. Algumas delas podem ser citadas como a partir dos pensamentos de Isaacs et al. (1987), Barzel et al. (1988), Gascuel et al. (1994) e Baraff (1996), citados por Kirner, Claudio e Tori (p. 95, 2006), na qual as equações usadas para realizar os cálculos sobre os objetos do cenário só podem realizar essa ação em objetos que estão isolados uns dos outros, onde “Métodos específicos têm sido usados para se poder aplicar essas equações em um esqueleto articulado e modelado com uma hierarquia de sólidos rígidos, onde membros recebem nomes conectados as juntas”. (KIRNER, CLAUDIO; TORI, 2006, p. 95). Outra opção citada por Barzel e Barr (p. 95, 1988) se baseia no uso da dinâmica inversa, na qual “Cada sólido é simulado independentemente a cada passo. Forças extras então são computadas para garantir esforço nas juntas. Reestabelecem a resiliência das juntas e o próximo passo pode ser simulado”.

### 3.8 LINGUAGENS

#### **3.8.1 Vrml**

Foi criada em 1994 na conferência anual da World Wide Web na qual era discutido no momento sobre interfaces RV para serem utilizadas na web, onde foi definido uma linguagem similar ao HTML, ou seja, através do uso de hyperlinks. Com o passar dos anos houve um aumento do interesse de mais pessoas sobre essa nova “tecnologia” visual e mais versões foram sendo desenvolvidas como a VRML 2.0. (TAVARES; SILVA, 1999).

Este formato (Figura 13) possui a característica de permitir com que o programador possa escrevê-lo utilizando um simples editor de texto, presente em qualquer sistema operacional, aumentando muito a possibilidade de criação já que em sua estrutura, segundo Netto et al. (2002), pode-se definir manualmente todos os aspectos que um objeto vai possuir em 3D como a determinação de sua forma (cone, cubo, esfera – as chamadas primitivas, já citadas anteriormente, entre outros), cor, posição no espaço, podendo ser alterado através de operações de rotação, translação e escala; tudo isso sendo salvos em um arquivo com extensão .wrl, na qual é interpretada pelo navegador através de um plugin específico.

Ainda definindo-se quanto a sua estrutura, pode-se separá-lo em quatro elementos principais: cabeçalho, o qual é escrito através da sentença “# VRML V2.0 utf8” e caso não esteja presente não permite com que o navegador identifique suas propriedades e exiba-as corretamente; protótipos, na qual a partir da correta escrita dos vários tipos de nós presentes para que possam formar uma estrutura desejada, Duarte et al (1998) diz que vários deles podem ser agrupados em grupos e utilizados em vários arquivos diferentes sem que haja a necessidade de duplicá-los em nenhum momento e consequentemente deixando o código mais “limpo”; formas interpolares onde podem ser formadas pela associação de vários elementos básicos já existentes desde o começo como as primitivas geométricas, podendo ser combinadas com diversos tipos de texturas; sensores, scripts, na qual podem ser criados utilizando-se outras linguagens como Java ou Javascript no que diz respeito a animações principalmente, o que acaba tornando a cena muito mais dinâmica; e rotas.

Além disso podem ser definidos no ambiente outros elementos como o background, para que não utilize-se apenas o padrão; uso de diversos pontos e fontes de luz no que diz respeito a iluminação, na qual dependendo de qual for escolhida e a quantidade utilizada ao total, pode significar um maior comprometimento de performance; a adição de som e arquivos de vídeo, dependendo se determinado utilizado for compatível ou não, entre outros. (NETTO et al., 2002).

Figura 13 - Código VRML

```

1 #VRML V2.0 utf8
2
3 Group {
4   children [
5     #Corpo
6     Transform {
7       translation 0 0 0
8       children [
9         Shape {
10           appearance Appearance {
11             material Material {}
12             texture ImageTexture {url["teto_interior.jpg"]}
13           }
14           geometry Box {size 0.7 0.5 0.03}
15         }
16       ]
17     }
18   ]
19 }
```

Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

### 3.8.2 Html

Segundo Flatschart (2011), o HTML é uma linguagem de marcação muito utilizada na web nos dias atuais, praticamente um padrão já consolidado. Sua sigla significa HyperText Markup Language. Uma das suas principais funções é a criação de páginas na web, ou seja, documentos propriamente ditos, que possuem um certo padrão quanto a sua formulação, através do uso de várias estruturas da própria linguagem conhecidas como tags, que possuem a função de formatar todos os elementos presentes na página. Estas tags (Figura 14) delimitam onde começa e termina cada determinada estrutura, na grande maioria das vezes sendo iniciadas por “<” e “>” e finalizadas por “</” e “>”, ou seja, pares de símbolos de início e fim. Porém, existem alguns tipos de tags que não necessitam de fechamento (fim), como por exemplo a <br> (pular uma linha). Alguns exemplos de tags que necessitam de fechamento são: <p> Parágrafo </p> ; <title> Título </title> ; <div> </div> ; entre outras.

Aquelas que sempre estão presentes em todos os documentos dessa linguagem são as que podem ser chamadas de “primitivas”. São elas: head (cabeçalho) e body (corpo). Na primeira, Carril (2012) diz que pode ser encontrado o título da página e algumas outras informações que não aparecem para o usuário, já na segunda é encontrado todo o conteúdo propriamente dito da página em si, em que a grande maioria pode ser visualizada normalmente pelo usuário, a menos que se faça um tratamento para que isso não ocorra.

Figura 14 – Linguagem HTML e algumas de suas tags



```

1 <!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN" "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/
xhtml1-strict.dtd">
2
3 <html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
4     <head>
5         <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0, maximum-
scale=1.0, user-scalable=no, target-densitydpi=device-dpi"/>
6         <title>font1.html</title>
7         <link rel="stylesheet" href="../HTMLResources/css/style.css" type="text/css" />
8     </head>
9     <body>
10        <div id="untitled-1">
11            Font Embedding Test - Uses "style.css."
12
13            <div class="myFontOne">
14                <p>Flood Font</p>
15            </div>
16            <p>The text above should be RED and be in the font "Flood." The text is
17 styled with "myFontOne."</p>
18
19            <div class="myFontTwo">
20                <p>FetteFraktur Font</p>
21            </div>
22            <p>The text above should be GREEN and be in the font "FetteFraktur." The
23 text is styled with "myFontTwo."</p>
24
25            <br>
26            <p class="basic-paragraph"><b>Compare the fonts above to this screen
shot.</b></p>
27            
28
29        </div>
30    </body>
31 </html>

```

Fonte: Helpx.adobe.com (2019)

Para este projeto em si, não será feito a geração e alteração dos arquivos HTML manualmente, visto que o próprio framework Blend4web, o qual será melhor explicado mais adiante, será o encarregado dessas funções de criação destes arquivos fontes. Outra justificativa é a questão do 3D envolvido, em que caso não houvesse a utilização deste framework, não haveria a possibilidade de mesclar o ambiente 3D com a web, usando-se do formato HTML, pois seria uma tarefa de intensa pesquisa e dificuldade, correndo sérios riscos de não chegar aos objetivos esperados.

### 3.8.3 Java 3D

Segundo Manssour (p.2, 2003), Java 3D (Figura 15) é uma API que

[...] consiste em uma hierarquia de classes Java que serve como interface para o desenvolvimento de sistemas gráficos tridimensionais. Possui construtores de alto nível que permitem a criação e manipulação de objetos geométricos, especificados em um universo virtual. Também possibilita a criação de universos virtuais com uma grande flexibilidade, onde as cenas

são representadas através de grafos, e os detalhes de sua visualização são gerenciados automaticamente. (MANSSOUR, p.2, 2003).

Possuía o objetivo, na época em que foi desenvolvida, de poder ser usada em várias plataformas, dispositivos visuais finais diferentes e disponíveis no momento, seguindo o paradigma de ser escrita apenas uma vez e funcionar em qualquer lugar, sendo esta uma das características da linguagem Java em si. (MANSSOUR, 2003; RODELLO, 2010).

Segundo Rodello (2010), o Java é utilizado para desenvolver objetos comuns para serem usados em classes e outros locais também, além da instanciação, neste caso, de objetos 3D, colocados em uma estrutura conhecida como grafo de cena, na qual “[...] são definidas a geometria, sons, luz, localização, orientação e aparência dos objetos [...]”. (RODELLO p. 10, 2010). Além disso, essa estrutura é composta por outras conhecidas como nós – na qual representam os elementos da estrutura - e arcos, na qual representam o relacionamento com que cada elemento terá com os outros. (RODELLO, 2010).

Com o passar dos anos, depois de várias padronizações da linguagem com relação a várias empresas do mundo da tecnologia como Apple, Intel, Silicon Graphics, entre outras, Manssour (2003) diz que uma em especial, a Sun Microsystems, colocou-a finalmente no mercado ficando disponível para empresas e usuários.

Desde esse período até os dias atuais, nota-se que houve um grande aperfeiçoamento dela em si, e consequentemente um maior uso em diversas aplicações como no meio dos jogos, comércio, visualização de dados, entre outras finalidades. (MANSSOUR, 2003).

Figura 15 - Código Java 3D

```
#ifndef _OBJECT_H_
#define _OBJECT_H_

#define NUM_OBJECT_VERTEX 4
#define NUM_OBJECT_INDEX 4 * 3
//define o tamanho do desenho
static const float ObjectVertices[NUM_OBJECT_VERTEX * 3] =
{
    -2, 2, 0, 2, -2, 0, 2, 2, 0, -2, -2, 0
};
static const float ObjectTexCoords[NUM_OBJECT_VERTEX * 2] =
{
    0, (short) 0xffff, (short) 0xffff, 0, (short) 0xffff, (short) 0xffff, 0, 0
};
static const float ObjectNormals[NUM_OBJECT_VERTEX * 3] =
{
    0, 0, 127, 0, 0, 127, 0, 0, 127, 0, 0, 127
};
static const unsigned short ObjectIndices[NUM_OBJECT_INDEX] =
{
    0, 3, 1, 2, 0, 1
};

#endif
```

Fonte: ResearchGate.net (2019)

### 3.9 GRAFO DE CENA

Segundo Valente (p. 6, 2004), é uma

[...] estrutura de dados que utiliza uma abordagem de alto nível para modelagem e gestão de cenas, ao contrário das APIs gráficas básicas (OpenGL e Direct3D). Os usuários desse tipo de estrutura de dados não necessariamente precisam conhecer os detalhes de implementação de baixo nível para utilizá-la. Um dos conceitos centrais a respeito de um grafo de cenas é que este implementa uma estrutura hierárquica.

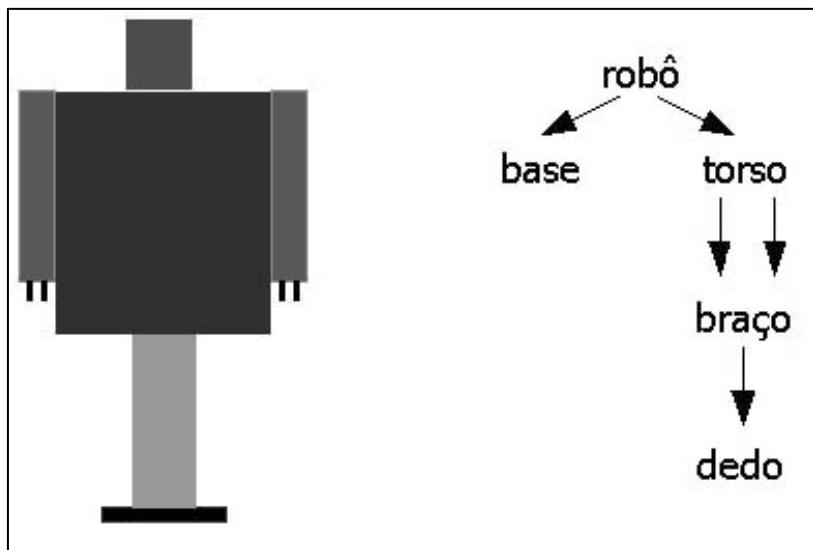
Essa estrutura de dados armazena uma grande quantidade de objetos (nós), porém de uma maneira bem organizada, em que cada um dos deles é conectado uns aos outros em pares através de outras estruturas denominadas arcos. (BOERES, 2002).

A grande maioria dos que são utilizados no meio do desenvolvimento de objetos e cenas 3D são conhecidos como DAG, na qual Valente (2004) diz que se caracterizam por nenhum dos caminhos que eles possuem fazer com que nenhum dos nós seja ao mesmo tempo filho e pai de um mesmo ancestral; os arcos vão somente para uma única direção; há apenas

um nó pai de onde parte um arco; os nós filhos são o ponto de parada do arco; dentre outros tipos de nós.

A árvore é um caso a parte de DAG em que todos os nós filhos tem apenas um pai; dentre outras características. (BOERES, 2002). Este tipo de grafo (DAG) é bem útil pois permite, por exemplo, segundo Valente (2004), dividir várias informações que se repetem em várias partes de uma aplicação ao invés de replicá-las por ele todo. Isso pode ser visto neste esquema (Figura 16) para a construção de um robô.

Figura 16 - DAG para um robô



Fonte: Valente (2004)

Toda essa estrutura é muito importante pois permite um maior controle de toda a aplicação em si, independentemente da linguagem 3D usada, já que todas se utilizam deste artifício em comum, e por isso, por exemplo, segundo Valente (2004), há a possibilidade de em um ambiente 3D em que há a existência de um carro, todas as suas partes constituintes serem divididas com relação ao chassi ser o objeto pai, enquanto que todas as outras que derivam dele são “nomeadas” como os filhos, como rodas, portas, entre outras. Assim, algumas técnicas podem ser aplicadas mais facilmente, como a conhecida como frustum culling, na qual de acordo com a distância em que o usuário está do objeto, determinados filhos dele que se encontram “mais afastados” do pai podem ser configurados para serem renderizados apenas eles ao invés de todos os nós, o que acaba economizando muito

processamento por parte do sistema de GPU, já que as partes de cena que são consideradas “inúteis” naquele momento são descartadas.

Outro facilitador é a possibilidade de manipulação dos objetos em si, na qual é necessário apenas a movimentação do pai no ambiente, na qual por conseguinte, os filhos (já ligados a ele) teriam o mesmo destino também, o que do contrário seria necessário a movimentação de cada um individualmente até o local desejado. (VALENTE, 2004).

Outra técnica que pode ser utilizada também é a por ordenação de estados, na qual possui a configuração de um pipeline com relação ao processamento, onde dependendo das configurações que estiverem sendo usadas (como muitos tipos de iluminações diferentes e suas características na cena) é necessário recarregá-lo novamente devido a paralizações que podem ocorrer devido a vários problemas que podem surgir, o que acaba utilizando muito poder de todo o sistema, comprometendo-o.

A utilização desta técnica tem o papel principal de melhorar o desempenho, podendo ser usada em diversos ambientes diferentes, porém não são todos que tem um resultado final satisfatório apenas com ela. É necessário o teste com um conjunto de algumas, as vezes várias sendo aplicadas em diversos momentos diferentes e posteriormente retornando-se a anteriores para um maior “refinamento” e melhor processamento.

### **3.9.1 Tipos De Nós**

Depois de serem explicadas algumas das técnicas de utilização e estruturas básicas de um grafo, é interessante que possam ser conhecidas algumas características de alguns tipos de nós específicos utilizados pela grande maioria deles.

- Transformações Geométricas

Nós deste tipo, segundo Valente (2004), se utilizam de operações de posicionamento como a translação e rotação, ou mudança de dimensão dos objetos como é o caso da operação de escala, na qual todas elas afetam igualmente todos os filhos de determinado pai que já fora modificado anteriormente.

Podem ser divididos em questão de suas transformações serem estáticas ou dinâmicas, na qual as estáticas possuem a característica dos valores utilizados em suas coordenadas não se alterarem uma vez definidos, podendo ser exemplificados por estruturas que não se movem no ambiente como paredes de uma casa, teto, entre outros. Já as dinâmicas são justamente o

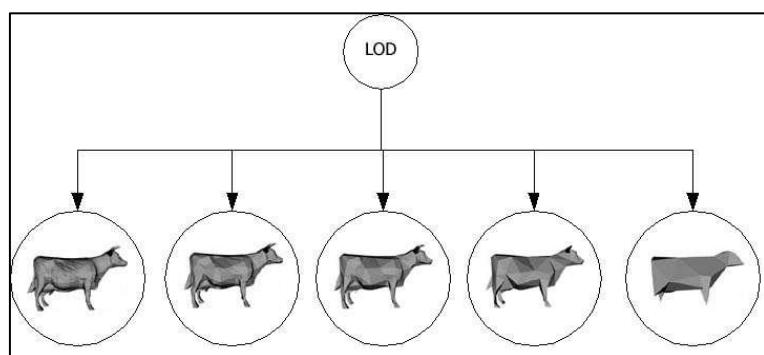
contrário, todos os seus valores de coordenadas são alterados no momento desejado, podendo ser exemplificados por objetos dinâmicos no ambiente, como uma porta que abre e fecha automaticamente de tempos em tempo ou através de um clique do mouse. (VALENTE, 2004).

- LOD

Desempenha um papel muito importante com relação a renderização de um objeto em cena, no sentido de que funciona a partir de “simplificações diversas para a geometria [...] baseada em alguns parâmetros pré-definidos (como distância em relação ao observador)”. (VALENTE, p. 11, 2004). Essas simplificações ocorrem com relação a perspectiva, na qual Valente (2004) diz que quanto maior é a distância entre o objeto e o observador, o seu tamanho e nível de detalhes (Figura 17) também seguem o mesmo caminho, não sendo necessário com que o sistema gaste uma grande quantidade de poder gráfico com ele, dando espaço para que este possa ser usado para o processamento de outros requisitos da cena, caso esse seja o caso, por exemplo.

Porém, caso esta técnica não seja utilizada adequadamente, de uma forma bem otimizada, pode acontecer de, por exemplo, um objeto com vários polígonos em sua composição, independentemente da distância em relação ao observador, todos eles serão renderizados na cena final, acarretando em um sistema comprometido. (VALENTE, 2004).

Figura 17 - Nô LOD em relação a várias distâncias de um objeto



Fonte: Valente (2004)

- Geometria

Segundo Valente (2004), armazenam os dados principais que serão usados para descrever a forma de um objeto, sejam eles a altura, comprimento, largura, profundidade, entre outros.

- Aparência

Representam todas as características propriamente ditas que um objeto pode ter com relação aos materiais e suas propriedades como cor (difusa, ambiente, especular, brilho, entre outras) e texturas. (VALENTE, 2004).

- Fontes De Luz

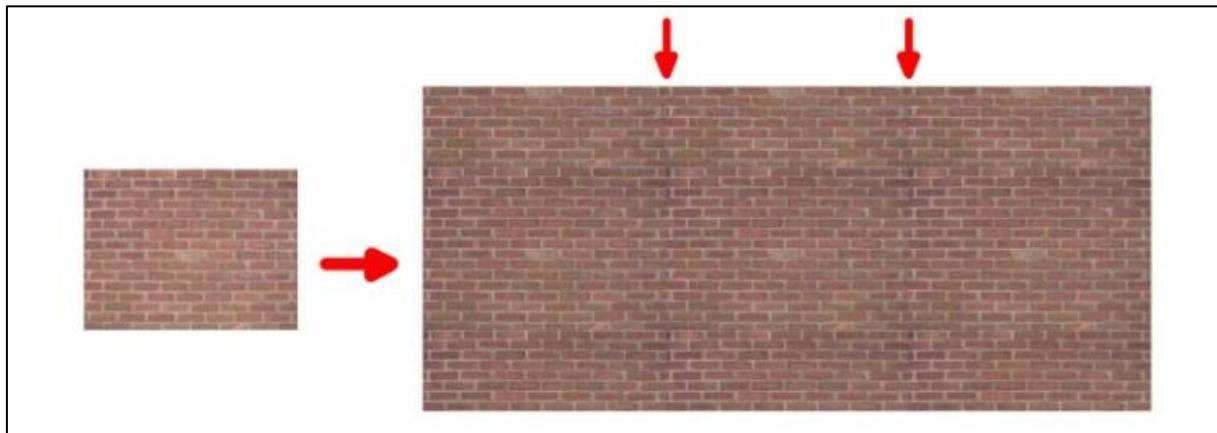
Determinam todos os tipos de iluminações que podem ser adicionados na cena, cada uma com suas características, contendo seus efeitos positivos e negativos, podendo influenciar totalmente no desempenho da cena 3D dependendo da quantidade destes objetos a serem adicionados ao mesmo tempo. Podem ser alterados por nós de transformações geométricas de acordo com a posição propriamente dita e direção com que “apontarão” os raios. Podem ser citados o spotlight, luz direcional, entre outros.

### 3.10 TEXTURA

Segundo Elliot e Miller (1995), citados por Netto e Oliveira (2004, p. 4) a operação de texturização “[...] é a aplicação de materiais sobre os objetos que acabam por definir seu aspecto plástico, como cor, rugosidade e brilho, além da aplicação de texturas (bitmaps) que são coladas sobre os objetos”.

Uma das características que deve ser levada em consideração ao aplicá-las, é a questão de se elas são caracterizadas por serem intercaláveis ou não-intercaláveis, na qual ao realizar a “cópia” da mesma textura sobre um mesmo objeto várias vezes, a impressão que deve ser passada para o visualizador é a de que existe apenas uma única textura, dando a ideia de uma grande continuidade entre elas, como, por exemplo, em uma parede de tijolos, em que todos eles devem possuir o máximo de alinhamento possível, tanto na horizontal quanto vertical (Figura 18). Ao contrário, em texturas não-intercaláveis, essa sensação não é alcançada, podendo-se notar, dependendo do caso, as bordas que unem cada uma delas. (NASCIMENTO, 2010).

Figura 18 - Exemplo de textura intercalável



Fonte: Nascimento (2010)

### 3.11 ANIMAÇÃO

Segundo Kirner, Claudio e Tori (2006) a animação de modelos 3D é alcançada de duas maneiras diferentes, a primeira é através da técnica de captura de movimentos, na qual se resume em atores reais utilizarem alguns aparelhos especiais em seus corpos para que seus movimentos possam ser “lidos” por sensores e câmeras especiais, e depois possam ser utilizados como base para a animação de personagens virtuais; a segunda tem com base o mesmo fim mas realiza todo o processo através do uso apenas de softwares especiais, sendo feita totalmente através das “mãos” de uma ou mais pessoas especializadas no assunto.

Ambas possuem vantagens e desvantagens, sendo algumas das vantagens da captura de movimentos o fato de ela substituir muito bem no geral a técnica manual, o que acaba pouRANDO muito tempo considerável e dinheiro das empresas que a utilizam, porém o seu uso demais traz vários empecilhos na qual, podem ser básicos e quase imperceptíveis no geral, mas que quando vistos por olhos mais apurados, ficam mais evidentes. Este é o caso do problema com relação ao peso dos personagens, na qual ocorre tanto na técnica manual quanto na captura, onde tem-se a impressão de que ele é inexistente nas cenas, já que os movimentos somente foram inseridos no(s) personagem(s) artificialmente, sem levar em conta conceitos de inércia, gravidade e outros demais da física, dando a impressão de que eles muitas vezes em cenas de grande movimentação como uma corrida, estão muito mais “soltos”

no chão do que realmente deveriam estar. (WILLIAMS, 2001, citado por KIRNER, CLAUDIO E TORI, 2006).

Este problema pode ser resolvido se forem aplicadas técnicas bem mais “sutis” em outros aspectos dos personagens como a movimentação do cabelo, músculos, roupas, entre outros, já que não será mais necessário alterar-se questões relacionadas a física, como já citada anteriormente. Porém, Kirner, Claudio e Tori (2006) dizem que o processo de alteração destes outros aspectos não possui nada de “sutil” em suas características, já que por serem considerados detalhes muito maiores, quanto mais destes tiverem que ser alterados como um todo em cada parte do corpo de um personagem, ao final, o processamento necessário para renderizar e mostrar todos eles em cena com uma boa fluidez se torna enorme, comprometendo toda a experiência do usuário.

Agora citando-se especificamente a técnica manual, em relação aos problemas já citados acima sobre ela também, pode-se dizer que há uma boa solução para eles, na qual é chamada de antecipação invisível, onde segundo Williams (2001), citado por Kirner, Claudio e Tori (2006), é a preparação para o movimento que será realizado posteriormente, sendo usado na grande maioria deles, principalmente no ato de caminhar, na qual, antes do personagem ir para frente, haverá toda a movimentação de suas pernas, e neste momento, antes da perna tocar o solo propriamente dita, 1 frame antes, o joelho será dobrado na posição oposta e depois continuará seu movimento normal automático, levando a perna e depois todo o corpo a frente, e assim sucessivamente, realizando a caminhada.

Este pequeno detalhe de mudança faz toda a diferença como um todo pois permite com que ao final os movimentos enfim fiquem bem mais sutis e fluidos quando comparados com a não realização desta técnica. (KIRNER, CLAUDIO; TORI, 2006).

#### 4 VISITA VIRTUAL

A visita virtual no zoológico pode ser comparada em muitos aspectos com o mesmo tipo de atividade em um museu, já que em ambos os locais físicos o usuário interage com elementos que estão separados completamente do meio externo, com o objetivo de preservar todas as características importantes de acordo com cada um, para que depois possam continuar a serem analisados e estudados pelas gerações presentes e futuras sem nenhum comprometimento.

Esta comparação inicial foi feita devido ao fato de ainda haverem mais projetos que contemplam mais museus do que zoológicos, o que não diminui nem aumenta a relevância de nenhum deles perante o outro, sendo ambos importantes de acordo com seu público-alvo e locais a serem destinados.

Ainda sobre o zoológico, em específico o da cidade de Bauru (Figura 19), localizada no Estado de São Paulo, vê-se que desde 1983

[...] vem desenvolvendo uma série de trabalhos na área de educação ambiental, procurando assim despertar, o mais cedo possível, a consciência ecológica nas crianças da comunidade, além de mudar a imagem do zoo, que até então era apenas um centro de lazer onde as pessoas para lá se dirigiam, tendo momentos de entretenimento como única finalidade. (NAKATA, SILVA, 1998, p. 74).

Figura 19 - Portal de Entrada do Zoológico de Bauru



Fonte: Prefeitura de Bauru (2016)

Além disso, foi considerado um dos melhores do Brasil atualmente, tendo recebido um certificado de excelência em 2016 do TripAdvisor, considerado um dos maiores sites de

viagens do mundo. Este documento abrange estabelecimentos do setor de turismo e hotelaria que recebem avaliações excelentes no ano correspondente ao seu recebimento. (MAIS BAURU, 2016).

Tendo em vista a grande importância social/econômica do local para a cidade, região e até país em alguns aspectos, nota-se que é interessante a implantação de uma opção a mais para a já rotineira “visita física” que é realizada por milhares de pessoas todos os dias, meses, anos..., devido ao fato de ser algo que foi implementado por poucos zoológicos do mundo até o momento, sendo este um grande diferencial que pode trazer cada vez mais visitantes para o local que o aderir.

Outro ponto que deve ser levado em consideração é a questão da alta disponibilidade e acessibilidade que o projeto trará como um todo, já que, por ser disponibilizado futuramente em ambiente web, possibilitará com que qualquer pessoa em qualquer local possa usufruir de todas as experiências que ele irá fornecer, bastando somente um acesso à internet e um navegador em mãos. Isso é muito importante pois, como já dito neste mesmo parágrafo, representa um grande passo para a facilitação de acesso a uma tecnologia de visualização e maior poder de representatividade e escolhas do usuário que desde os primórdios da World Wide Web sonhava-se em ser implementada desta maneira como é hoje, o que pode ser comprovado pelo trecho:

[...] a Web (ou WWW) não ficou por aqui e se originalmente tinha sido concebida para disponibilizar informação a duas dimensões — texto e imagens — surgiram praticamente desde a sua divulgação pública um conjunto de esforços para lhe adicionar conteúdos tridimensionais. (SOUZA et al., p. 2, 2001).

Além deste projeto em si do zoológico virtual que será desenvolvido, com suas devidas importâncias e méritos, há também muitos outros trabalhos que envolvem o mesmo âmbito da RV, com o desenvolvimento de diversos ambientes que proporcionam experiências únicas para os utilizadores e que mostram que a área da realidade virtual já está bastante difundida nos dias atuais, com muitas aplicações práticas e teóricas em diversas áreas como educação, saúde, segurança, entre outras.

Muitos deles segundo Landau et al. (2014), colocam essa tecnologia como grande facilitadora na confecção de simuladores que ajudam no treinamento e capacitação de profissionais para a sua área e função específica dentro de uma empresa, diminuindo muitos quesitos como o tempo, caso fosse usado outro método; na educação, ela permite com que o aprendizado por parte dos alunos se torne mais produtivo devido ao seu uso ser considerado diferenciado em relação aos ainda mais usuais pela maioria das instituições.

Outra área também muito abordada é a de jogos, na qual além do entretenimento ser por si só diferenciado, pode ser adicionado o quesito da educação novamente, o qual o aprendizado pode se dar muito mais rápido devido ao meio em que foi inserido contribuir muito para isso.

A seguir serão apresentados alguns trabalhos apresentados por ele.

- a) Neto et al. apresentou alguns simuladores de guindastes produzidos em 2010 pelo Grupo de Realidade Virtual Aplicada (GRVa) do Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia (LAMCE) da COPPE/UFRJ. O seu funcionamento se baseava na réplica da cabine de cada um deles, contendo todos os botões, alavancas e afins, sendo projetado no ambiente cave ou em monitores propriamente ditos. Eles foram utilizados em portos italianos para treinamento de diversos tipos de operações. O mesmo grupo também desenvolveu simuladores voltados para máquinas de mineração.
- b) Buriol et al. mostrou outra alternativa para o uso da RV, a utilização para treinamento e capacitação de funcionários em atividades de operação com linha viva (utensílios que servem para que se possa manusear equipamentos elétricos em geral, com um menor risco de choques para o operador, ao realizar manutenções em fios elétricos em uma cidade, por exemplo). O ambiente foi desenvolvido para poder ser utilizado em diversos tipos de manutenções diferentes que existem e com um alto grau de proximidade com a realidade, cada um deles com seu grau de periculosidade, dificuldade, etc. O usuário apenas tem a tarefa de selecionar os objetos que vão ser usados e onde respectivamente serão utilizados na cena. Podem ser citados alguns como por exemplo a chamada troca de cruzeta, o qual é executada com muita frequência de um modo geral.
- c) Cox e Meneses relatam um pouco sobre a experiência na criação do chamado “Jogo das Letras” através do uso da realidade virtual, cujo foco é o aprendizado de crianças com relação a educação por meio desse novo instrumento didático, na qual seu funcionamento se baseia em apontar um objeto que possui um marcador específico para a webcam, e em um monitor é exibida a imagem de um objeto que deve ser adivinhado pelo usuário do momento. Foram usados vários tipos de feedbacks como meio de apoio para isso, como, por exemplo, sonoros; que exibem

um tipo de mensagem de advertência/atenção e outros ainda que indicam se ele acertou. Estão presentes seis diferentes níveis ao total. No primeiro foi colocado mais ênfase no aprendizado de logotipos; segundo, terceiro, quarto e quinto foram focados em crianças que já possuem hipóteses silábicas de escrita, o qual possui a característica dos alunos compreenderem “[...] que a escrita é a representação da fala e estabelecem relação entre grafemas e fonemas, percebendo os sons da sílaba e atribuindo a cada sílaba uma letra, que pode ou não ter o valor sonoro convencional”. (NOVA ESCOLA..., c2018). O sexto foi feito para crianças com hipóteses da etapa alfabetica, na qual é caracterizada pela criança escrever “[...] da forma como fala, compreendendo a escrita como uma transcrição da fala”. (MAGALHÃES, p. 19, 2010).

- d) Lima et al. desenvolveu um avatar para ser usado em um simulador de treinamento para equipes que atuam em embarcações de ajuda para vazamentos de petróleo que ocorrem nos oceanos. Possuindo como elementos: o ambiente do mar, duas embarcações, uma barreira de contenção (para impedir a propagação do óleo), equipamentos para retirar o óleo e um helicóptero de resgate.

Além desses citados por Landau et al. (2014), serão apresentados outros trabalhos com relação a área da realidade virtual nos tópicos a seguir.

- e) Marçal et al. (2005) criou um framework para auxiliar na construção de aplicações com foco na educação, em que para isso se utilizavam de recursos da realidade virtual. Foi desenvolvido um protótipo para que fosse permitido verificar os vários usos que eram possibilitados por ele, além de portabilidade e interatividade com o usuário.
- f) Marques et al. (2009) criou uma aplicação em 3D para representar com o máximo de fidelidade possível o Sítio Arqueológico da Pedra de Ingá, localizado no estado da Paraíba na cidade de mesmo nome da pedra. O projeto visava alguns objetivos como a disseminação da cultura do local, estudo da região como um todo, além de mostrar um pouco aos visitantes sobre alguns dos objetos que foram encontrados lá e que são considerados muito importantes.

g) Na área da saúde Costa et al. (2011) cita o trabalho de Ramos e Nunes (2005) que visava a construção de um “mapa” virtual da anatomia e outras estruturas da mama, para que pudessem ser estudados mais facilmente as diversas possibilidades com que se formavam os tumores malignos que davam origem ao câncer. Isso era feito através do acesso a uma base de dados que se conectava com a aplicação e possibilitava a inserção de várias informações em tempo real sobre estas muitas estruturas presentes.

Assim, pode-se dizer que a visita virtual como um todo, independentemente do local a que foi designada a sua confecção, representa não só apenas um simples passeio para o usuário, mas uma nova experiência para muitos deles, em que dependendo das suas condições, talvez nunca possam visitar os lugares aos quais estão visualizando, criando um sentimento de felicidade por poder ver um local novo pela primeira vez, além de criar também uma boa margem para o aumento do turismo da região, fazendo com que uma pessoa que estivesse em dúvida sobre ir a determinado local ou não, agora essa dúvida pode ser mais facilmente sanada.

## 5 SOFTWARES DE MODELAGEM 3D

Neste tópico serão abordados as diferentes categorias de softwares 3D que são utilizadas no mercado, juntamente com a exemplificação de alguns deles e algumas das principais características de cada um.

### 5.1 COMPUTAÇÃO GRÁFICA

Esta área estuda e desenvolve “técnicas e algoritmos para a geração (síntese) de imagens através do computador”. (MANSSOUR, p. 1, 2006). Ou seja, transformar dados obtidos em imagens; e para que esses objetivos possam ser cumpridos, duas outras vertentes são necessárias a serem entendidas, a modelagem (já abordada posteriormente) e a visualização, a qual será abordada neste tópico posteriormente. (CAVALCANTI, 2000). As imagens posteriormente geradas podem ser tanto em 2D quanto 3D, mais ou menos complexas, com muitos ou pouco detalhes, entre outras variações.

Manssour (2006) diz que podem ser utilizados vários recursos para facilitar esse desenvolvimento como as bibliotecas gráficas DirectX da Microsoft e OpenGL (de código aberto), na qual esta última é especializada na questão gráfica voltada para o hardware, utilizada para o desenvolvimento de aplicações do mesmo ramo como modelagens também, nos âmbitos 2D e 3D, sendo considerada muito versátil e rápida, já que utiliza vários algoritmos muito bem otimizados, dentre eles, muitos especializados apenas no “desenho de primitivas gráficas, mapeamento de textura e outros efeitos especiais”. (MANSSOUR, p. 2, 2006). Esta característica de ser rápida é uma das grandes vantagens da utilização desta biblioteca em relação à DirectX.

#### 5.1.1 Visualização

Segundo Cavalcanti (2000) e Manssour (2006) ela se preocupa com as técnicas a serem utilizadas para converter um modelo já gerado a partir da técnica de modelagem 3D em imagens propriamente ditas a serem exibidas posteriormente em um dispositivo de visualização como um monitor.

A execução de todo esse processo, ao final, visa a solução de dois pontos principais: “a determinação, a partir de uma descrição da cena, das áreas visíveis de cada objeto na imagem final e o cálculo da função de iluminação correspondendo a estas áreas visíveis, para obtenção da cor dos elementos da imagem (shading)”. (CAVALCANTI, p. 105, 2000). Esta função de iluminação está ligada, por exemplo, aos fenômenos da física de como a luz que incide em um objeto de várias maneiras, o modo como cama uma delas é interpretado pelos olhos de uma pessoa que a visualiza, como a refração e reflexão. Ou seja, devem ser feitas as devidas conversões corretamente para que essas informações não fiquem erradas.

Já a descrição de cena, segundo Cavalcanti (2000) é composta pelos elementos que estão nela (objetos em si além de outros que fazem parte indiretamente como as fontes de luz que geram a iluminação) e as transformações de visualização que tem o objetivo de mapear as superfícies dos objetos fazendo com que ao final todas as etapas deste processo de visualização possam ser executadas com sucesso e sem problemas. Para que isso ocorra, é necessária a transformação de todas as características dos objetos em coordenadas através do uso do SRU (sistema que referencia os pontos de um objeto com relação a todo um universo – região do espaço usada em uma aplicação) que contém três eixos ortogonais (x, y e z) e as origens (0,0,0), facilitando ao final a realização de cada etapa. (MANSSOUR, 2006).

Além dessas coordenadas gerais, existem algumas que pertencem a um sistema chamado espaços de referência, em que, segundo Manssour (2006), cada uma está associada a uma etapa diferente do processo de visualização, são elas: espaço do objeto, relacionado a modelagem; espaço de cena, relacionado ao posicionamento; espaço da câmara, relacionado a iluminação; espaço normalizado, relacionado a ao recorte; espaço da ordenação, relacionado visibilidade; e espaço da imagem que está relacionado ao processo de rasterização.

a) Espaço do objeto:

São as coordenadas nas quais os objetos se encontram, a maioria deles geralmente estando na origem, com suas dimensões sendo expressas por números inteiros e devidamente alinhados com os eixos cartesianos. Possuindo todas essas características eles podem ser chamados de objetos padronizados. (CAVALCANTI, 2000).

b) Espaço da cena:

A diferença deste para os demais itens, segundo Cavalcanti (2000) é o fato de caracterizar as coordenadas da cena no geral como um todo, na qual estão posicionados todos os elementos além da câmera virtual.

- Espaço da câmara:

Cavalcanti (2000) caracteriza-o por ser igual ao espaço da cena, no sentido de que a câmera se encontra nas coordenadas de origem do sistema, na qual possui dois eixos que são perpendiculares ao sentido da visão e o plano ao qual tudo isso é projetado se encontra em um terceiro eixo.

- Espaço normalizado:

Segundo Manssour (2006) e Cavalcanti (2000) esse sistema privilegia o observador, na qual, através do uso de uma câmera é definido o local em que a cena 3D vai ser exibida, em questão da posição de cada objeto em determinadas coordenadas de cada local diferente, visto que essas características se alteram com as várias mudanças que pode ocorrer com relação a esses pontos.

- Espaço de ordenação:

Possui a função de determinar como será a visualização final da cena para o observador. É obtido

[...] através de uma transformação projetiva do sistema de coordenadas normalizadas, de modo a trocar a projeção perspectiva pela projeção paralela ortográfica, preservando a planaridade, linearidade e ordenação dos objetos em relação a profundidade de cena. (CAVALCANTI, p. 107, 2000).

- Espaço da imagem:

Manssour (2006) e Cavalcanti (2000) caracterizam-no por ser o sistema de coordenadas do dispositivo em que a imagem vai ser exibida. Utiliza o processo conhecido como rasterização na qual define quais serão os pixels em questão de seu

formato, além de quais irão preencher as linhas e polígonos para que sejam determinadas as suas cores, razão de aspecto, fator gama, entre outros aspectos.

#### 5.1.1.1 Especificação da Visualização

Serão especificados todos os parâmetros e atributos que são necessários para que a etapa de visualização ocorra sem problemas.

Dois artifícios são usados inicialmente, a câmera virtual, que possui a função de definir os parâmetros da observação no espaço 3D; e o suporte de exibição, na qual define os parâmetros que deverão estar presentes no tamanho total da imagem. (CAVALCANTI, 2000).

Uma das formas de se definir os parâmetros, segundo Stange e Scheer, 2012 é de acordo com o volume de visão que determina a maneira do “corte” dos objetos; um plano de projeção, cuja finalidade é converter vários pontos de um tamanho maior para outro menor; e uma viewport do suporte de exibição.

O plano de projeção a ser utilizado depende muito da situação e do objetivo a que o desenvolvedor quer dar a aquela cena ao ser convertida, na qual é definido principalmente através da sua distância até o centro de projeção (de onde se iniciou ela). A partir dele, Cavalcanti (2000) diz que é definida qual a área que será vista a todo momento pelo usuário, denominada janela.

#### 5.1.1.2 Transformações de Visualização

Nesta etapa serão definidas como as transformações ocorrem a partir de todos os parâmetros já definidos no item anterior para ao final realizar a operação de visualização. Nelas, os objetos são movimentados para posições em que os algoritmos que determinam a visualização final podem atuar de uma maneira mais efetiva. (CAVALCANTI, 2000).

Basicamente, Cavalcanti (2000) diz que todas essas transformações são realizadas por meio de matrizes e outros elementos, na qual muitas delas podem ser concatenadas em uma única para ser usada posteriormente e facilitar em alguns sentidos todo o processo, de acordo com seu andamento.

Uma das transformações é quando a câmera virtual é posicionada e direcionada para que sejam definidos os parâmetros que devem ser convertidos do objeto 3D para o 2D através do SRC, usado para “[...] definir a posição de cada objeto em relação ao observador [...] pois

só assim se pode saber qual é o objeto que está mais próximo ou mais afastado [...] bem como se um objeto está encobrindo outro.” (MANSSOUR, p. 10, 2006); é calculado o volume de visualização, em que corresponde a área correspondente que será visualizada no universo 3D; após isso é realizado o recorte 3D no lugar desejado e mapeado. Posteriormente, são usadas as projeções, já citadas anteriormente, na qual vários segmentos de reta são projetados para cada vértice do objeto, e assim vão convertendo-os para a imagem em 2D. Elas podem ser classificadas como paralelas ortográficas, em que não geram mudanças nas medidas dos objetos, e como de perspectiva, em que há uma diferença com relação a essas medidas, já que os raios se concentram em um único ponto.

Por fim, é realizado o mapeamento deste conjunto todo até então para o SRT, utilizado pelo monitor, juntamente com o processo de rasterização já definido anteriormente. (MANSSOUR, 2006; CAVALCANTI, 2000).

### **5.1.2 Otimização**

Ela pode ser alcançada através do uso de alguns artifícios como a remoção de determinadas superfícies que não são necessárias aparecerem sempre na cena em determinados momentos. Duas situações podem ocorrer, quando uma ou mais faces de um objeto estão encobertas por outras faces dele mesmo, impedindo o observador de observá-las; e quando determinados objetos ficam “invisíveis” por estarem na frente de outros objetos. (MANSSOUR, 2006).

Para que essas operações ocorram com sucesso são utilizados alguns algoritmos como o z-buffer, na qual os parâmetros de profundidade dos objetos em relação ao observador são armazenados em dois buffers (“dispositivo de armazenagem temporária usado para compensar as diferenças na taxa de dados e o fluxo de dados entre dois dispositivos [...]”). (Neto, p. 3, 2018)), sendo um deles para armazenar valores de profundidade (z-buffer) e o segundo para cores (color-buffer). O funcionamento se baseia, segundo Manssour (2006), em ambos analisarem pixel por pixel cada face de todos os objetos na cena, comparando os valores de cor e distância dele com os armazenados em cada um destes elementos. Caso o valor esteja próximo do observador, ele é armazenado em cada um dos buffers correspondentes e ao final, será exibido o objeto com as faces necessárias e cores correspondentes, de acordo com as diversas variações.

## 5.1.4 Softwares

### 5.1.4.1 AutoCAD

Caracterizado segundo Carvalho (1998) como um programa de desenho vetorial, em que os dados são “representados por unidades básicas de informação, descritas por coordenadas em um espaço vetorial”. (CAVALCANTI, p. 34, 2000). Estas unidades podem ser associadas a determinadas posições, em que são especificados dados como pontos que podem formar retas, segmentos de retas, vértices, polígonos, entre outros; ou vetores em que são especificadas forças, direções e orientações. Tudo isso ocorrendo no determinado ambiente em que se encontram no momento. (CAVALCANTI, 2000).

Possui foco principal na elaboração de desenhos técnicos e projetos mecânicos para diversas áreas como engenharia, arquitetura, etc.

Seu modo de operação, segundo Carvalho (1998) se baseia no uso do plano cartesiano para representar todos os objetos, sendo caracterizado por poder ser tanto 2D quanto 3D em sua estrutura, na qual o 2D possui os eixos x e y em que os pontos são representados a partir da distância que estão de cada um dos eixos, como por exemplo, distância dx até o eixo x e distância dy até o eixo y.

Porém, além desta relação com plano cartesiano, as coordenadas podem ser classificadas também como sendo polares, em que, no mesmo plano anterior, se caracterizam por possuírem uma distância propriamente dita e um ângulo em relação ao mesmo eixo a ser relacionado no momento. (CARVALHO, 1998).

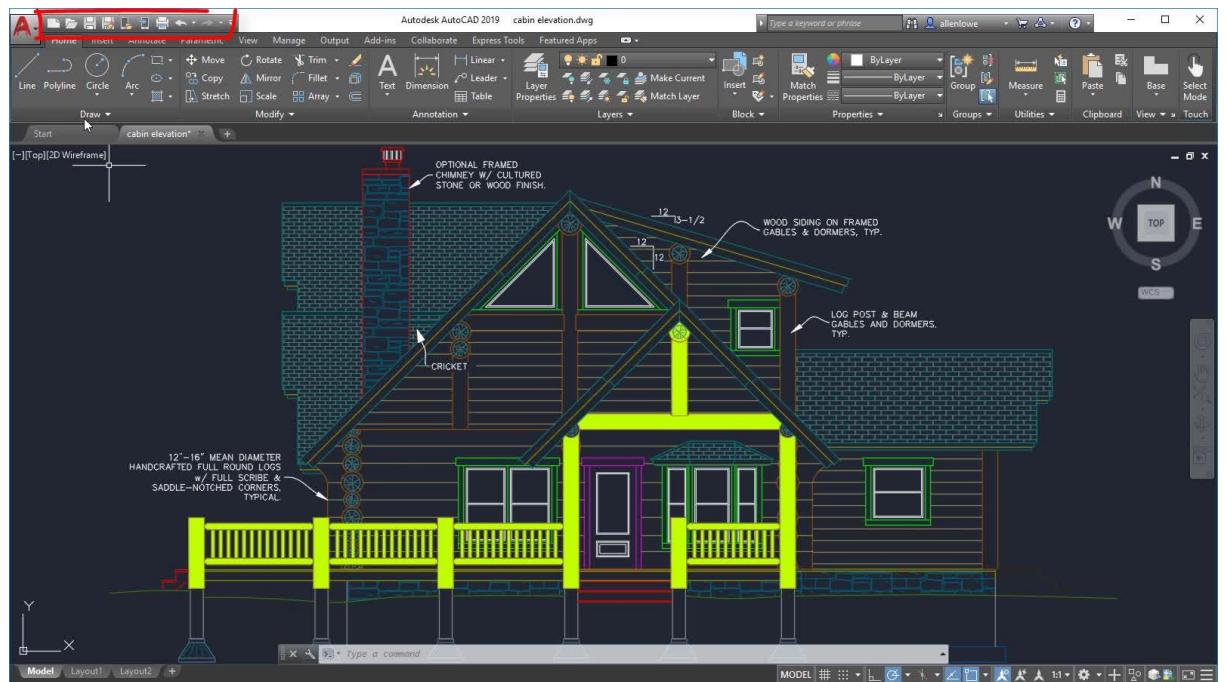
Além disso, há ainda outros dois modelos de sistemas com relação as coordenadas que geram ações afetando os anteriores (coordenadas cartesianas e polares), na qual são conhecidas como absolutas e relativas. As absolutas se definem com relação aos pontos do seu ambiente cartesiano sempre serem medidos em relação a sua distância (dx e dy) com o ponto de origem, e o ângulo formado com relação ao eixo horizontal. Já nas relativas essas distâncias são calculadas com base nas distâncias em relação ao(s) ponto(s) anterior(es) que já estão presentes na cena.

Todas essas explicações podem ser melhor entendidas quando se analisa alguns casos na prática, como na engenharia no geral, em que segundo Souza (2015) o software é amplamente utilizado pois possui, como já citado, a possibilidade de desenvolver e visualizar o projeto tanto em 2D e 3D e através de várias perspectivas e ângulos diferentes, o que acaba facilitando muito todo o trabalho, já que

[...] as projeções do desenho permitem ao cliente simular e analisar seus conceitos visuais e estruturais. Visando melhorias na produção, o estudo teórico, bem como o planejamento prévio do material permitem que sejam feitas adequações dos protótipos visuais construídos, tornando possível a verificação de outras aplicações [...] (SOUZA, p. 1, 2015).

A Figura 20 a seguir mostra a tela principal do software com seus diversos menus.

Figura 20 - Tela inicial do AutoCAD



Fonte: Autodesk (2019)

#### 5.1.4.2 Adobe Illustrator

O software, segundo Melhor Sistema de Ensino (2014), é um dos principais editores de imagens disponíveis no mercado, sendo estas caracterizadas por serem vetoriais, no seu uso, na qual este termo já foi explicado anteriormente. É usado em diversas áreas sendo uma das principais a do design, mas também existem projetos com base em vídeos e com relação a web também desenvolvidos por ele.

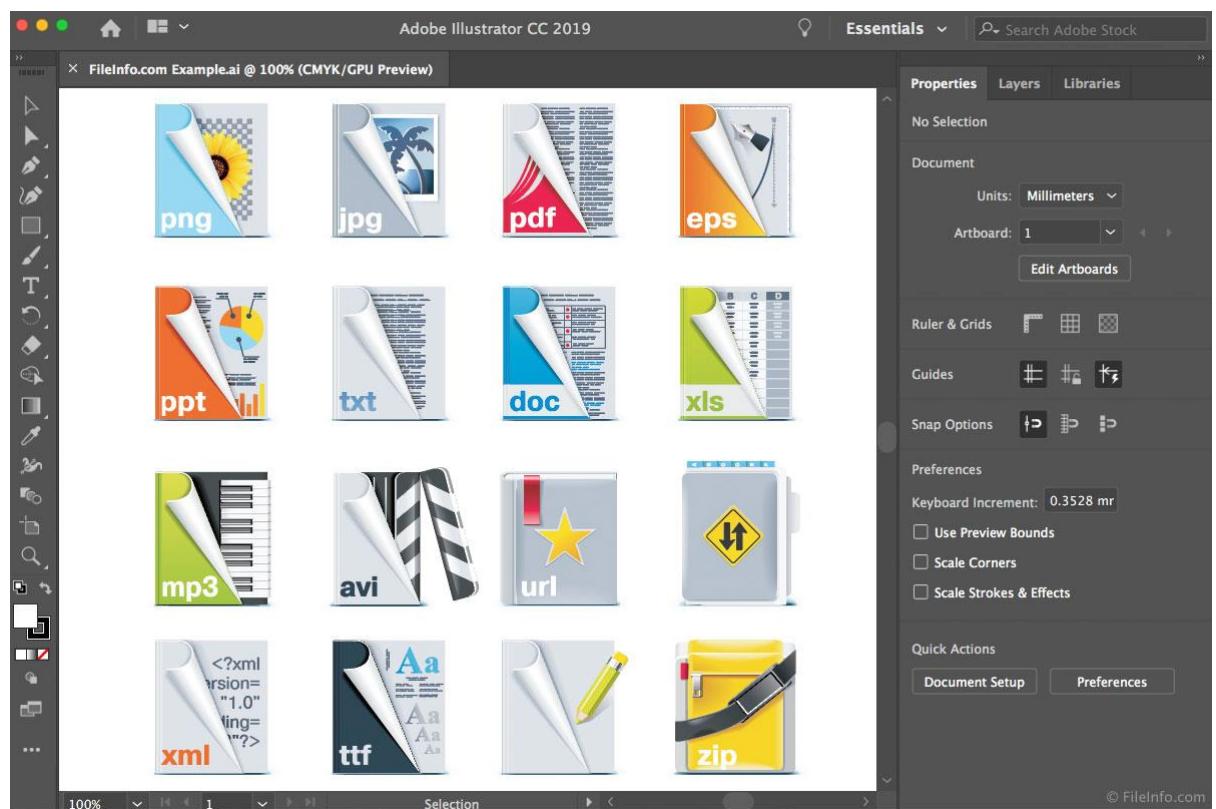
Possui grande integração com outros softwares também muito famosos da mesma empresa (Adobe) como Photoshop, After Effects, entre outros, sendo esta uma de suas principais características. MELHOR SISTEMA DE ENSINO (2014).

Os principais tipos de imagens o qual ele é voltado são ícones, cartazes, cartas, entre outros, ou seja, imagens que possuem muitos detalhes na grande maioria e que necessitam de um cuidado a mais para terem uma qualidade final considerada muito boa.

Para realizar todas essas ações, Alfamídia Prow (2012) diz que ele possui uma grande infinidade de ferramentas como as suas próprias primitivas como retângulos, elipses, polígonos, segmentos de reta, entre outras; diversas formas de gerar muito objetos e editá-los em parâmetros como rotação, alinhamento; uso de diversas camadas como são usadas em imagens no Photoshop; muitas ferramentas de desenho, como para permitir a confecção de curvas; edição de textos também, não somente imagens; aplicação de filtros, entre muitas outras ferramentas.

Na Figura 21 a seguir pode-se visualizar como é a tela inicial do software, com seus menus e afins.

Figura 21 - Tela inicial do Illustrator



Fonte: FileInfo (2018)

## 5.2 MODELAGEM E RENDERIZAÇÃO

Antes de citar e explicar sobre os softwares que podem ser encaixados nesta categoria é interessante com que possam ser explanados alguns conceitos sobre ela, na qual a modelagem 3D, segundo Netto et al. (p. 73, 2002), é “composta pela definição do espaço 3D, seus componentes e posicionamento no espaço”. Já a renderização, segundo Almeida (p. 5, 2007), é o “método utilizado para obter imagens digitais [...] aplicado principalmente em programas de modelagem e animação, como forma de visualização da imagem final do projeto bidimensional ou tridimensional”.

Para a realização dessas duas propriedades podem ser usados vários softwares que facilitam todo o trabalho, não sendo necessário que o designer ou programador altere nenhuma linha e código, somente com a escolha das primitivas para serem agrupadas e irem formando os objetos do cenário em si propriamente ditos. Alguns deles serão citados a seguir.

### 5.2.1 Blender

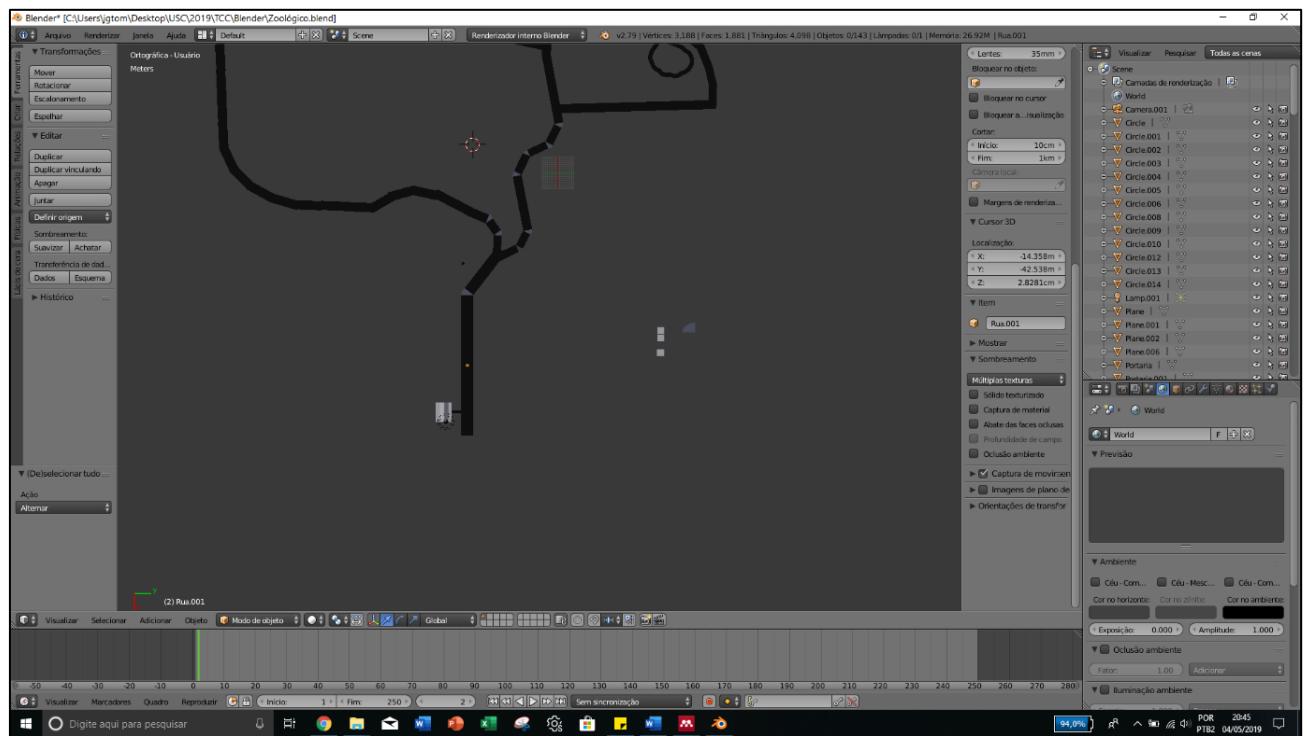
Segundo Britto (p. 16, 2011) ele é definido como uma “suíte de produção 3D voltada para a criação de animações 3D e imagens estáticas”. Possui alguns diferenciais em relação a outros do mesmo gênero 3D em relação a vários quesitos como: para o desenvolvimento de jogos e animações interativas ele apresenta um motor de jogos (engine) próprio já integrado, na qual não é necessária a utilização de outros softwares “anexos” para realizar determinadas etapas de desenvolvimento do mesmo projeto, por exemplo, dando ao desenvolvedor a possibilidade de agrupá-las em um só lugar (criação, desenvolvimento e publicação). Assim, Britto (2011) também afirma que apenas uma pessoa pode realizar as tarefas que seriam elencadas para muitas outras realizarem ao mesmo tempo devido a justamente essa possibilidade de integração também.

Outra vantagem, como já citada anteriormente na definição do tópico Modelagem e Renderização, é a possibilidade de o desenvolvedor ter a possibilidade de desenvolver todo o projeto sem haver a necessidade de programar nada, apenas escolhendo-se os objetos e colocando-os na cena na posição desejada, podendo-se alterar muito detalhes também com relação a eles como iluminação, texturas, entre outros aspectos. (BRITO, 2011).

Além disso, Britto (2011) diz que ele facilita muito no processo de prototipagem em que são submetidos os protótipos de projetos, geralmente aqueles que são muito extensos e demorados.

Ao entrar no software, as opções que são encontradas nos diversos menus da tela principal (Figura 22) são: Arquivo (opções relacionadas ao arquivo aberto no momento ou não), Renderizar (opções relacionadas a renderização de imagens em vários formatos como OpenGL, entre outros), Janela (opções relacionadas a janela atual como maximizar, duplicar, realizar captura de tela, entre outros), Ajuda (opções que podem dar alguma ajuda para o usuário caso tenha dúvida com relação a alguma funcionalidade) – Menu superior. Menu lateral esquerdo – Relacionado a algumas opções para modificação do objeto com relação a transformações (mover, rotacionar e escalonamento) e algumas edições (duplicar, duplicar vinculado, apagar, juntar, suavizar, entre outros). Menu lateral direito – Outras opções quanto a edição de objetos (desta vez em maior quantidade e mais detalhadas), além de outra barra lateral mostrando todos os objetos que estão na cena em questão. Menu inferior – Barra com uma linha do tempo relacionada principalmente a questões das reproduções das animações. (BLENDER..., 2019).

Figura 22 - Tela principal do software Blender



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Além disso, o software possui a característica de permitir com que um ambiente já finalizado possa ser exportado para muitos tipos de extensões de arquivo diferentes como: .dae, .abc, .3ds, .fbx, .ply, .obj, .x3d, .stl, .html, entre outras (podem haver alterações de extensões abrangidas dependendo da versão do software a ser utilizada), cada uma com a sua determinada finalidade e usabilidade, neste caso sendo utilizada a .html, em que possui a principal característica de possibilitar com que determinado conteúdo seja exibido na web através de um navegador, sendo esta a principal característica e fundamento deste projeto.

Mas antes da exportação em si do ambiente, este está sendo desenvolvido grande parte com o uso de objetos do próprio software em questão, como cubos, esferas, cones, curvas, entre outros, as consideradas primitivas dele, porém, alguns objetos encontrados em diversos sites online também estão sendo adicionados (como no caso dos animais em que serão usadas bibliotecas e códigos públicos como base, além de muitos outros itens também), devido principalmente a grande dificuldade de desenvolvê-los manualmente o que também acabaria levando um tempo excessivo.

Outros fatores a serem levados em consideração e que também podem ser adicionados e alterados no Blender para a realização do projeto são a questão das dimensões e proporções que os objetos vão ter quando comparados aos reais, na qual é importante com que uma jaula, dependendo de qual for, não fique muito maior do que um prédio, por exemplo, assim como na vida real uma casa geralmente não é maior que um prédio. Porém, caso seja necessário, será utilizada a propriedade de escalonamento para “aumentar” ou “diminuir” os objetos.

Serão usadas algumas formas mais complexas para a confecção de determinados objetos, além do uso de iluminações adequadas para cada área do cenário e texturas quando todas as “construções” como prédios, jaulas e outros estiverem previamente prontas. Tudo isso tomando-se o cuidado com o uso demaisado, pois caso ele ocorra, a navegação e fluidez posteriormente implementadas serão muito afetadas de uma maneira negativa, prejudicando a experiência do usuário.

Durante o decorrer e principalmente ao final, a operação de renderização será uma das mais importantes, pois ela possibilitará com que todos os objetos, finalizados ou não, independentemente do estágio de desenvolvimento, possam ser visualizados como realmente vão apresentar na “aplicação final”.

Depois de tudo finalizado, os arquivos finais serão exportados para a extensão .html e outras customizações serão feitas como relação a customização de movimentação, por exemplo, o qual será melhor explicada mais adiante.

### 5.2.2 3ds Max

Assim como o Blender, citado anteriormente, possibilita com que seja feito a renderização de imagens e animações, na qual é possível desenvolver qualquer tipo de cenário 3D, bastando haver tempo e disponibilidade. É uma das principais ferramentas utilizadas no mercado para a criação de vinhetas, comerciais televisivos, maquetes, além dos já citados mundo virtuais. (ALMEIDA, 2007).

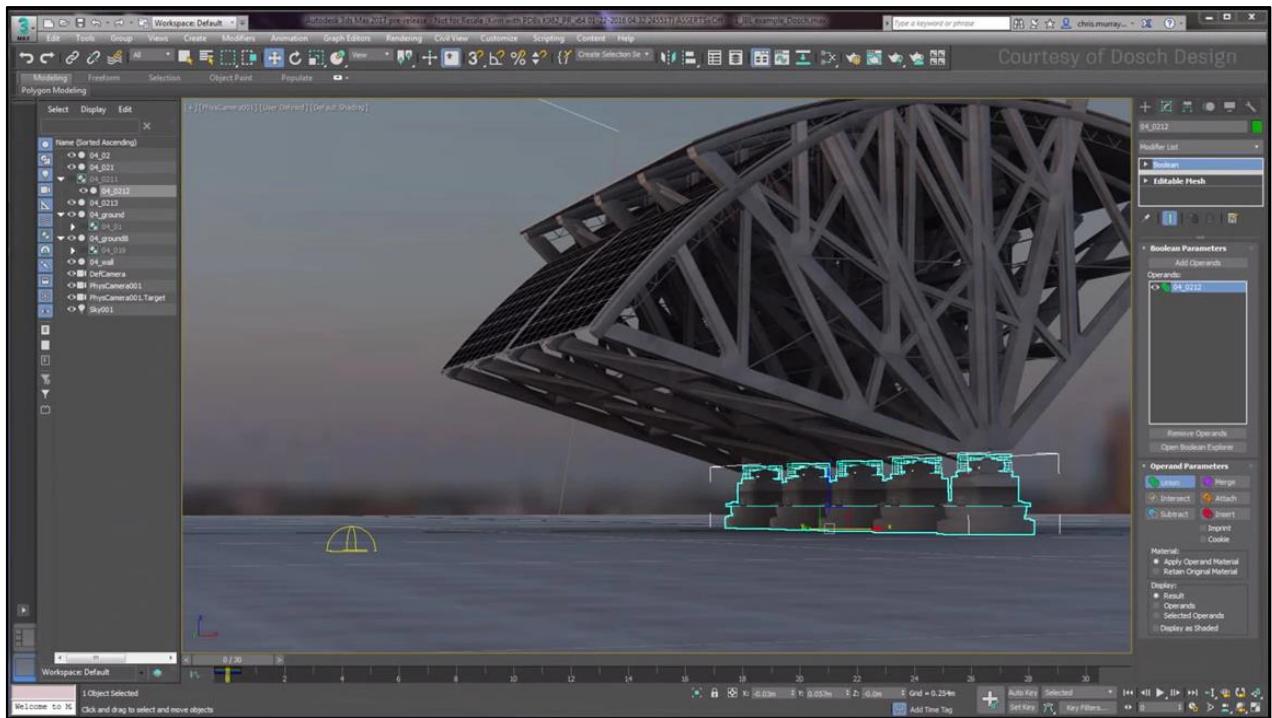
Para conseguir essa proeza, segundo Almeida (2007), além das possibilidades já citadas, ela fornece a opção de o desenvolvedor utilizar vários tipos de plugins para que seja facilitado o uso de diversos objetos já pré-moldados durante o desenvolvimento do projeto.

Uma das desvantagens dela quando comparada ao Blender, por exemplo, é que há a necessidade de que o mesmo desenvolvedor tenha algum conhecimento em linguagens de programação, já que, Almeida (2007) diz que, para que sejam executadas algumas ações, em que, dependendo do projeto podem ser importantes, há a necessidade do uso de scripts em alguns locais específicos do software.

Entretanto, existem muitas vantagens com relação ao seu uso no geral como, por exemplo, a possibilidade de se renderizar cenas utilizando uma rede, na qual todo o trabalho pode ser dividido entre várias máquinas diferentes e depois ao final juntar todas as partes em uma só, o que acaba economizando um tempo considerável; a possibilidade de que qualquer usuário possa desenvolver outras melhorias ou novas ferramentas, melhorando muito mais a experiência como um todo; utiliza a tecnologia da programação orientada a objetos, na qual muitas propriedades e objetos são nomeados anteriormente e se houver a necessidade de se alterar algo posteriormente, essa ação se torna muito mais fácil e simples; entre outras. (ALMEIDA, 2007).

A Figura 23 a seguir ilustra a janela principal do software em questão.

Figura 23 - Tela principal software 3ds Max



Fonte: AutoDesk (2019)

## 6 BLEND4WEB

O Blend4web (Figura 24) é “um framework 3D orientado para web para criação e renderização interativa de gráficos e áudio tridimensionais em navegadores.” (BLEND4WEB..., 2019, tradução nossa). Ou seja, é voltado para o “apoio” na confecção de vários tipos de aplicações 3D que serão exibidas no ambiente web especificamente.

Foi desenvolvido pela empresa Triumph LLC a partir do ano de 2010 e lançado em 2014.

Como seu próprio nome já sugere, possui uma grande ligação com o software de modelagem 3D Blender, no sentido de possibilitar muita integração entre essas duas plataformas para que possam ser realizadas muitas outras funcionalidades no Blender, em que, sem a existência do Blend4web, não seriam possíveis. O ponto principal a ser verificado é a possibilidade de exibir todos os conteúdos desejados (modelos 3D em todos os arquivos existentes) no navegador sem que haja a necessidade da instalação de nenhum plugin a parte como por exemplo o Cortona3D (usado para a exibição de algumas linguagens específicas como o VRML). (BLEND4WEB..., 2019, tradução nossa).

Essa possibilidade, segundo BLEND4WEB... (2019), é alcançada devido ao uso de uma grande biblioteca gráfica chamada WebGL, o qual permite a integração entre o arquivo 3D exportado em formato web (geralmente HTML) e os navegadores web suportados (Google Chrome, Yander, Firefox, Opera, Safari 8+, Internet Explorer 11, Microsoft Edge), renderizando todo o conteúdo de forma correta para eles. Além dos navegadores, o software também permite a visualização do conteúdo 3D em sistemas móveis como Android, BlackBerry, Firefox OS, IOS 8 em diante, Sailfish OS, Tizen e Ubuntu Touch.

Outra questão, também muito importante, como dito por Chiavarini et al. (2017), é a possibilidade de se poder implementar uma navegação bastante intuitiva e simples nas aplicações, com a questão de permitir com que determinado objeto seja clicado através do uso do mouse, por exemplo, e isso dispare uma interação como a mudança para um outro arquivo específico (o qual este foi justamente o uso na aplicação deste trabalho).

Todos esses pontos são possíveis devido a existência das engines gráficas, em que basicamente são uma ligação entre a parte alto nível da aplicação (lógica) e baixo nível (WebGL), na qual permitem o gerenciamento de física, som e outros pontos da aplicação toda, “transferindo-os” para o mundo 3D. (BLEND4WEB..., 2019, tradução nossa).

Figura 24 - Ícone Blend4web



Fonte: blend4web.com (2019)

## 7 MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Raupp e Beuren (2016) a pesquisa exploratória se caracteriza por proporcionar com que haja um maior conhecimento sobre o assunto em que se está realizando determinada pesquisa, em termos do afunilamento de vários aspectos importantes para o seu total entendimento ou até mesmo por que muitos deles talvez não foram explicados muito bem anteriormente, dependendo de determinada delimitação que o assunto sofreu até se tornar aquele tema específico.

Andrade (2002) ainda completa dizendo que se o estudo abrange também para a facilitação de delimitação de um tema, proporcionar a eleição de objetivos, hipóteses, entre outros pontos, também é caracterizado como exploratório.

Ou seja, o estudo em questão se encaixa perfeitamente em todos esses pontos elencados por permitir a delimitação do assunto da realidade virtual para o tema do projeto já realizado sobre a modelagem do Zoológico de Bauru, objetivos, além de permitir um afunilamento para vários outros pontos menores e mais detalhados sobre o todo, os quais garantiram um melhor entendimento sobre o teórico e melhor aplicação na prática, ou seja, desenvolvimento do ambiente 3D do zoológico de modo a proporcionar uma visita virtual para o usuário que o utilizar, o mais fiel a realidade possível. Na qual para a realização deste último ponto com relação a proximidade com a realidade, foram efetuadas pesquisas em campo para que pudessem ser elencadas as melhores texturas e medidas a serem inseridas no projeto conforme o andamento do mesmo.

### 7.1 PROJETO

Após o desenvolvimento do levantamento bibliográfico na qual foram definidas as características teóricas sobre todo o projeto em si, foi desenvolvida a parte prática do projeto, no qual foi abordado todo este conhecimento já citado, de um modo a ter definido como foi feito o ambiente em si de um modo geral e, conforme o andamento, os recursos que foram usados/modificados/adicionados.

### **7.1.1 Ferramentas Utilizadas**

Neste tópico serão descritos os softwares utilizados para o desenvolvimento do ambiente virtual em questão.

#### **7.1.1.1 Softwares**

O software Blender foi utilizado devido a ser um programa que permite a modelagem de diversos tipos de ambientes em 3D, desde aqueles com um menor nível de “dificuldade”, e por assim dizer, com objetos mais simples, com menos detalhes (menos polígonos), texturas, entre outras características; até aqueles bem mais complexos, com muitos objetos na mesma cena, cada um possuindo muitos detalhes, o terreno não sendo apenas plano, contendo diversos tipos de elevações e declives, dependendo claro do que estiver sendo representado, entre outros pontos.

Os objetos foram criados em vários arquivos diferentes utilizando-se de diversas propriedades do próprio software como escala; rotação; extrusão; cortes (sendo manuais ou utilizando outros objetos já existentes); movimentação (translação) em todos os eixos disponíveis (x, y e z), para que cada um pudesse ser posicionado em seu respectivo lugar na cena e com o tamanho o mais próximo do que seria o ideal. Posteriormente foi usado o framework Blend4Web no próprio Blender que possibilitou com que o usuário pudesse interagir com um clique do mouse em placas espalhadas por todo o arquivo principal com os nomes das diferentes localidades (jaulas, edificações, entre outros), para que pudesse escolher qual determinada parte do cenário (arquivo específico) ele gostaria de visualizar a cada momento, o que melhorou muito na questão do aspecto de performance geral da aplicação, já que foram economizados aspectos de hardware com relação a GPU e o próprio processamento da aplicação na web em si, fazendo com que tudo tivesse uma melhor fluidez e experiência agradável como um todo.

#### **7.2.1.2 Pesquisa em Campo**

Ela se deu através de visitas a realizadas no local real propriamente dito (Zoológico de Bauru), localizado na cidade de Bauru, estado de São Paulo, Brasil e pelo uso da ferramenta Google Street View, na qual puderam ser observados mais detalhes com mais praticidade e facilidade. Muitos deles foram usados para verificar as texturas que são usadas em várias edificações e outros objetos, e que conforme o desenvolvimento do projeto foram pesquisadas

em diversas fontes na internet por similaridade com as reais e depois aplicadas em todos os objetos os quais foram possíveis. Essa etapa foi importante pois as texturas representam um ponto muito importante quando se diz respeito a questão de grande proximidade com a realidade, já que quanto mais qualidade elas tiverem, em questão de construção e afins, mais parecida com a respectiva real ela será. Posteriormente, como já citado anteriormente, o ambiente em si foi finalizado, no sentido da modelagem 3D, exportado (apenas para ambiente web na linguagem HTML através do uso do framework Blend4Web, já que este ambiente a partir desta linguagem de marcação somente pode ser exibido diretamente em navegadores de internet suportados como o Google Chrome, Mozilla Firefox, entre outros) e modificado quanto a outras características para tornar a experiência do usuário a melhor possível ao final.

A máquina em que o projeto está sendo desenvolvido possui as seguintes configurações técnicas:

- Processador: Intel Core i5-7300 HQ CPU 2.50 GHz;
- Memória RAM: 8 GB;
- Sistema operacional Windows 10 de 64 bits.
- Placa de vídeo: GeForce GTX 1050
- Disco rígido: HD e SSD

Em questão das configurações de máquinas que proporcionarão uma boa experiência para o usuário ao processar o ambiente como um todo de uma maneira satisfatória, pode-se estipular alguns quesitos como:

- Processador (Intel Core i5 ou superior);
- Placa de vídeo (GPU): GeForce 940MX ou superior;
- Memória RAM: 6 GB ou superior;
- Disco rígido: HD ou SSD.

## 8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desde o início até o mês de outubro, foram desenvolvidos os modelos em 3D, primeiramente as ruas do local, depois cada jaula/edificação em separado, colocando-se texturas adequadas e aperfeiçoando os detalhes para que ficassem os mais fidedignos possíveis com os objetos reais. A ideia inicial era que todas as jaulas estivessem presentes em um mesmo arquivo, sendo este único, porém, no decorrer do desenvolvimento notou-se que a fluidez do projeto como um todo estava ficando muito prejudicada devido a grande quantidade de objetos neste mesmo arquivo, fazendo com que o computador não conseguisse processar toda aquele quantidade de informações ao mesmo tempo. Foi então necessário pesquisar uma solução, o qual foi colocada em prática no mês de outubro, quando utilizou-se o framework Blend4web para realizar a lógica com relação a placas que foram introduzidas em cada arquivo e no arquivo principal, dando a possibilidade do usuário poder clicar sobre elas e redireciona-lo para cada arquivo separadamente, o que melhorou muito a questão da performance.

Com toda essa análise, por fim, verificou-se que dentre os objetivos estipulados no início do desenvolvimento, pode-se dizer que a grande maioria foi alcançada com sucesso, já que foi criado um ambiente 3D baseado no local real, com o máximo de detalhes possível, através do software de modelagem 3D Blender e suas diversas técnicas de desenvolvimento, na qual após essa etapa, foi possibilitado os níveis de interação com as cenas no sentido de movimentação e uso de dispositivo de entrada para adentrar nos arquivos/cenas desejadas a cada momento.

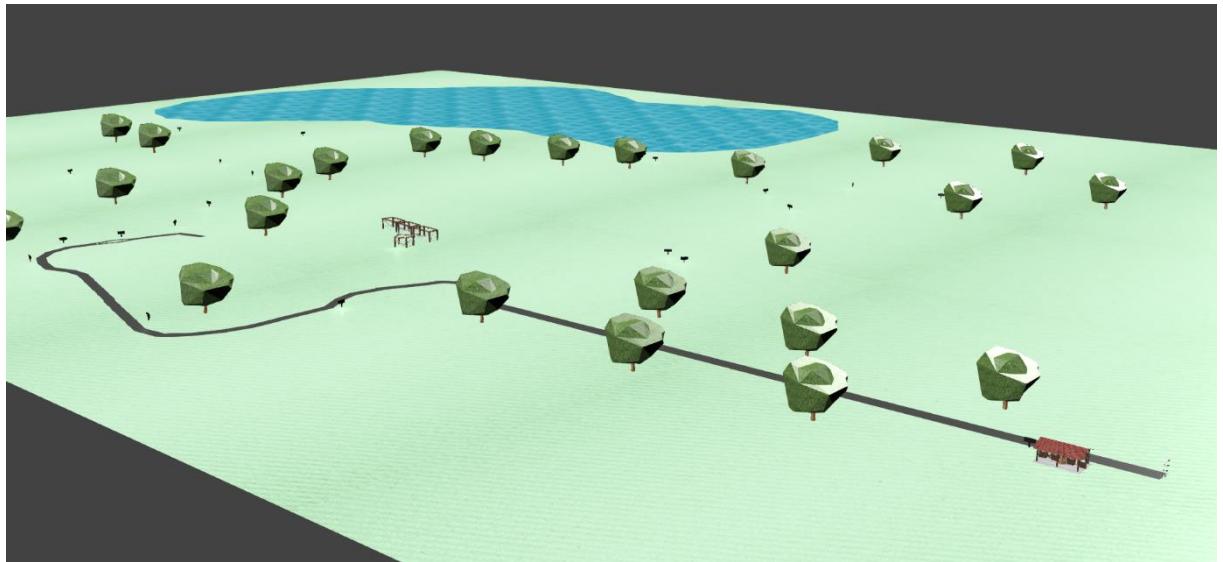
O andamento do projeto até a sua finalização total pode ser melhor ilustrado pelas figuras a seguir.

Figura 25 - Visão geral do zoológico 3D



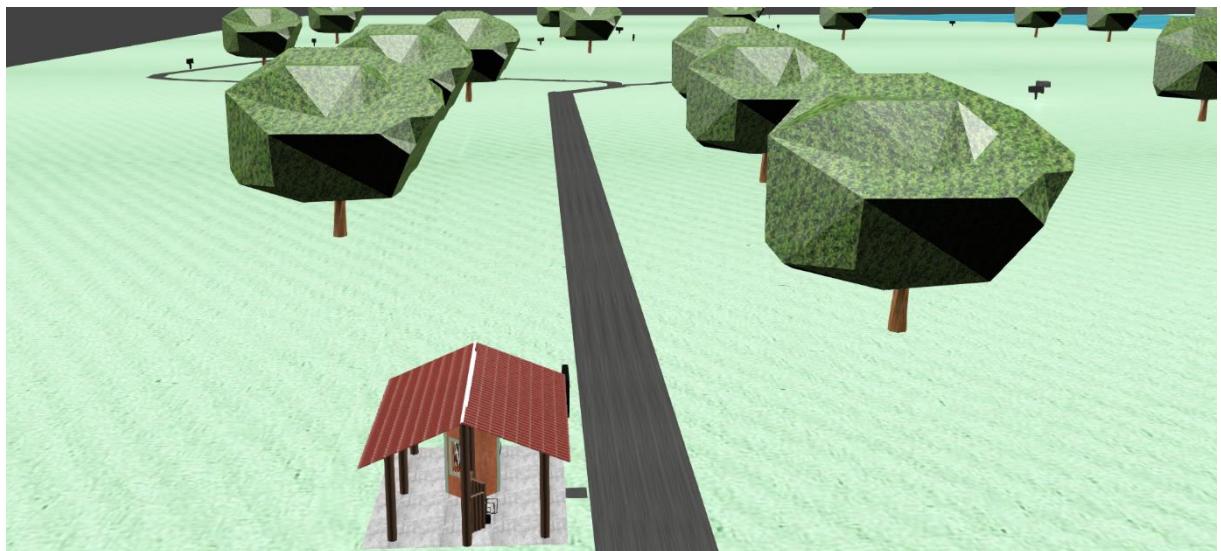
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 26 - Visão geral do zoológico 3D - Finalizado



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 27 - Visão geral do zoológico - Outro ângulo



Elaborada pelo autor (2019)

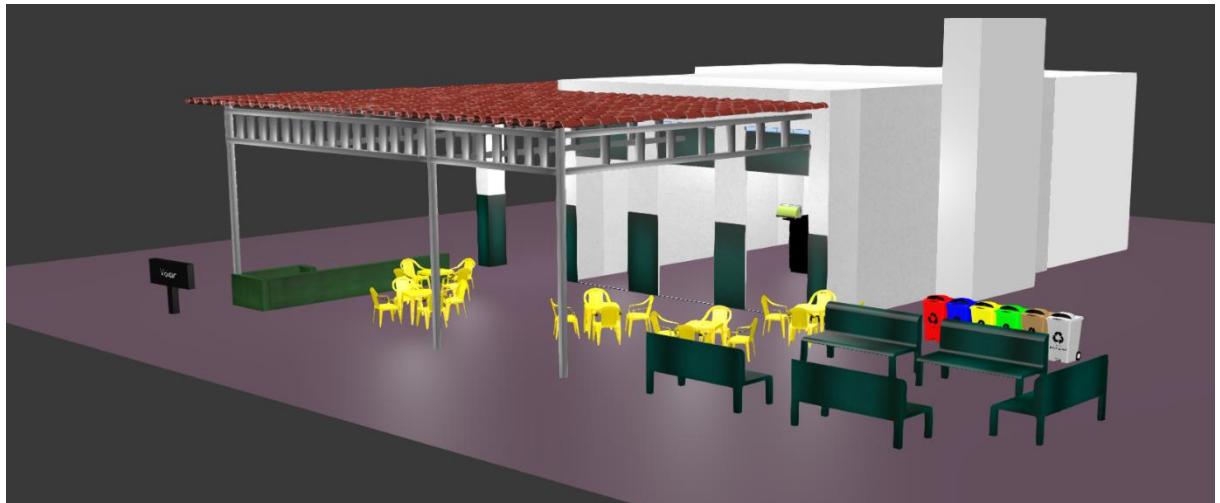
Figura 28 - Refeitório



Fonte:

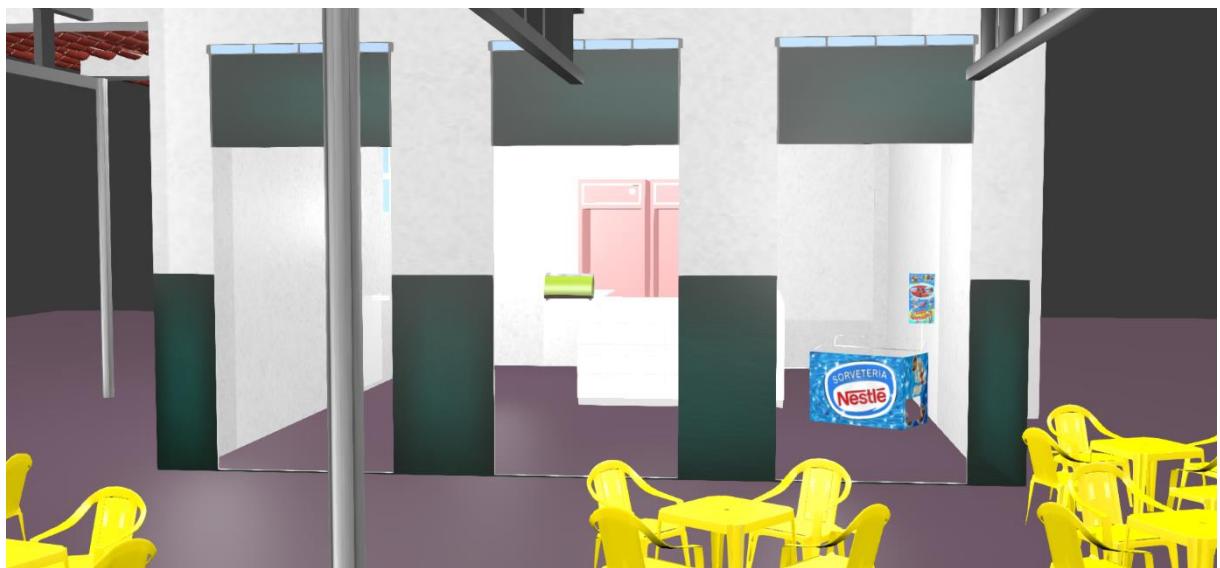
Elaborada pelo autor (2019)

Figura 29 - Refeitório finalizado



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 30 - Refeitório finalizado - Outro ângulo



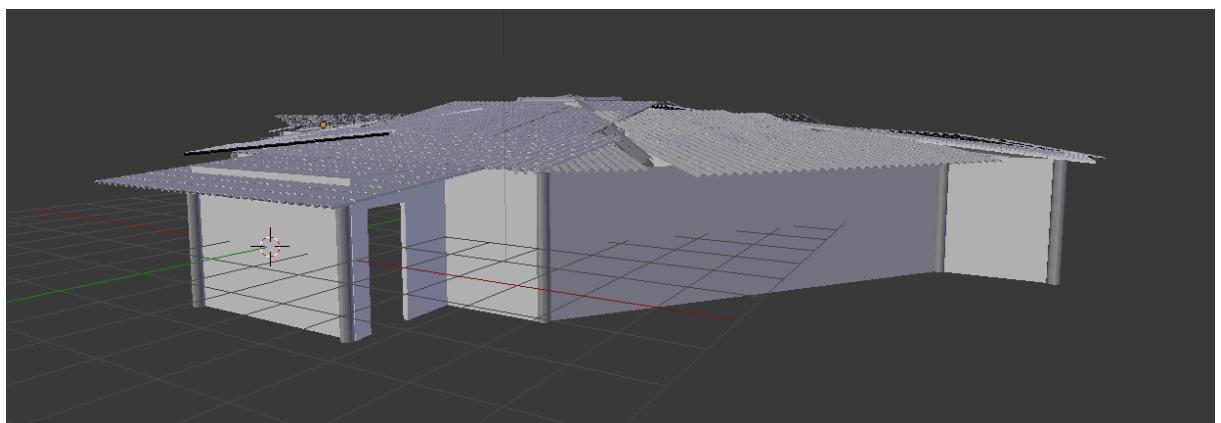
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 31 - Jaula



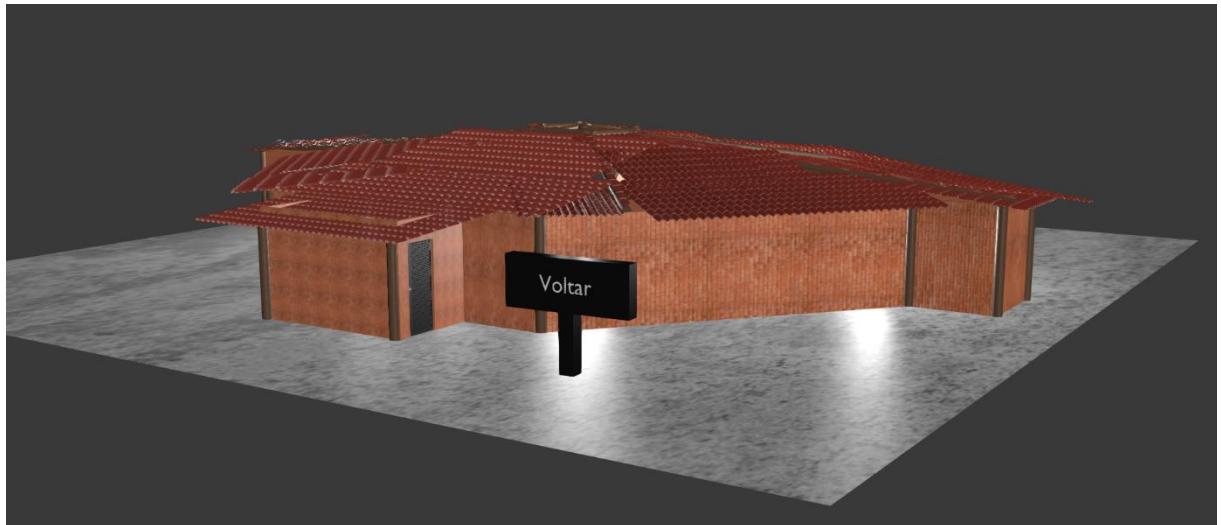
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 32 - Aquário



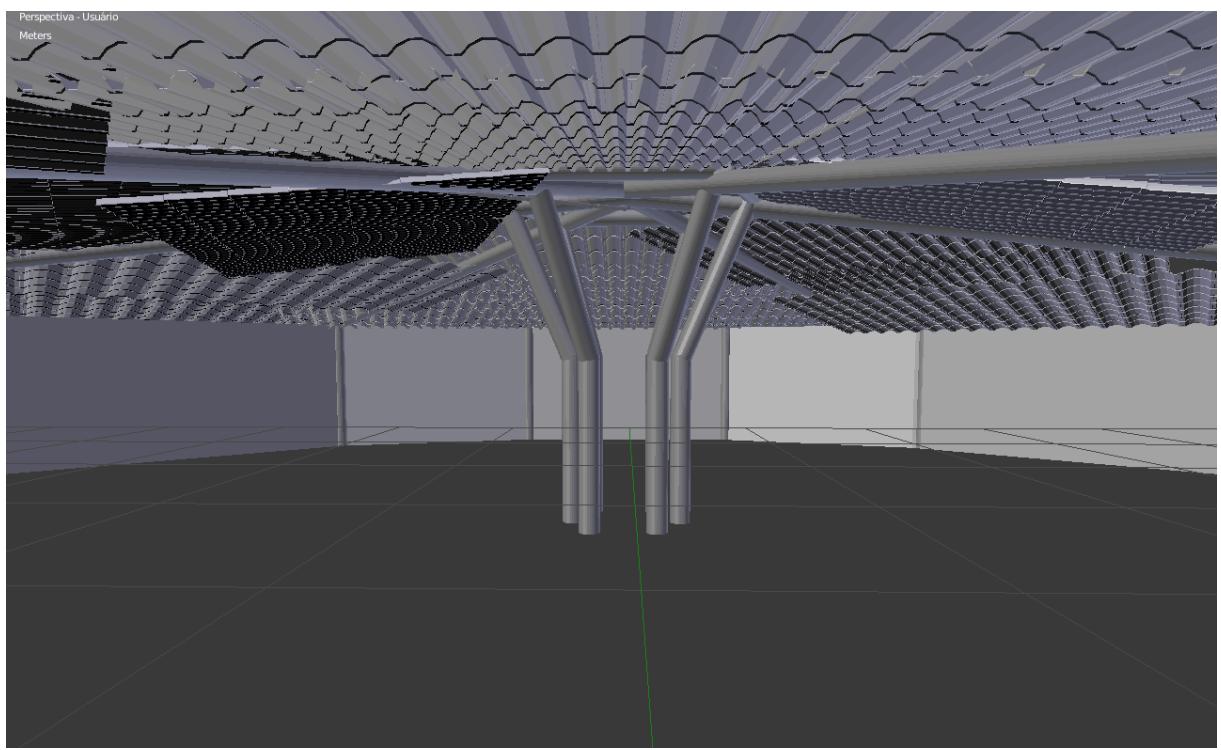
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 33 - Aquário finalizado



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 34 - Aquário - Outro ângulo



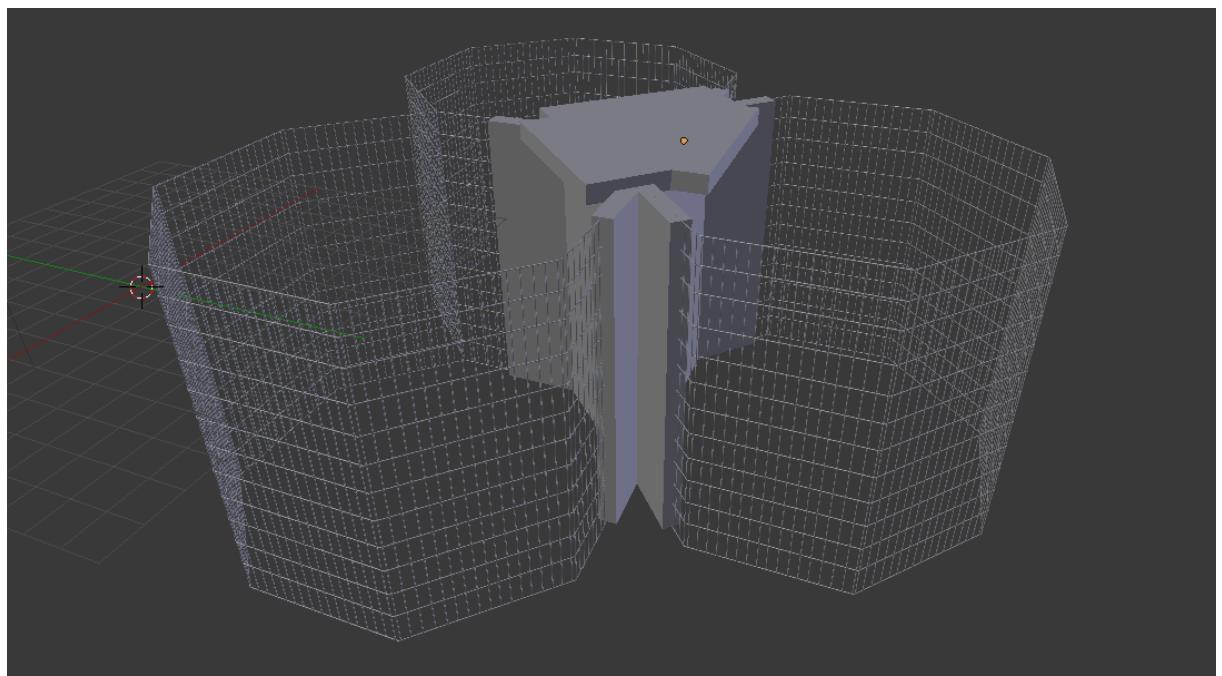
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 35 - Aquário finalizado - Outro ângulo



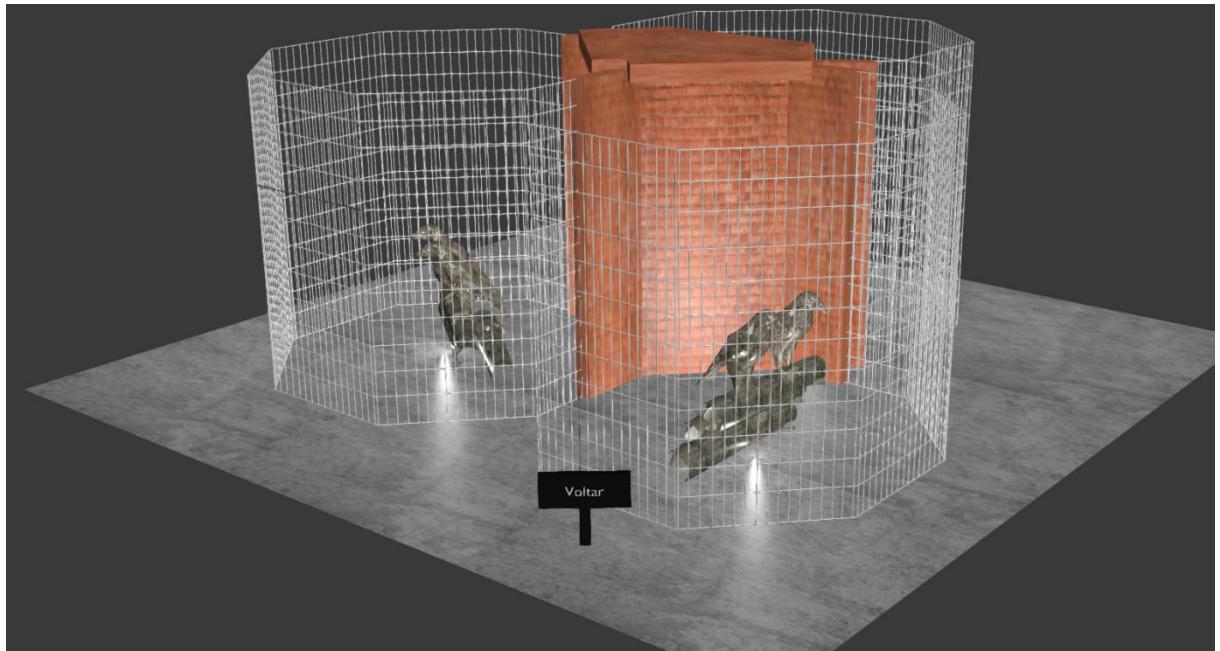
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 36 - Aramado de aves



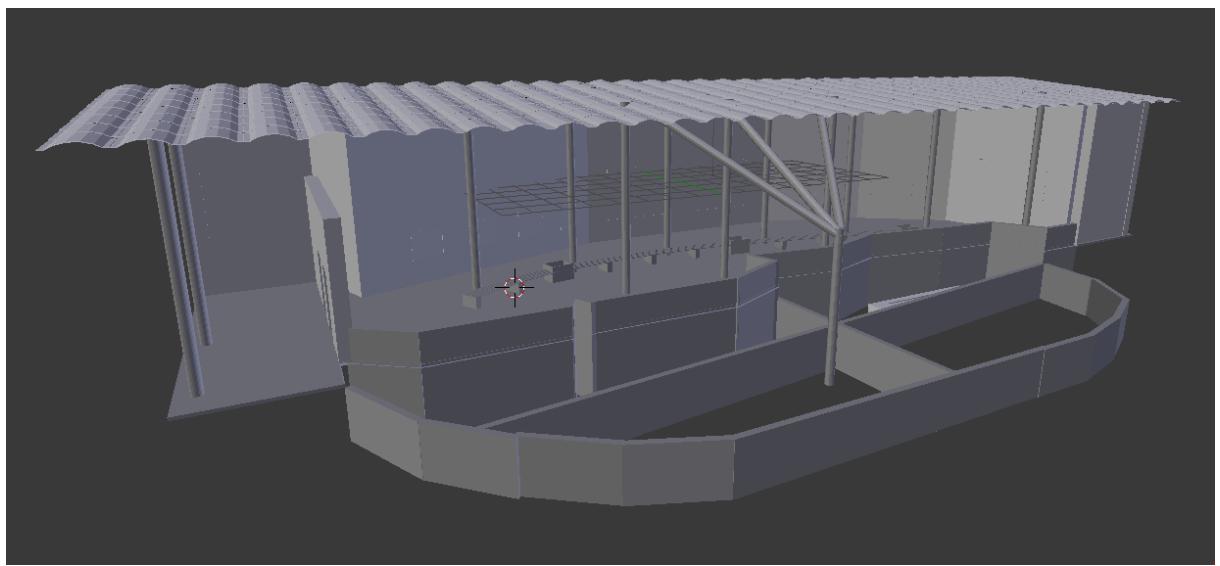
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 37 - Aramado de aves finalizado



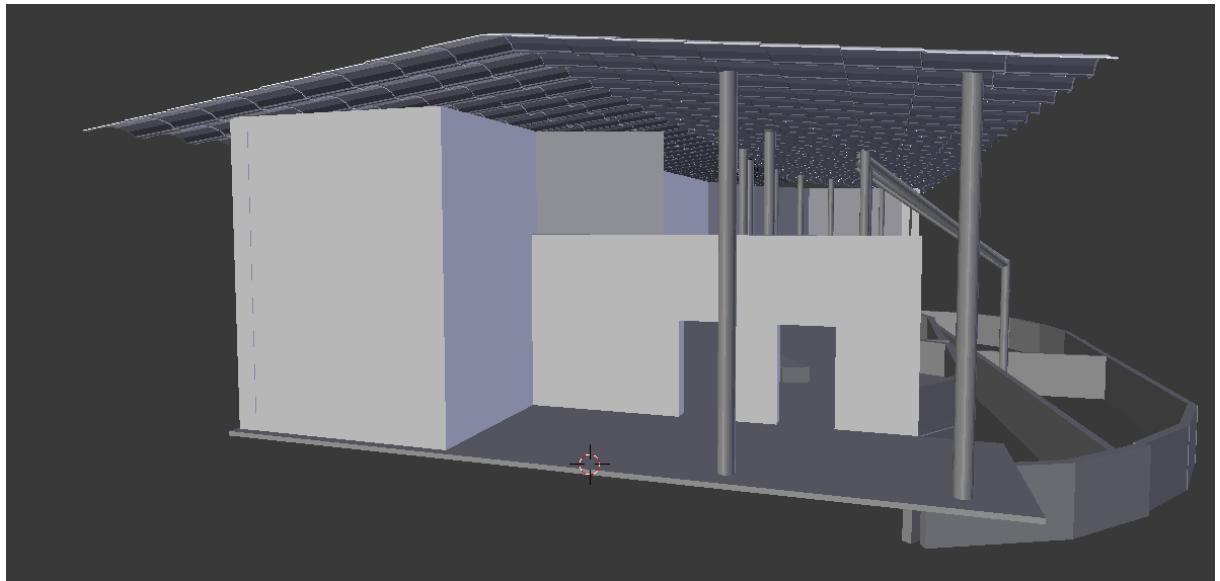
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 38 - Jaula dos répteis



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 39 - Jaula dos répteis - Outro ângulo



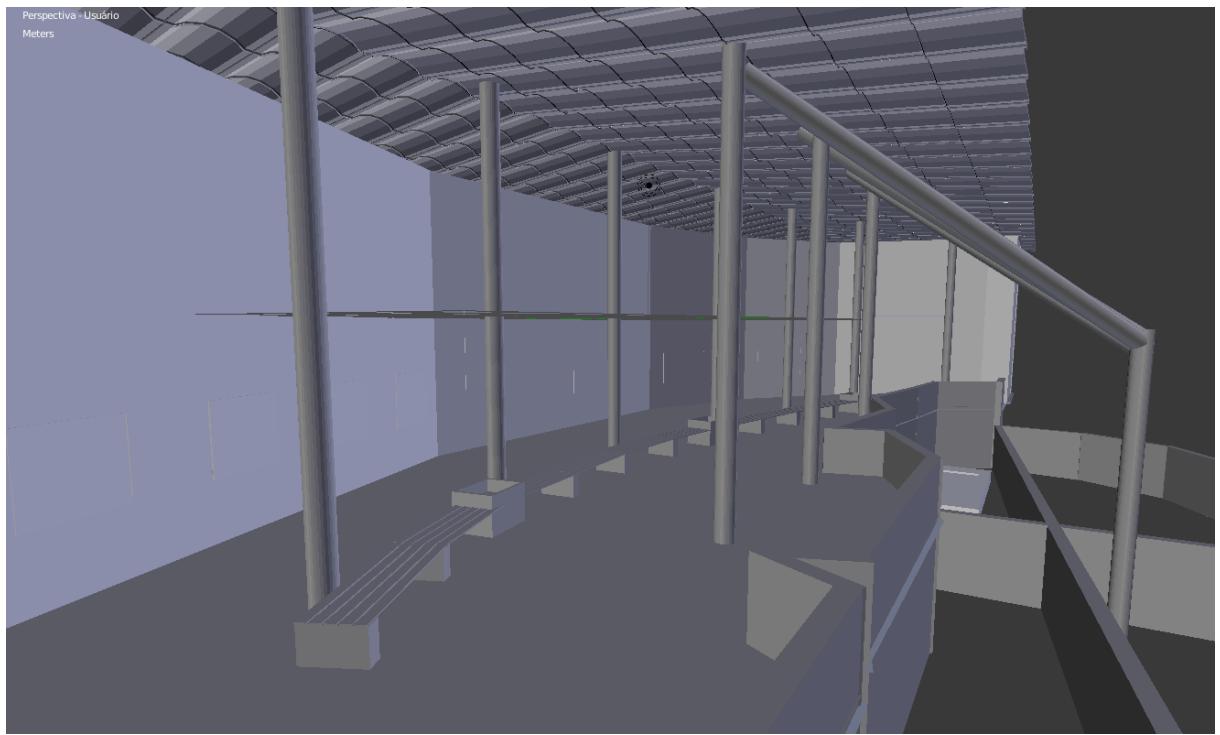
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 40 - Jaula dos répteis finalizada



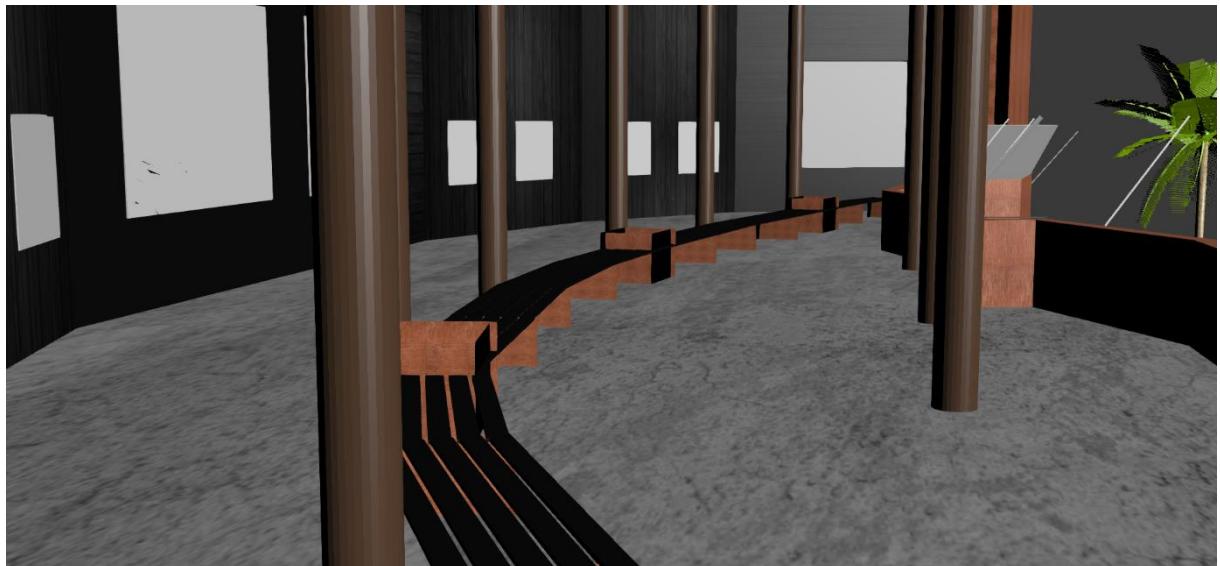
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 41 - Jaula dos répteis - Outro ângulo



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 42 - Jaula dos répteis finalizada - Outro ângulo



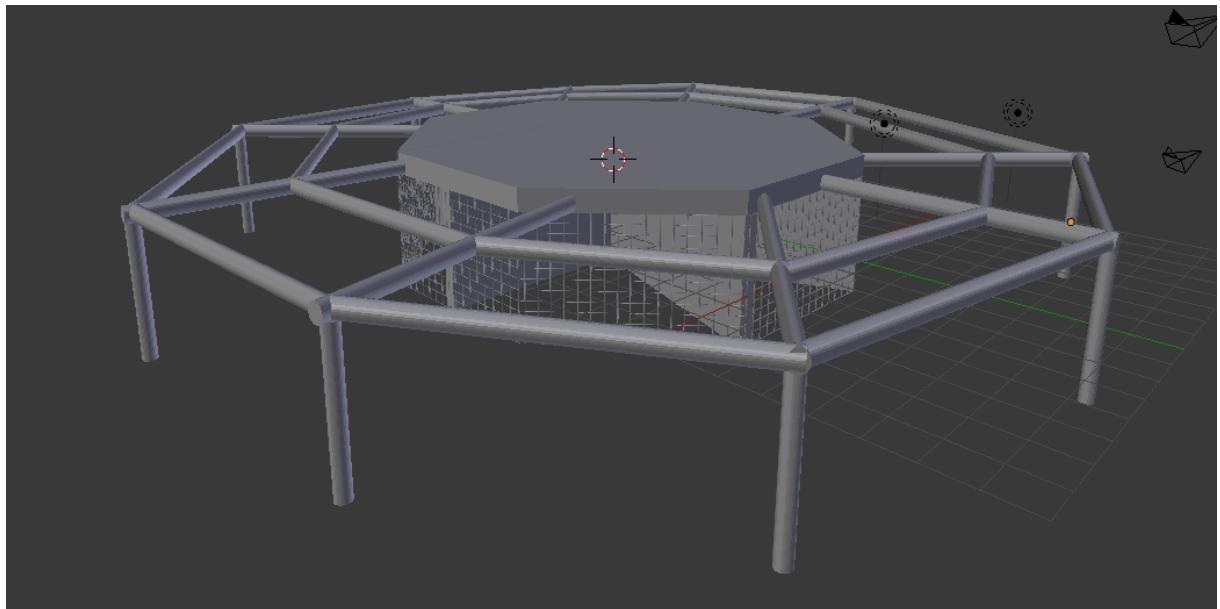
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 43 - Jaula dos répteis finalizada - Outro ângulo



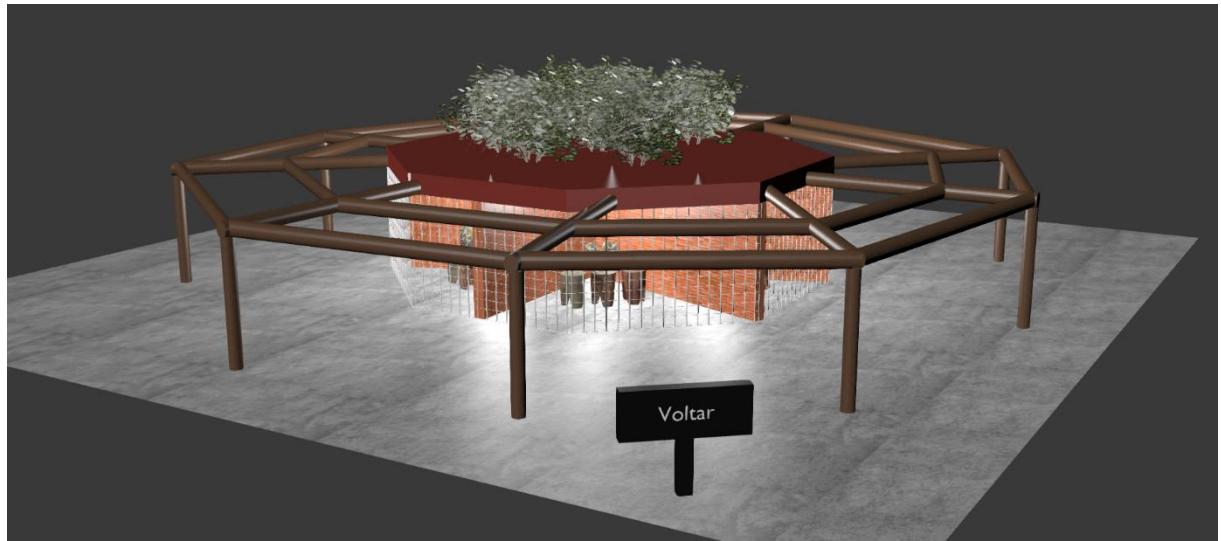
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 44 - Jaula corujas



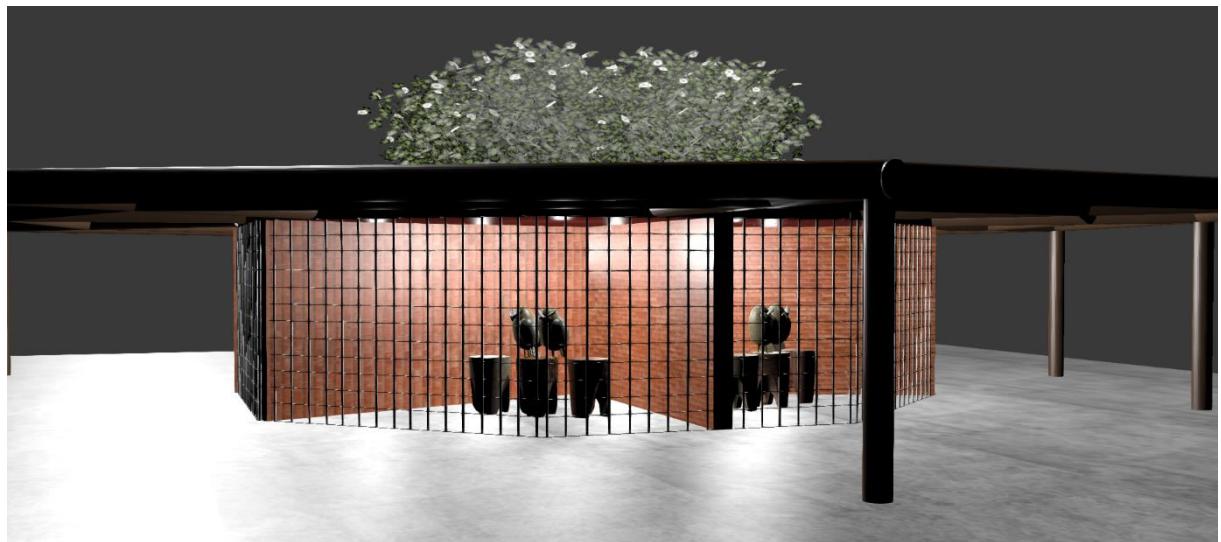
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 45 - Jaula corujas finalizada



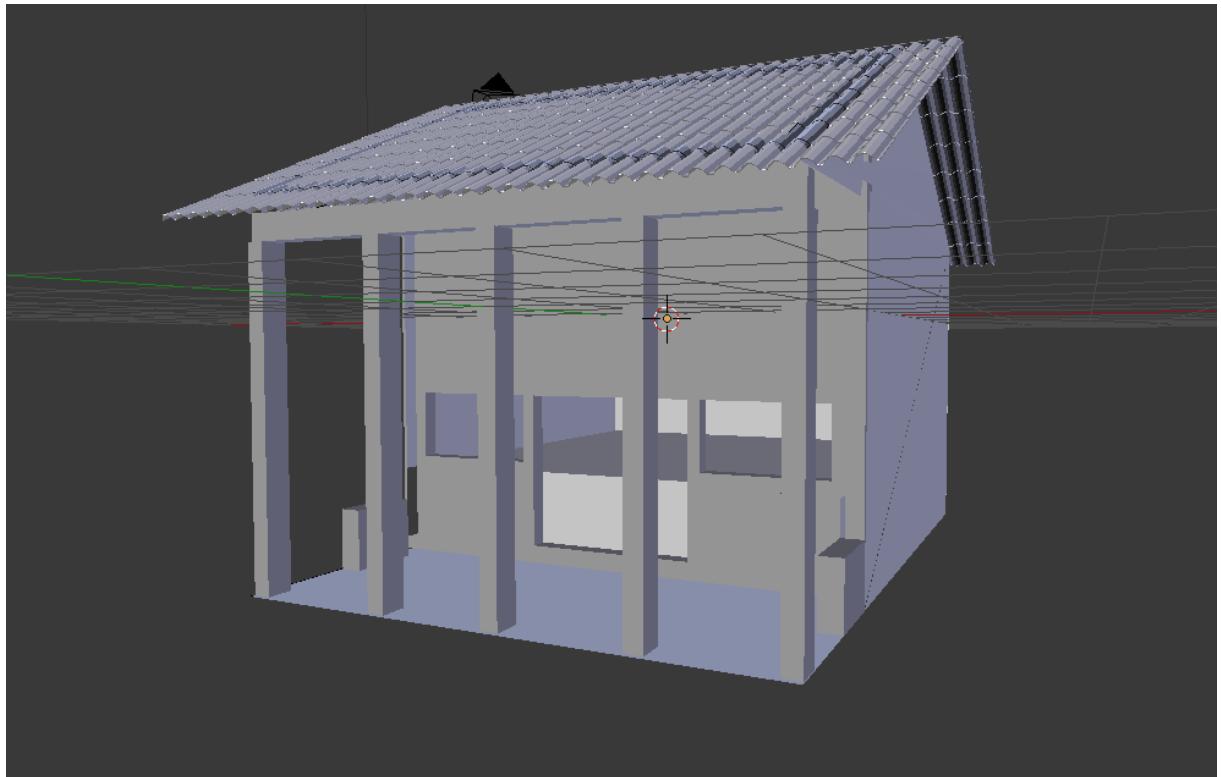
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 46 - Jaula corujas finalizada - Outro ângulo



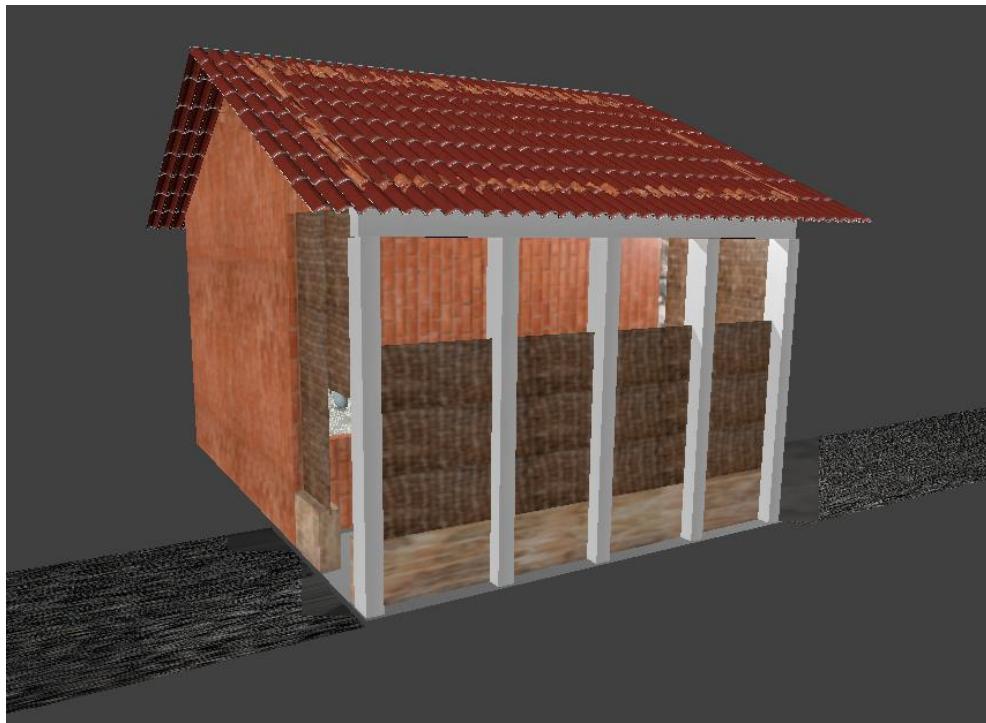
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 47 - Jaula pinguins



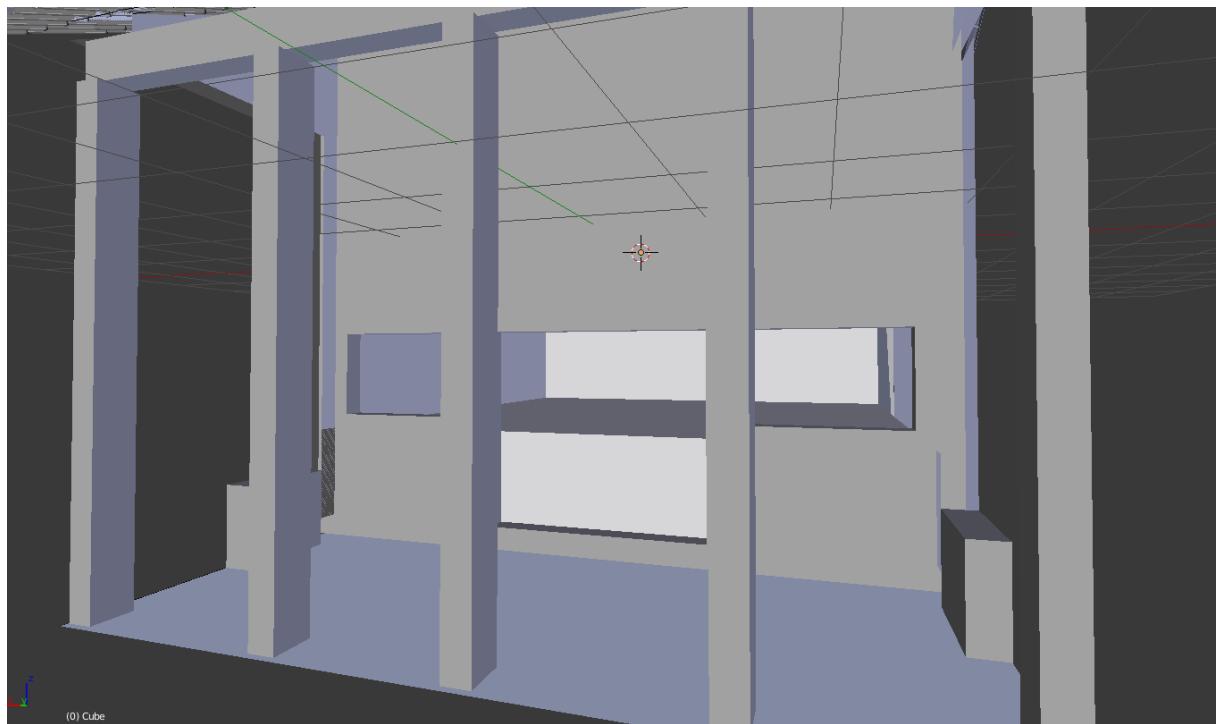
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 48 - Jaula pinguins finalizada



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 49 - Jaula pinguins - Outro ângulo



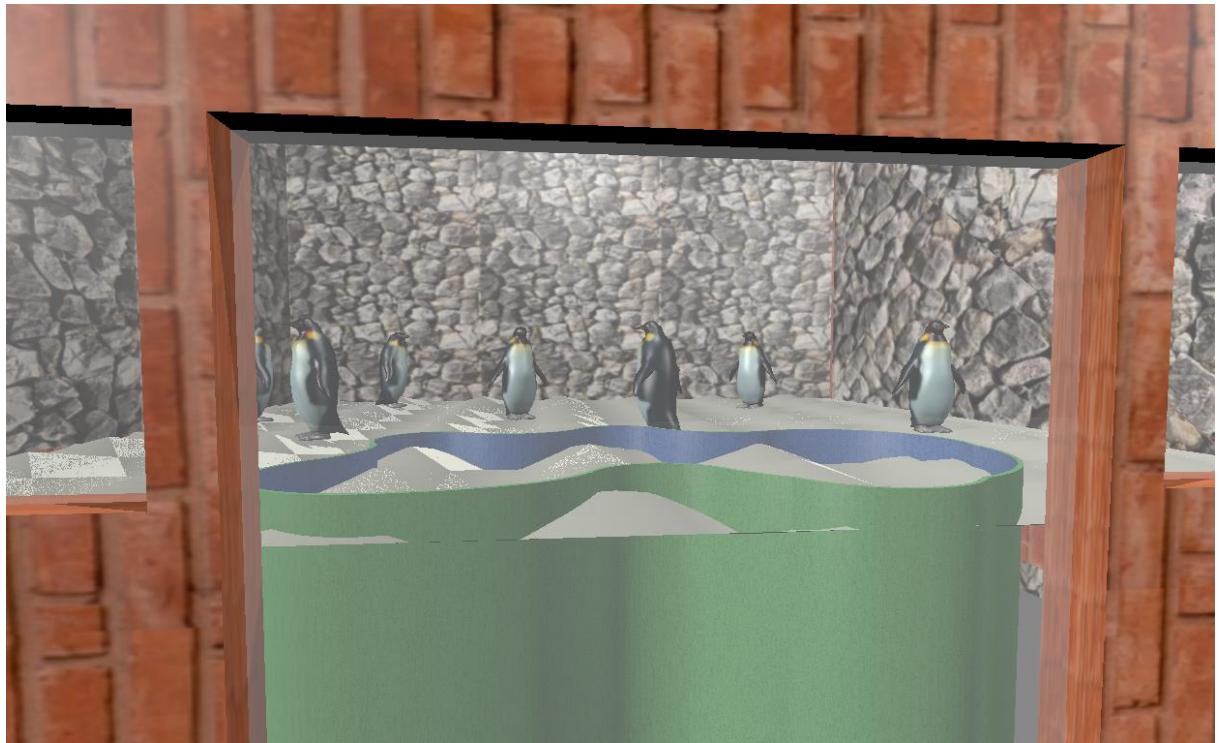
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 50 - Jaula pinguins finalizada - Outro ângulo



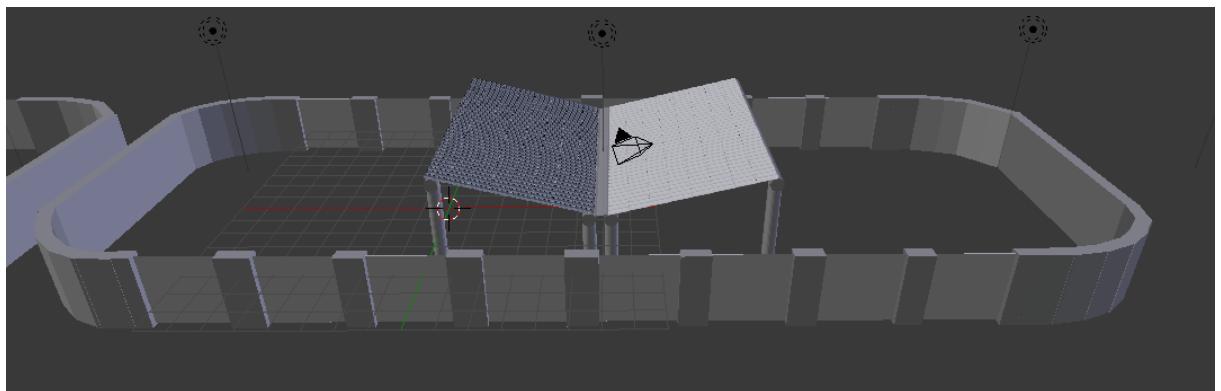
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 51 - Jaula pinguins - Outro ângulo



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 52 - Jaula suricates



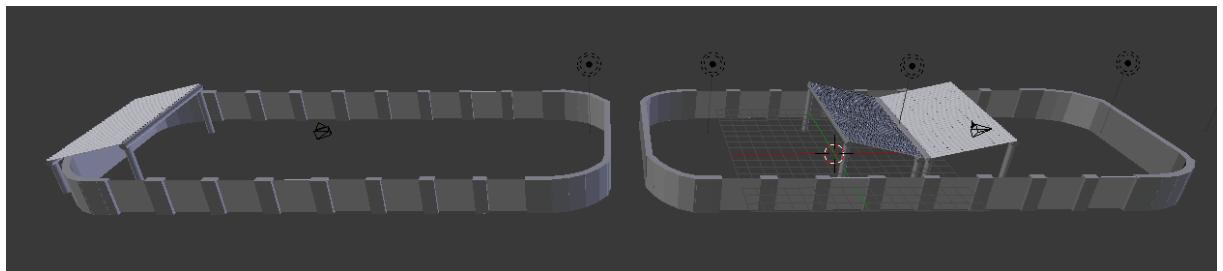
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 53 - Jaula suricates finalizada - Outro ângulo



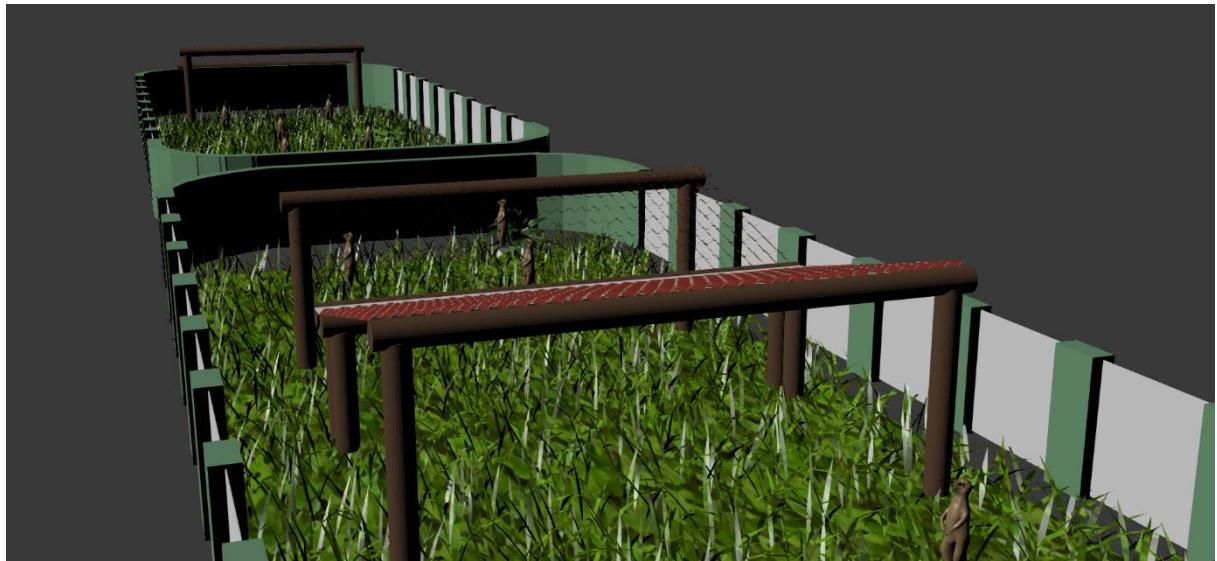
Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 54 - Jaula suricates - Outro ângulo



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

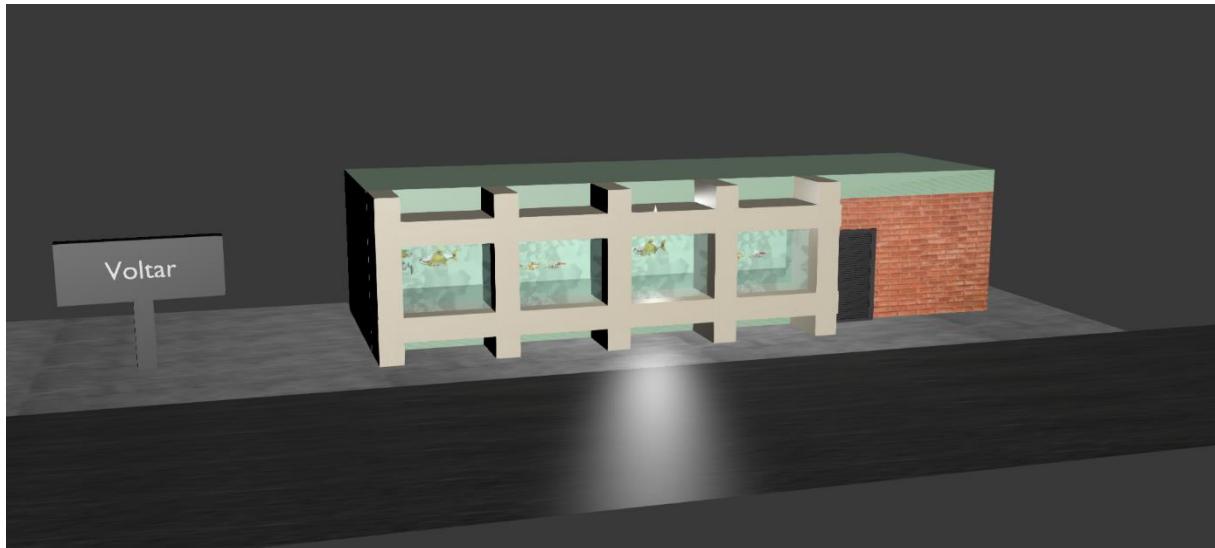
Figura 55 - Jaula suricates finalizada



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

O desenvolvimento do presente trabalho possibilitou uma análise de como a RV é importante nos dias atuais, seja em quaisquer projetos, desde os mais simples até os mais complexos, o qual o zoológico se encaixa muito bem nesta última categoria, visto que além de toda a modelagem 3D das estruturas em si, a pesquisa de campo no local real também foi muito importante, já que permitiu com que vários aspectos pudessem ser aperfeiçoados e solucionados mais facilmente, como as medidas de algumas estruturas, tipos de texturas usadas, entre outros. Por fim, houve um grande aprendizado sobre os meios que poderiam ser usados para que o usuário interagisse de alguma forma com o cenário em si, e dentre todas as opções foi escolhido o framework Blend4web, na qual, devido a ser totalmente integrado ao software de modelagem Blender, não houve a necessidade de instalação de nenhum plugin ou outro software do gênero, já que todos os arquivos HTML puderam ser “executados” no navegador sem nenhum problema, dando ao usuário a possibilidade de interagir com cada localidade clicando sobre a placa correspondente a aquela que ele gostaria de visitar no momento, e estando já em um arquivo (sem ser o original) ele também possui a possibilidade de clicar na placa “Voltar” (Figura 56) para retornar ao arquivo principal.

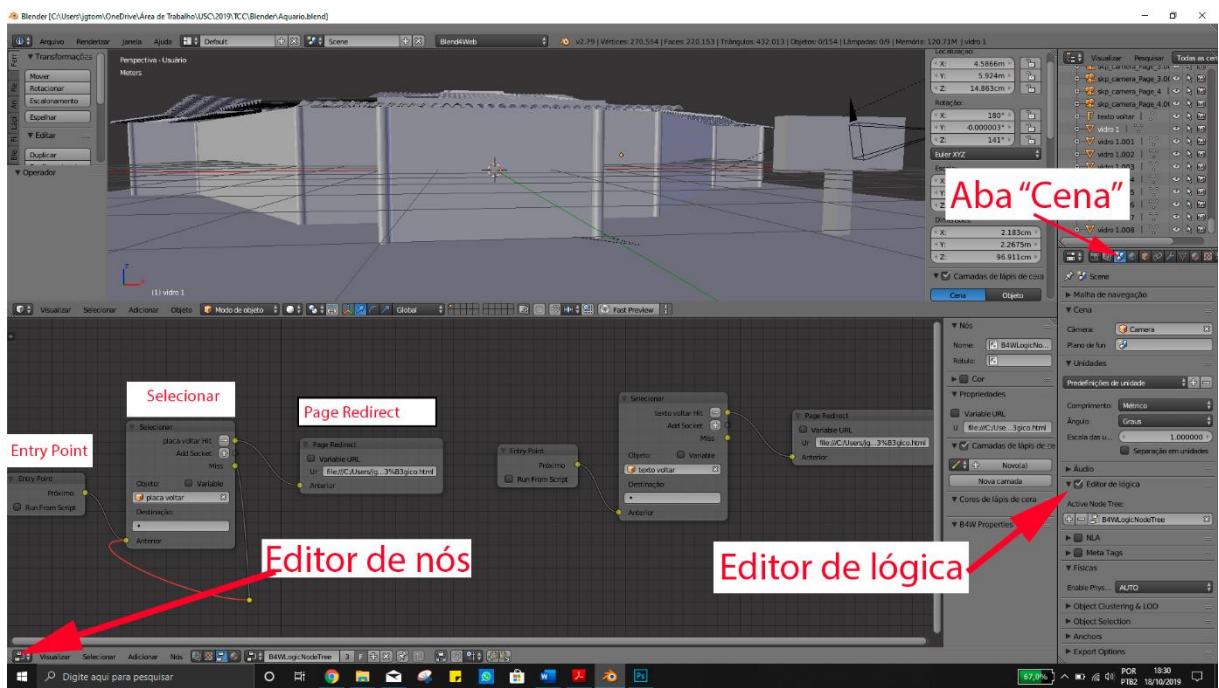
Figura 56 - Placa para navegação entre os arquivos



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

O processo para a inserção dessa opção de navegação foi possibilitado primeiramente devido a existência da aba de “Edição de nós” (canto inferior esquerdo) do Blender em que é possível estabelecer várias configurações quanto aos objetos da cena e determinada lógica que será aplicada a eles. Porém, a partir da instalação e utilização do framework Blend4web, na aba “Cena” nas ferramentas do lado direito, foi adicionado um checkbox “Editor de lógica”, em que quando habilitado dá a opção de se escolher na guia abaixo “Active Node Tree” ao se clicar no botão “+” a configuração de nós “B4WLogicNodeTree” é automaticamente habilitada. Ao se clicar mais a baixo e escolher “Editor de nós”, clicar sobre o mesmo ícone um pouco mais a direita, e adicionar a configuração “B4WLogicNodeTree”, é gerado na área quadriculada acima a janela “Entry Point” que possui a função de determinar que a lógica criada terá uma entrada específica e deve ser ligada a outra janela. Esta, “Selecionar” possui o campo “objeto” que será o responsável por determinar qual objeto da cena fará parte de determinada lógica. A próxima e última janela a ser usada é “Page Redirect” o qual possui a função de determinar qual será a url (local ou em um servidor já ativo) que será “disparada” ao se clicar naquele determinado objeto escolhido anteriormente. Ou seja, a janela “Entry Point” dispara uma ação para a janela “Selecionar” que possui o objeto o qual será efetuada esta ação de redirecionamento, que por fim envia o usuário que a fizer para determinada página da web (Figura 57).

Figura 57 - Funcionamento da lógica de navegação do Blend4web



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

A adição das placas também melhorou muito o dinamismo da aplicação como um todo, já que o usuário pode rapidamente “caminhar” até o local que deseja visualizar e clicar sobre a placa específica, fazendo com que tenha uma opção de escolha maior, já que apenas irá visualizar o lugar que desejar e no momento que desejar.

Os objetos foram construídos com diversas características que puderam melhorar muitos aspectos visuais como a adição de texturas, iluminação com lâmpadas que representam a luz do sol e lâmpadas que iluminam apenas algumas áreas específicas como o interior de algumas edificações para que tudo possa ser visualizado na cena sem nenhuma dificuldade.

O quesito das câmeras no cenário também foi muito importante, já que foram definidas apenas uma câmera para cada local (ambiente/arquivo) em que quando o usuário é redirecionado para cada um deles, a sua visão irá ser “transferida” para aquela câmera em específico. Além disso, para cada ambiente, foram alteradas algumas configurações delas com relação ao campo de visão e perspectiva, na qual foram determinados a distância máxima e mínima que poderá ser visualizada, entre outras questões.

Na questão da movimentação do usuário, como já citado brevemente anteriormente, foi usado o framework Blend4Web em que através da correta exportação dos arquivos .blend (Blender 3D) para HTML, todas as informações dos objetos, inclusive de posicionamento na

cena das câmeras, foram “transferidas” para este formato, permitindo com que parâmetros do teclado e mouse (já presentes no software Blend4Web) fossem usados para possibilitar o deslocamento do usuário pela cena, fazendo com que ele tenha a sensação de estar realmente caminhando pela cena real. A visão das câmeras foi feita apenas em primeira pessoa devido a ter sido usada apenas uma câmera em si por cena (arquivo), e por isso, não foi usado um personagem 3D em terceira pessoa. A movimentação, então, se dá principalmente com o uso do “arrastar” e “soltar” do mouse e também pelas teclas direcionais e letras “W”, “A”, “S” e “D” do teclado, já que a grande maioria desses dispositivos de entrada já são conhecidos anteriormente pelo usuário sobre as suas determinadas ações posteriores que podem levar de acordo com as suas possíveis combinações de pressão (no caso das teclas) e cliques (no caso do mouse) feitos pelos dedos da mão.

Após a passagem por todos esses processos até o resultado final, pode-se dizer que ocorrem alguns problemas com relação a ele, alguns deles relacionados ao arquivo principal “Zoológico” (mas que também ocorreu em outros), em que alguns objetos após serem renderizados e exportados para HTML sofreram algumas alterações inesperadas como algumas camadas de texturas desaparecerem ou aumentarem muito, sem nenhum motivo, mesmo aparentando estarem normalizadas nos arquivos .blend do Blender. No arquivo principal o problema maior ocorreu com relação as ruas em que em sua grande maioria acabam não aparecendo como deveriam, apenas algumas, na qual, mesmo depois de muita pesquisa para a tentativa de resolução desta questão, não houve sucesso.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se propôs a analisar o tema da realidade virtual em que pode ser expandida para vários âmbitos diferentes, com diversos tipos de aplicações, cada uma com objetivos também diversos. Desde a sua criação e crescente desenvolvimento até os dias atuais, tomou grandes proporções, com o grande desenvolvimento de soluções para diversos “problemas” em diversas áreas como saúde, educação, entretenimento, entre outros. As áreas as quais melhor se encaixam neste projeto são a educação e entretenimento. A educação pode ser abordada já que escolas e universidades, podem utilizar da aplicação do Zoológico de Bauru em 3D para melhorar o aprendizado de seus alunos com relação aos tipos de animais que ali habitam, detalhamento das construções presentes, entre outras características. O entretenimento também pode ser mencionado já que as pessoas que utilizam da aplicação, podem ter um sentimento de diversão e bem-estar ao manipulá-la, o que pode ser comparado com um jogo de vídeo game, em que a pessoa se sente bem ao utilizá-lo, já que sente que possui um controle sobre a grande maioria das ações dentro dele; e no Zoológico de Bauru em 3D é a mesma sensação, na qual o indivíduo tem o controle para onde deseja ir a todo momento, “caminhando” sobre os diversos arquivos através do uso do mouse e teclado, sendo o mouse responsável por clicar nas placas para direcioná-lo para o arquivo (jaula) desejado. Ou seja, nesta etapa foi validado o objetivo o qual fala sobre a criação de interação entre as cenas (arquivos).

Os demais objetivos, tanto geral quanto específicos foram também concluídos no sentido de todo o projeto, na qual foi desenvolvido o Zoológico de Bauru em 3D, com o máximo de fidelidade com o ambiente real possível, com relação a suas medidas aproximadas (prédios e jaulas diversos) e uso de texturas. Tudo isso sendo possível através do uso do software de modelagem 3D Blender e do framework Blend4Web para realizar as interações com os arquivos já mencionadas anteriormente.

Porém, sempre em todo projeto há algo que possa ser modificado ou melhorado, e este não é diferente, na qual devido a questão do tempo, não foi possível desenvolver todas as jaulas e edificações do local, apenas as que foram julgadas pelo autor como as principais em um primeiro momento, onde, para que a experiência pudesse ser completa, seria necessário a presença de todos esses arquivos.

Por fim, a partir de tudo o que foi abordado e mencionado, conclui-se que este trabalho é apenas uma nova abordagem deste tema da RV, em que outros projetos sempre estarão sendo desenvolvidos, de acordo com as necessidades que forem surgindo, seja em

qual área forem, o importante é que cumpram o papel ao qual foram desenvolvidos, principalmente com relação a satisfação do usuário que os estiver utilizando.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, L. **Visualização e Realidade Virtual.** Makron Books, pp. 255-259. São Paulo, 1994.

ALCÂNTARA, B. **As Estratégias De Inovação Na Indústria De Consoles: O Caso Do Playstation.** Universidade Federal do Paraná. Pp. 1-47, Curitiba, 2014.

ALFAMÍDIA PROW. **Adobe Illustrator CS6: Criação Vetorial.** Versão 1.0, novembro. Pp. 1-271, 2012.

ALIEXPRESS. **G06-BT 3D óculos VR óculos Óculos de Obturador Ativo Óculos de Realidade Virtual Sinal Bluetooth para 3D HDTV,** Disponível em:  
<https://pt.aliexpress.com/item/G06-BT-3D-glasses-VR-glasses-Active-Shutter-Glasses-Virtual-Reality-Glasses-Bluetooth-Signal-for-3D/32813136671.html> Acesso em: 5 abr. 2019.

ALMEIDA, M. B. **Uma introdução ao XML, sua utilização na internet e alguns conceitos complementares.** V. 31, n. 2, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasília, pp. 5-13, 2002.

ALMEIDA, M. **Desvendando o 3ds Max – O software para criação de imagens 3D mais usado no mundo.** São Paulo, Digital Books, pp. 1-128, 2007.

ANDRADE, M. M. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas.** 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

ARAÚJO, R. B. **Especificação e Análise de Um Sistema Distribuído de Realidade Virtual.** Tese (Doutorado), Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, p. 144, 1996.

ASIA NIKKEI. **Hokkaido zoo taps augmented reality to attract foreign visitors,** Disponível em: <<https://asia.nikkei.com/NAR/Articles/Hokkaido-zoo-taps-augmented-reality-to-attract-foreign-visitors>> Acesso em: 3 mar. 2019.

AUTODESK. **Software de modelagem e renderização 3ds Max 2019.** Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/3ds-max/features>> Acesso em: 5 maio. 2019.

AUTODESK. **AutoCAD 2019 New Features Overview (Video).** Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/support/autocad/learn-explore/caas/CloudHelp/clouddhelp/2019/ENU/AutoCAD-Core/files/GUID-FAC0CF80-1DB9-49D9-AB36-A9764BC43436-htm.html>> Acesso em: 16 maio. 2019.

AZUMA, R.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S.; MACINTYRE, B. **Recent Advances in Augmented Reality.** IEEE Computer Graphics and Applications, v.21, n.6, Nov/Dez, pp. 34-47. 2001.

BAILER, F. S.; ALVES, A. G. **Boas práticas em realidade virtual imersiva – Um estudo de caso da simulação com animais selvagens Epic Zoo.** Ciência da Computação, UNIVALI, Itajaí, Brasil, pp. 1-9, 2018.

BARAFF, D. **Linear-time dynamics using Lagrange multipliers.** SIGGRAPH. Vol. 96, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series. ACM SIGGRAPH, Addison Wesley, ISBN 0-201-94800-1. 1996.

BARCO. **Ambientes de imersão (CAVE),** Disponível em:  
[<https://www.barco.com/pt/products/immersive-environments-caves>](https://www.barco.com/pt/products/immersive-environments-caves) Acesso em: 16 mar. 2019.

BARZEL, R.; BARR, A. H. **A modeling system based on dynamics.** Proceedings of ACM SIGGRAPH. 1988.

BEGAULT, D. R. **3-D Sound for Virtual Reality and Multimedia.** Academic Press. Cambridge, MA, 1994.

BLEND4WEB. **Manual do usuário.** Disponível em:  
[<https://www.blend4web.com/doc/en/about.html#what-s-blend4web>](https://www.blend4web.com/doc/en/about.html#what-s-blend4web) Acesso em: 16 out. 2019.

BLEND4WEB. **Unleashing the Power of 3D Internet.** Disponível em:  
[=>\[<https://www.blend4web.com/en/>\]\(https://www.blend4web.com/en/\)](https://www.blend4web.com/en/) Acesso em: 16 out. 2019.

BLENDER. **Blender 2.79 Reference Manual,** Disponível em:  
[=>\[<https://docs.blender.org/manual/pt/latest/>\]\(https://docs.blender.org/manual/pt/latest/\)](https://docs.blender.org/manual/pt/latest/) Acesso em: 4 maio. 2019.

BOERES, M. C. S. **Heurísticas para reconhecimento de cenas por correspondência de grafos.** Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia de Produção, pp. 1-108, 2002.

BRITO, A. **Blender 3D – Jogos e Animações Interativas.** Novatec Editora Ltda. São Paulo, pp. 1-13, 2011.

BRYSON, S. **Virtual Reality in Scientific Visualization, Computer & Grafics.** Vol. 17, nº 6, pp. 679-685, 1993.

BURIOL, T. M.; ROSENDÓ, M.; GEUS, K.; SCHEER, S. FELSKY, C. **Tecnologia de Realidade Virtual e Games para Treinamento de Manutenção em Redes Elétricas.** Journal Virtual Reality, Volume 4, nº 1, pp. 1-13, 2011.

CARDOSO, A; JÚNIOR, E. L; KIRNER, C; KELNER, J. **Tecnologias e Ferramentas para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada.** Recife: Editora Universitária. UFPE, p. 1-19. ISBN. 2007.

CARRIL, M. **Html passo a passo.** Clube de Autores, pp. 1-77. 2012.  
 CARVALHO, V. M. **AutoCAD R14 para Windows.** Curso de Introdução, pp. 1-50, 1998.

CAVALCANTI, P. R. **Introdução à Computação Gráfica.** Notas do Curso de Computação Gráfica I, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. 2000. pp. 1-178.

CERVI, C. R. **Código que define as dimensões do Painel 3D na SDK, a linguagem Java manipula as chamadas dos métodos nativos do NDK, herdando as classes da biblioteca QCAR**, Disponível em: <[https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Codigo-que-define-as-dimensoes-do-Painel-3D-Na-SDK-a-linguagem-Java-manipula\\_fig5\\_256487436](https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Codigo-que-define-as-dimensoes-do-Painel-3D-Na-SDK-a-linguagem-Java-manipula_fig5_256487436)> Acesso em: 18 abr. 2019.

CHIAVARINI, B.; LIGUORI, M. C.; VERRI, L.; IMBODEN, S.; LUCA, D.; GUIDAZZOLI, A. **On-line interactive virtual environments in Blend4web. The integration of pre-existing 3d models in the muvi - virtual museum of daily life project.** Eletronic Imaging & Visual Arts. EVA 2017 Florence. pp. 1-10, 2017.

COMEAU, C. P; BRYAN, J. S. **Headsight Television System Provides Remote Surveillance.** Eletronics. pp. 86-90, 1961.

COSTA, R. M. E. M.; MORAES, R. M.; MACHADO, L. S. **Realidade Virtual para saúde no Brasil: conceitos, desafios e oportunidades.** Rev. Bras. Eng. Biom., v. 27, n. 4, p. 243-258, 2011.

COX, K. K; MENESSES, T. H. R. **Realidade Aumentada na Alfabetização com o “Jogo das Letras”.** Journal Virtual Reality, Rio de Janeiro, Volume 6, n.1, pp. 39-54, 2013.

DUARTE, L. M.; SILVA, D. E.; ZANONI, C. **VRML2.0.** Porto Alegre. pp. 1-20. 1998.

ELLIOT, S. D.; MILLER, P. L. **3D Studio 4.0 técnicas avançadas.** Ed. Berkeley, São Paulo, 1995.

FBOSILKWORM. **Fabio Silva - ...porque meus olhos doem? ...porque você nunca os usou!**, Disponível em: <<https://fbosilkworm.wordpress.com/2012/08/13/imersao/>> Acesso em: 1 maio. 2019.

FILEINFO. **Adobe Illustrator**, Disponível em:  
<<https://fileinfo.com/software/adobe/illustrator>> Acesso em: 16 maio, 2019.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. A. **A realidade virtual no ensino e aprendizagem da Física e da Química.** Gazeta de Física. Lisboa : Sociedade Portuguesa de Física. ISSN 0396-3561. N.º 19, fasc. 2, p. 11-15, 1996.

FLATSCHART, F. **HTML 5 Embarque imediato.** Série web conceitos & ferramentas. Brasport, Rio de Janeiro, pp. 1-223. 2011.

G1 GLOBO. **Unesco propõe reconstrução em 3D de peças queimadas no Museu Nacional**, Disponível em: <<https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2018/09/18/unesco-propoe-reconstrucao-em-3d-de-pecas-queimadas-no-museu-nacional.ghtml>> Acesso em: 2 mar. 2019.

**G1 GLOBO. Playstation VR, óculos de realidade virtual do PS4, irá custar US\$ 400,** Disponível em: <<http://g1.globo.com/tecnologia/games/noticia/2016/03/playstation-vr-oculos-de-realidade-virtual-do-ps4-ira-custar-us-400.html>> Acesso em: 16 mar. 2019.

**GASCUEL, J. D.; GASCUEL, M. P. Displacement constrains for interactive modeling and animation of articulated structures.** The visual Computer. pp. 191-204. 1994.

**GUIA, A. H.; ANTUNES, R. J. C. Animação 3D.** Universidade de Coimbra. Coimbra. Portugal. Departamento de Engenharia de Informática. pp. 1-15. 2001.

**GRADECKI, J. The Virtual Reality Construction Kit.** John Wiley & Sons, p. 340, 1995.

**HAMILTOM, E. Spatial Audio: The Secret Ingredient of Effective VR,** Disponível em: <<https://www.tanami.co.uk/spatial-audio-secret-ingredient-vr/>> Acesso em: 12 abr. 2019.

**HAND, C. Other faces of virtual reality,** International Conference on Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 107-116, 1994.

**HELPX.ADOBE. Incorporar fontes em artigos HTML.** Disponível em: <<https://helpx.adobe.com/br/digital-publishing-suite/help/embed-fonts-html-articles.html>>. Acesso em: 16 out. 2019.

**HISTÓRIA DO ZOO. Parque Zoológico Municipal de Bauru,** Disponível em: <[http://zoobauru.com.br/v2/?page\\_id=237](http://zoobauru.com.br/v2/?page_id=237)> Acesso em: 1 mar. 2019.

**HOPF, T.; FALKEMBACH, G. A. M.; ARAÚJO, F. V. O uso da tecnologia X3D para o desenvolvimento de jogos educacionais.** Revista Novas Tecnologias na Educação. v. 5, nº 2, UFRGS, pp. 1-8, 2007.

**IEEE.ORG. Step in to a shipping container and emerge in southern Italy: Virtual Reality Tourism Now Tries to Sell You a Trip to Apulia,** Disponível em: <<https://publications.computer.org/cga/2018/01/11/experiencing-the-sights-smells-sounds-and-climate-of-southern-italy-in-vr/>> Acesso em: 14 mar. 2019.

**INOVACAO TECNOLOGICA. Informática,** Disponível em: <<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=avatares-realisticos-criar-zoologico-virtual&id=010150180730#.XHddRy3OqfU>> Acesso em: 2 mar. 2019.

**INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO. Computação Gráfica - Demonstrações VRML,** Disponível em: <<http://disciplinas.ist.utl.pt/leic-cg/materiais/VRML/vrml.html>> Acesso em: 11 abr. 2019.

**INTERACÇÃO HOMEM MÁQUINA. Dispositivos de interacção: dataglove – luva de dados,** Disponível em: <<http://interaccaohomemquina.blogspot.com/2008/12/dispositivos-de-interaco-dataglove-luva.html>> Acesso em: 17 mar. 2019.

**ISAACS, P. M.; COHEN, M. F. Controlling dynamic simulation with kinematic constraints, behavior functions and inverse dynamics.** ACM SIGGRAPH Computer Graphics, v. 21, n. 4, Cornell University, Ithaca, New York, 14853. pp. 215-224, 1987.

JACOBSON, L. **Realidade Virtual em Casa.** Rio de Janeiro, Berkeley, 1994.

KENSKI, V. M. **Aprendizagem Mediada pela Tecnologia.** Revista Diálogo Educacional, vol. 4, núm. 10, Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Paraná, Brasil. pp. 1-10, 2003.

KIRNER, C. **Apostila do Ciclo de Palestras de Realidade Virtual.** Atividade do Projeto AVVIC – CNPq (Protém – CC – fase III) - DC/UFSCar. São Carlos, pp. 1-10, 1996.

KIRNER, C. **Evolução da Realidade Virtual no Brasil.** Pp. 1-11, Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, Centro Adventista de São Paulo – UNASP, 2008.

KIRNER, C.; TORI, R. **Fundamentos de Realidade Virtual (pp. 2-21); Fundamentos da Realidade Aumentada.** pp. 22-38, [s.l: s.n.]. VIII Symposium on Virtual Reality, n. May, p. 20–34, 2006.

KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. **Realidade Virtual e Aumentada – Conceitos, Projeto e Aplicações.** Livro do Pré-Simpósio, IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis - RJ, pp. 1-300, 2007.

LANDAU, L.; CUNHA, G. G.; HAGUENAUER, C. **Pesquisas em Realidade Virtual e Aumentada.** Editora CRV, Curitiba, Paraná, Brasil. pp. 1-164, 2014.

LIMA, A. J. R.; CUNHA, G. G.; HAGUENAUER, C. J.; LIMA, L. G. R.; LANDAU, L. **Desenvolvimento de Avatar para Treinamento de Equipes de Embarcação Oil Recovery.** XXI Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, X International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design, Graphica '13, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. pp. 1-12. 2014.

LUZ, M.; GARCIA, L. F. F.; MARCHIORO, G. F. **Realidade Aumentada em Dispositivos Móveis.** Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Faculdade Dom Bosco, pp. 1-7. 2008.

MACHADO, L. S. **Dispositivos Não-Convencionais para Interação e Imersão em Realidade Virtual e Aumentada.** LabTEVE, Universidade Federal da Paraíba João Pessoa, PB. pp. 23-33, 2014.

MAGALHÃES, L. J. A. **A Aquisição da Escrita no Processo de Alfabetização.** Instituto de Educação Pró-Saber, Rio de Janeiro, 2010.

MAIS BAURU. **Zoológico de Bauru recebe certificado de excelência 2016,** Disponível em: <<http://maisbauru.com.br/zoologico-de-bauru-recebe-certificado-de-excelencia-2016/>> Acesso em: 3 mar. 2019.

MANSSOUR, I. H. **Introdução a Java 3D.** Pp. 1-26, RITA, Volume X, nº 1, Faculdade de Informática - PUCRS, Porto Alegre, RS, 2003.

MANSSOUR, I. H.; COHEN, M. **Introdução a Computação Gráfica.** Janeiro. RITA, Volume XIII, n. 2, 13. pp. 43-68, 2006.

MARCELINO, R. **Ambiente Virtual de Aprendizagem Integrado ao Mundo Virtual 3D e a Experimento Remoto Aplicados ao Tema Resistência dos Materiais.** Programa de Pós-

Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-PPGE3M, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Escola de Engenharia, Porto Alegre, pp. 1-125, 2010.

MARÇAL, E.; ANDRADE, R.; RIOS, R. Aprendizagem utilizando Dispositivos Móveis com Sistemas de Realidade Virtual. **RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 3, p. 1–11, 2005.

MELHOR SISTEMA DE ENSINO. **Adobe Illustrator Cs6**, Disponível em: <<http://www.digital.melhorsde.com.br/melhor/illustratorcs6/mobile/index.html>> Acesso em: 20 maio. 2019.

MORIE, J. F. **Inspiring the Future: Merging Mass Communication, Art, Entertainment and Virtual Environment**. Computer Graphics. pp. 135-138, 1994.

MULTON, F.; FRANCE, L.; CANI-GASCUEL, M. P.; DEBUNNE, G. **Computer Animation of Human Walking: a Survey**. 1999.

NAKATA, M. K; SILVA, P. **Programa de identidade visual para o Parque Zoológico Municipal de Bauru**. Revista Educação Gráfica, Bauru, v2, n.2, pp. 73-78, 1998.

NASCIMENTO, M. J. A. **Modelagem de Objetos Tridimensionais para um Ambiente Interativo de Instruções Técnicas Virtuais**. Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Belém, Pará, pp. 1-77, 2010.

NETO, W. D. S.; MELO, A. K. **Técnicas de Animação em Ambientes Tridimensionais**. Grupo de Pesquisa de Modelagem Virtual, Universidade Do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, pp. 1-7, 2018.

NETTO, A., MACHADO, L., MARIA, O. **Realidade Virtual - Definições e Aplicações**, São Paulo, 2002.

NETTO, A. R.; CUNHA, G. G., HAGUENAUER, C. J., LANDAU, L. **Desenvolvimento de simuladores de equipamentos portuários utilizando realidade virtual**. Journal Virtual Reality, Rio de Janeiro, Volume 6, n.1, pp. 39-54, 2013.

NETTO, A. V.; DE OLIVEIRA, M. C. F. **Procedimento para Prototipação Virtual de um Torno CNC**. INFOCOMP, [S.I], v.2, n.1, ISSN 1982-3363, pp. 78-83, 2004.

NOVA ESCOLA. **Hipóteses de escrita de alunos pré-silábicos e silábicos: como fazê-los avançar**, Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/9766/blog-alfabetizacao-hipoteses-escrita-pre-silabico-silabico-como-avancar>> Acesso em: 4 de abr. 2019.

O ARQUIVO. **Realidade Virtual**, Disponível em: <<http://www.oarquivo.com.br/variedades/ciencia-e-tecnologia/2524-realidade-virtual.html>> Acesso em: 1 abr. 2019.

PEDUZZI, S. S.; PEDUZZI, L. O. Q. **Leis de Newton: uma forma de ensiná-las**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 5, n. 3. ISSN 2175-7941. pp. 142-161, 1988.

PIMENTEL, K; TEIXEIRA, K. **Virtual Reality – Through the New Looking Glass.** 2th ed. New York, McGraw-Hill, 1995.

RAMOS, F. M, NUNES, F. L. S. **Construção de atlas de anatomia e fisiopatologia do câncer de mama utilizando realidade virtual.** In: Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, Workshop de Teses de Dissertações em Computação Gráfica e Processamento de Imagens: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, Anais do IV Workshop de Teses de Dissertações em Computação Gráfica e Processamento de Imagens; 2005; Natal, Brasil. SBC; 2005.

RAUPP, F.M.; BEUREN, I.M. **Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais.** In. BEUREN, I.M. (Org.). Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. 3.ed. São Paulo: Atlas. Cap.3, pp.76-97, 2006.

RIBEIRO, M. W. S.; ZORZAL, E. R. **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências.** Livro do pré-simpósio, XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality, Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, Uberlândia-MG, 2011.

ROBERTSON, G. G. et al. **Non-immersive Virtual Reality.** pp. 81-83, IEEE Computer. 1993.

RODELLO, I.; SANCHES, S.; SEMENTILLE, A. C.; BREGA, J. **Realidade Misturada: Conceitos, Ferramentas e Aplicações.** Revista Brasileira de Computação Aplicada, v. 2, n. 2, pp. 2-16, 2010.

RODRIGUES, G. P; PORTO, C. M. **Realidade Virtual: Conceitos, Evolução, Dispositivos e Aplicações.** Revista Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas, Pernambuco, v.1, n. 3, pp. 97-109, 2013.

SILVA, A. T. **Integração de Técnicas de Modelagem com VRML.** Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo – RS, pp. 1-95, 1999.

SOUZA, S. C.; LAMAS, D. R.; GOUVEIA, F. R. **Web3d: Modelos 3d na World Wide Web.** Revista de Divulgação Científica da Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal, pp. 1-13, 2001.

SOUZA, M. A. C.; SOARES, A. M. **Aplicações do software AutoCAD em engenharia.** 8º Congresso de extensão universitária da UNESP, pp. 1-4, 2015.

STANGE, F. P.; SCHEER, S. **Utilização De Técnicas De Realidade Virtual E Visualização Científica Para Desenvolvimento De Um Ambiente De Treinamento Técnico Na Construção Civil.** Blucher Mechanical Engineering Proceedings, v. 1 n. 1 pp. 4817–4835, 2012.

STURMAN, D. J; ZELTZER, D. **A Survey of Glove-Based Input.** IEEE Computer Graphics and Applications, v. 14, n. 1, pp. 30-39, 1994.

TAVARES, A.; SILVA, D. A. **Integração de técnicas de modelagem com a vrml.** Tese de Doutorado. Universidade Do Vale Do Rio Dos Sinos.1999.

UPLOADVR. **Flashback: Mike Roberts on Some of the Unsung Heroes of VR's History**, Disponível em: <<https://uploadvr.com/flashback-mike-roberts-on-some-of-the-unsung-heroes-of-vrs-history/>> Acesso em: 1 abr. 2019.

VALENTE, L. **Representação de Cenas Tridimensionais: Grafo de Cenas**. Instituto de Computação - Universidade Federal Fluminense, pp. 1-19, mar. 2004.

VIANA, L. **Áudio Imersivo: Recurso na Construção de Narrativas em Podcasts Ficcionais de Drama**. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, Centro Federal de Educação Tecnológica, Belo Horizonte, MG. pp. 1-15, 2018.

WATT, A.; WATT, M. **Advanced Animation and Rendering Techniques: Theory and Practice**. 1994.

WILLIAMS, R. **The Animator's Survival Kit**. Faber and Faber. 2002.

ZUFFI, S.; KANAZAWA A.; BLACKM. J. **Lions and Tigers and Bears: Capturing Non-Rigid, 3D, Articulated Shape from Images**. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Max Planck Institute for Intelligent Systems, Tübingen, Alemanha, pp. 1-9, 2018.