

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS BAURU

DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

GUILHERME AUGUSTO ASTOLFI SILVESTRE

**APLICAÇÃO DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA POR MEIO DA
ELABORAÇÃO DE MAQUETES DIGITAIS UTILIZANDO
SKETCHUP**

BAURU

2018

GUILHERME AUGUSTO ASTOLFI SILVESTRE

**APLICAÇÃO DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA POR MEIO DA
ELABORAÇÃO DE MAQUETES DIGITAIS UTILIZANDO
SKETCHUP**

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso
de Ciência da Computação da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
Faculdade de Ciências, Campus Bauru.
Orientador: Prof. Associado Eduardo Martins
Morgado

BAURU
2018

Guilherme Augusto Astolfi Silvestre

APLICAÇÃO DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA POR MEIO DA ELABORAÇÃO DE MAQUETES DIGITAIS UTILIZANDO SKETCHUP/ Guilherme Augusto Astolfi Silvestre. – Bauru, 2018-48 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Martins Morgado

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Ciências

Ciência da Computação, 2018.

1. Computação Gráfica 2. Modelagem Digital 3. Maquete Eletrônica 4. Renderização 5. Prototipagem

Guilherme Augusto Astolfi Silvestre

APLICAÇÃO DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA POR MEIO DA ELABORAÇÃO DE MAQUETES DIGITAIS UTILIZANDO SKETCHUP

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de
Ciência da Computação da Universidade Esta-
dual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Facul-
dade de Ciências, Campus Bauru.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Eduardo Martins Morgado
Orientador

**Prof. Dra. Simone das Graças
Domingues Prado**
Examinadora

Prof. Dr. Kleber Rocha de Oliveira
Examinador

Bauru, 14 de Novembro de 2018.

Dedico este trabalho a todos os sonhadores, que, apesar de todas adversidades, encaram a vida com o mais belo e sinsero sorriso.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à todas as pessoas que, ao longo da minha vida, me ajudaram a construir o indivíduo que sou. Isso inclui minha família, meus amigos de infância, minha namorada, e todos os professores que tive a honra de poder compartilhar, experienciar e absorver pensamentos fundamentais que hoje complementam, e constituem minha essência.

Agradeço aos meus pais Andrea Karla Astolfi Silvestre e Luiz Augusto Pereira Silvestre por sempre terem confiado a mim o desejo, a busca, e a esperança de dias melhores.

Agradeço aos meus avós Clarice e Odair por todo amor, carinho, e pela dedicação e preocupação em cuidar de mim como seu próprio filho.

Agradeço também ao meu tio Bruno por ter sempre assumido o papel de irmão mais velho tanto nas horas boas, quanto nas dificuldades.

Gostaria de agradecer à minha tia Gisleine, meu tio Roberto, e meus primos Adrian, Adriene e Alícia por agitar e tirar completamente a monotonicidade da família, trazendo aquele ar de juventude, inquietação e euforia para todos nós.

Agradeço à minha namorada Luana por fazer parte de absolutamente todos os episódios que ocorreram na minha vida nos últimos anos, sempre com otimismo, sorridente, e, confiante de que independentemente da situação das coisas, elas sempre melhorarão.

Por fim, gostaria de agradecer aos meus amigos que participaram da minha vida durante a faculdade, aos meus amigos do Vila Inglesa, aos meus amigos do Colégio São Francisco de Assis, aos companheiros do colégio SETA, e um agradecimento especial ao meu amigo Icaro.

Para todos os outros que também se envolveram direta ou indiretamente comigo, assim como amigos, colegas e parentes mais distantes, gostaria de deixar meu mais sincero obrigado por terem me apoiado independentemente do grau e da intensidade. Todos são bem vindos na comemoração desta passagem.

"Nunca esperei nada da vida. Por isso tenho tudo."
(José Saramago)

Resumo

A Computação Gráfica é a área da Ciência da Computação responsável pela criação e manipulação de imagens tanto bi, quanto tridimensionais. Atualmente, inúmeros softwares CAD possibilitam aos estudiosos da área da Computação Gráfica criar, representar e elaborar virtualmente seus produtos através da modelagem digital tridimensional. Tendo em vista que estes programas viabilizam técnicas cada vez mais sofisticadas para o desenvolvimento de artefatos digitais complexos, e que, a modelagem digital é uma técnica muito difundida e utilizada para projetos de edificação, o propósito do presente trabalho é a utilização de um software CAD para a construção da maquete digital dos Laboratórios de Ensino, Pesquisa e Extensão em Computação (LEPEC) situados na UNESP Câmpus Bauru. Para isto, o leitor será introduzido aos conceitos de modelagem digital, convenções arquitetônicas, renderização, pós-produção e fotorrealismo.

Palavras-chave: SektchUp. Modelagem Digital. Prototipagem. Maquete Eletrônica.

Abstract

Computer Graphics is the area of Computer Science responsible for the creation and manipulation of both bi and three-dimensional images. Numerous CAD software currently enables researchers in the area of Computer Graphics to create, represent and process their products virtually through three-dimensional digital modeling. Considering that these programs provide increasingly sophisticated techniques for the development of complex digital artifacts, and that digital modeling is a very widespread technique used for building projects, the purpose of this work is the use of a CAD software for the construction of the digital model of the Laboratories of Education, Research and Extension in Computing (LEPEC) located at UNESP Câmpus Bauru. For this, the reader will be introduced to the concepts of digital modeling, architectural conventions, rendering, post-production and photorealism.

Keywords: SketchUp. Digital Modeling. Prototyping. Electronic mockup.

Lista de figuras

Figura 1 – Exemplo de modelagem digital tridimensional.	14
Figura 2 – Interface Software CAD - Blender.	15
Figura 3 – Exemplo de Maquete eletrônica.	18
Figura 4 – Interface gráfica do Apple Watch - Apple	19
Figura 5 – Smalltalk sendo executado, 1979	20
Figura 6 – Cena de filme gerado por computador	24
Figura 7 – Fractais	25
Figura 8 – Função de Variável Complexa exibida em um mapa de cores	26
Figura 9 – Interface Gráfica do Software AutoCAD	28
Figura 10 – Maquete Digital feita com o software SketchUp	29
Figura 11 – Medição das dimensões do LEPEC	30
Figura 12 – Registro fotográfico do LEPEC	31
Figura 13 – Registro fotográfico do LEPEC	31
Figura 14 – Registro fotográfico do LEPEC	32
Figura 15 – Medição das dimensões dos contorno do LEPEC	32
Figura 16 – Vista ortográfica superior do LEPEC - Feito no SketcUp	33
Figura 17 – Contorno LEPEC - SketchUp	33
Figura 18 – Medidas da Parede LEPEC - SketchUp	34
Figura 19 – Componentes externos: Postes e Bancos - SketchUp	34
Figura 20 – Lixos Ecológicos	35
Figura 21 – Poste importado da 3D Warehouse	35
Figura 22 – Poste sendo modificado para melhor se adequar ao projeto real	36
Figura 23 – Poste modificado para melhor realismo na maquete digital	36
Figura 24 – Parte da Tabela Comparativa respondida via e-mail	37
Figura 25 – Construção da rua pavimentada na parte posterior do edifício	38
Figura 26 – Suporte da telha com luminária fixa	39
Figura 27 – Inclusão de vegetação diversificada	39
Figura 28 – Janelas posteriores	40
Figura 29 – Imagem fotorrealista da face lateral do LEPEC	41
Figura 30 – Imagem renderizada do LEPEC e arredores	41
Figura 31 – Imagem renderizada da parte posterior do LEPEC	42
Figura 32 – Materiais para texturização - Lumion 3D	42
Figura 33 – Comparação da imagem antes e depois da renderização do vidro com Lumion 3D	43
Figura 34 – Imagem da maquete eletrônica finalizada	43
Figura 35 – Identidade visual do LEPEC renderizada com Lumion 3D	44
Figura 36 – Sala de seminários	44

Figura 37 – Imagem fotorrealista da face frontal do LEPEC 45

Figura 38 – Imagem da maquete eletrônica completa 45

Lista de abreviaturas e siglas

CAD	Desenho auxiliado por computador (<i>Computer Aided Design</i>)
BIM	Modelagem de Informações da Construção (<i>Building Information Modeling</i>)
LEPEC	Laboratórios de Ensino, Pesquisa e Extensão em Computação
UI	Interface do usuário (<i>User Interface</i>)
GUI	Interface gráfica de usuário (<i>Graphical User Interface</i>)
CGI	Imagens Geradas por Computador (<i>Computer Graphic Imagery</i>)
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachussets (<i>Massachusetts Institute of Technology</i>)
LCD	Tela de Cristal Líquido (<i>Liquid Crystal Display</i>)
CRT	Tubo de raios Catódicos (<i>Cathodic Ray Tube</i>)

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Modelagem do Problema	15
1.1.1	O problema	15
1.2	Objetivos	16
1.2.1	Objetivo geral	16
1.2.2	Objetivos específicos	16
1.3	Justificativa	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	O que é Computação Gráfica	18
2.1.1	Evolução da Computação Gráfica	21
2.1.2	Aplicações da Computação Gráfica	23
2.1.2.1	Interface gráfica com o usuário - GUI	23
2.1.2.2	Entretenimento e Arte	23
2.1.2.3	Transpor informações em conhecimento	24
2.1.2.4	Desenho assistido por computador - CAD	26
2.2	Softwares CAD	27
3	DESENVOLVIMENTO	30
3.1	Concepção	30
3.2	Elaboração da Maquete Digital	32
3.3	Tabela Comparativa	37
3.4	Renderização	40
3.5	Publicação	45
4	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	48

1 Introdução

A Computação Gráfica é a área de estudo da Ciência da Computação, que de maneira simplificada, manipula e converte dados em imagens. Desta forma, é de domínio desta ciência desfrutar de técnicas que servem como instrumento para traduzir informações de forma intuitiva e com maior compreensibilidade para o usuário final. Como dito em HILL JR. (1990), a computação gráfica disponibiliza um arsenal de ferramentas para criar imagens e interagir com elas de maneira natural. Tais ferramentas consistem tanto em hardware quanto em software, e juntas permitem programadores a construir programas com uma capacidade gráfica bem expressiva.

É notório que a interação da grande maioria das aplicações feitas para computadores, ou para qualquer aparelho que possua alto grau de interação com o usuário, como televisões, relógios e celulares, se faça de maneira visual, independentemente da finalidade da aplicação. A comunicação entre usuário e aplicação se dá por meio de uma interface, esta, por sua vez, é um produto do âmbito da computação gráfica. Deste modo, pode-se perceber a manifestação da computação gráfica como a responsável por fazer o intermédio de produções na área da biologia, matemática, e muitos outros ramos da ciência e entretenimento traduzindo seus resultados de maneira compreensível ao público.

Muito antes de se conseguir visualizar um segmento de DNA humano, seu estudo já era possível através da computação gráfica. Em 1983, foi possível visualizar o vírus da AIDS e simular seu comportamento. Através de dados científicos, foi criada uma imagem sintética que representava o vírus de forma adequada aos propósitos do estudo (AZEVEDO; CONCI, 2003).

A produção e exteriorização de uma aplicação da Computação Gráfica, atualmente se dá através da utilização de programas específicos para confecção de imagens tanto bi quanto tridimensionais, partindo da forma mais primitiva e abstrata das imagens, até a elaboração de desenhos mais complexos procedendo gradativamente da adição de detalhes que aumentam a qualidade do artefato que está sendo criado virtualmente. Tais programas são chamados de Softwares CAD (*Computer Aided Design*).

O mapeamento digital consiste na obtenção de informações espaciais de interesse na superfície física. A informação espacial mapeável fundamenta-se em objetos ou fenômenos observáveis pelo homem. Estes objetos podem ser reduzidos a três entidades geométricas básicas, denominadas de Ponto, Linha e Polígonos ou Áreas. Estas podem ser materializadas digitalmente (CASTAÑEDA FILHO, 1989).

Atualmente, inúmeros softwares CAD possibilitam aos profissionais da área da Computação Gráfica criar, representar e elaborar virtualmente seus produtos através da modelagem

digital tridimensional. Estes programas viabilizam técnicas para construção interativa em 3D que são utilizadas para projetar componentes, robôs, peças, sistemas de dispositivos mecânicos, elétricos, eletrônicos, edifícios, automóveis, aviões, navios, redes telefônicas, redes de computador, personagens para jogos, filmes, e muito mais, como ilustrado na figura 1.

Figura 1 – Exemplo de modelagem digital tridimensional.



Fonte: AZEVEDO; CONCI, (2003).

Como exploração da forma em modelagem geométrica, protótipos rápidos estão acelerando a habilidade de explorar possibilidades formais sob o formato físico. Essa produção está se tornando o lócus para improvisação e prática de pessoas com talento. O ato de fazer artefatos digitais está aumentando de modo complementar a relação com a configuração física (MCCULLOUGH, 1996).

Portanto, este trabalho propõe a construção de um protótipo digital, partindo de uma edificação real, como forma de apresentar uma aplicação concreta da Computação Gráfica evidenciando as etapas da elaboração do mesmo, desta maneira é possível estabelecer o elo entre o procedimento da criação e as motivações que implicam na grande importância desta esfera como uma das mais requisitadas e valorizadas no mercado mundial.

1.1 Modelagem do Problema

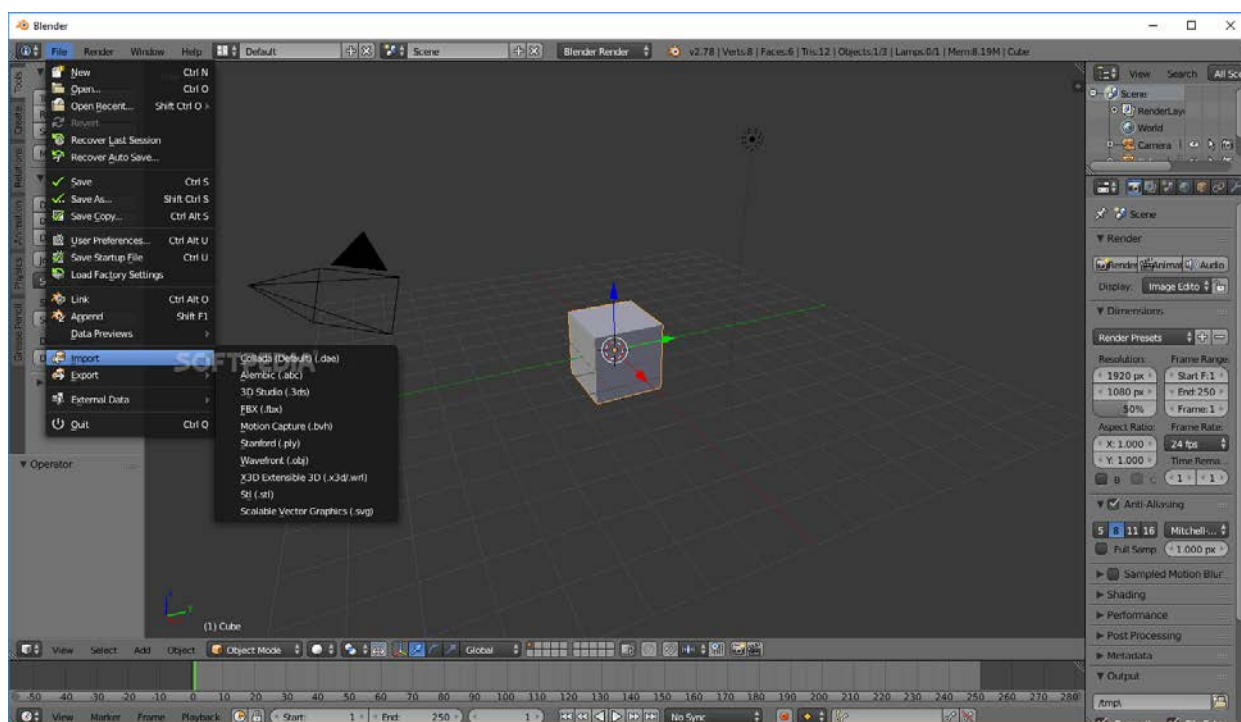
1.1.1 O problema

A área da Computação Gráfica é muito ampla e engloba diversos tópicos os quais, muitas vezes, não são bem explorados nos cursos de ensino superior devido ao tempo limitado que as disciplinas encarregadas deste campo enfrentam.

Uma vez que as tecnologias disponíveis para desenvolver aplicações práticas desta esfera epistêmica estão em constante evolução, e que os ramos de atuação de profissionais que pretendem trabalhar com Computação Gráfica exigem conhecimentos práticos e domínio dos principais softwares CAD mais utilizados no mercado, o aluno em formação muitas vezes tem que buscar alternativas extracurriculares para suprir tais carências e para construir uma base sólida de entendimento prático.

Pacotes de softwares para aplicativos CAD geralmente fornecem ao projetista um ambiente com várias janelas. As várias janelas podem mostrar seções ampliadas ou diferentes vistas de objetos (HEARN; BAKER, 2004).

Figura 2 – Interface Software CAD - Blender.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Além da complexidade do domínio dos softwares de modelagem digital, como podemos notar na janela de trabalho do software blender mostrado na figura 2, existe também o grau de fidelidade que as maquetes digitais desenvolvidas no processo de prototipagem de

modelos tridimensionais devem apresentar quando comparadas ao edifício real, afinal, o nível de usabilidade e de aplicação do artefato digital produzido é diretamente proporcional à qualidade de precisão do mesmo. Isso significa que quanto maior a atenção para os detalhes específicos tanto externos quanto internos da edificação, somada as particularidades visuais tanto do perímetro quanto dos arredores, são fundamentais para o aumento da condição de aproveitamento do produto final.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é utilizar um software CAD para a construção de uma maquete digital tridimensional dos Laboratórios de Ensino, Pesquisa e Extensão em Computação (LEPEC) situados na UNESP Câmpus Bauru que sejam concordantes com as características físicas reais e embasadas na preservação das particularidades do mesmo a fim de aumentar grau de fidelidade o máximo possível.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Instalar e estudar o software CAD SketchUp.
- b) Identificar as características físicas particulares externas e internas dos Laboratórios de Ensino, Pesquisa e Extensão em Computação.
- c) Verificar materialmente a construção e apurar os dados, tais como as medidas (em metros) das paredes, portas e salas do LEPEC, bem como levantar e identificar os elementos que compõem o perímetro do bloco.
- d) Produzir um catálogo de registros fotográficos sobre o LEPEC para comparação futura e aperfeiçoamento dos protótipos digitais da construção.
- e) Esboçar o protótipo digital da construção real utilizando o software SketchUp.
- f) Elaborar questionário para avaliação do protótipo digital para os frequentadores do LEPEC, a fim de aplicar correções na maquete de acordo com os dados levantados, aumentando assim o grau de fidelidade para com a construção real.
- g) Finalizar o modelo tridimensional da construção e renderizar aplicando filtros de fotorrealismo.
- h) Disponibilizar a maquete digital finalizada como material de auxílio ou como instrumento principal contribuindo no desenvolvimento futuro de aplicações relacionadas, tais como planejamento de reformas, geolocalização entre outros.

1.3 Justificativa

A Computação Gráfica serve como instrumento para auxiliar e aprimorar a qualidade e a aplicabilidade de inúmeras outras áreas do conhecimento. O grande avanço do poder de processamento dos computadores modernos, somado ao desenvolvimento de inúmeras ferramentas gráficas, permite que artefatos tridimensionais complexos (muitas vezes com milhões de polígonos), sejam criados e renderizados em máquinas cada vez mais populares. No entanto, a disseminação de computadores capazes de produzir tais produtos tridimensionais complexos, nem sempre condiz com o aumento real do aproveitamento e utilização das ferramentas de aplicação gráfica, parte devido ao desconhecimento das pessoas, que, mesmo em meio acadêmico, não tem estímulo, e portanto, nem sempre despertam interesse em adentrar o universo da Computação Gráfica, e parte devido ao grande custo na aprendizagem de técnicas e práticas para modelagem e virtualização de objetos em 3D.

A motivação para este trabalho está na utilização do software SketchUp como ferramenta para produzir uma aplicação prática dentro da esfera da Computação Gráfica por meio da elaboração completa de uma maquete digital dos Laboratórios de Ensino, Pesquisa e Extensão em Computação (LEPEC) situados na UNESP Câmpus Bauru. Desta forma o modelo digital tridimensional do LEPEC será disponibilizado como material para possível desenvolvimento futuro de aplicações em diversas áreas, como por exemplo a implementação de sistemas de geolocalização dentro da própria sede da UNESP utilizando as maquetes digitais como auxílio, agilidade no planejamento de reformas entre as construções dentro do Câmpus, entre outros.

Se você puder imaginar algo, isso pode ser gerado com computação gráfica. A computação gráfica está a um passo de um mundo novo, repleto de aplicações, ainda desconhecidas, e muitas oportunidades de trabalho para designers, modeladores, animadores, iluminadores e programadores (AZEVEDO; CONCI, 2003).

Também é foco deste trabalho de conclusão de curso a difusão de estudos práticos dentro do âmbito da Computação Gráfica tanto como forma de aprimorar os conhecimentos do aluno nesta área, tanto quanto forma de encorajar estudantes a se relacionar de maneira prática com uma das áreas que mais evolui econômica e academicamente ao longo dos últimos anos.

2 Fundamentação Teórica

Nesta seção é apresentado o embasamento teórico para o desenvolvimento do projeto, tomando como ponto de partida os conceitos que definem a Computação Gráfica tais como sua atuação, a evolução e a aplicabilidade desta área ao longo da história, os programas de computador que são utilizados como ferramenta de produção deste meio, e, como a Computação Gráfica se relaciona com outras áreas do conhecimento. Após a conceituação das ideias elementares desta esfera, será apresentado o estudo para a abordagem prática do projeto que respalda-se na elaboração e construção de um modelo digital que represente com alto grau de rigor os Laboratórios de Ensino, Pesquisa e Extensão em Computação (LEPEC) através de uma maquete eletrônica como a que podemos notar na figura 3.

Figura 3 – Exemplo de Maquete eletrônica.



Fonte: HEARN; BAKER, (2004).

2.1 O que é Computação Gráfica

A Ciência da Computação em sua forma mais autêntica é a grande área do conhecimento que estuda fundamentalmente a informação e as transformações necessárias para tornar esta informação em conhecimento. A informação por sua vez, pode ser quaisquer tipo

de dados uma vez coletados de forma aleatória, desorganizada ou ainda manipulada e precisa. As técnicas e a metodologia utilizada para converter a informação em algo proveitoso é que define a esfera da Ciência da Computação que está sendo estudada.

A computação gráfica é a área da ciência da computação que trata da produção e representação de informações através de imagens, animações e vídeos com o uso de recursos computacionais (SIQUEIRA, 2017).

Através de técnicas específicas, juntamente com algoritmos e o auxílio tanto de software quanto de hardware (como periféricos gráficos), é possível elaborar imagens genuinamente geradas apenas pelo computador.

É possível compreender então que a captação, transformação e manipulação de dados para geração de imagens e conteúdo gráfico, definem a essência da prática da computação gráfica. A transformação e manipulação da informação (quando tratado de geração de imagens sintéticas), geralmente são feitas por softwares gráficos específicos para modelagem de imagens virtuais. Tais softwares são chamados de CAD e são poderosas ferramentas para a elaboração de projetos tridimensionais complexos.

Atualmente, esses métodos são usados rotineiramente no projeto de edifícios, automóveis, aeronaves, embarcações, espaçonaves, computadores, têxteis, eletrodomésticos e uma infinidade de outros produtos (HEARN; BAKER, 2004).

No entanto, nem sempre a Computação Gráfica lida com imagens tridimensionais. As interfaces gráficas de usuário (GUIs), como apresentada na figura 4, na grande maioria das aplicações, tanto para computadores quanto para celulares são bidimensionais. Isso ocorre pois a Computação Gráfica é responsável pelos aspectos de interação homem-máquina, uma vez que as aplicações são fundamentalmente interativas, e a experiência tridimensional só é viável quando é manuseado uma aplicação específica da área.

Figura 4 – Interface gráfica do Apple Watch - Apple



Fonte:: DILLET, (2017).

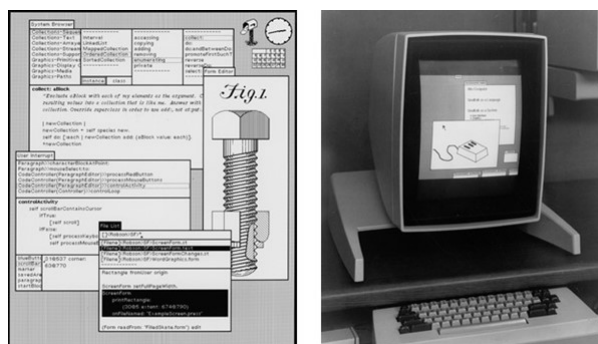
É de encargo da Computação Gráfica:

- a) **Estabelecer a interação visual entre aplicação-usuário caracterizando uma experiência mais agradável, empírica e intuitiva.**

Isso é facilmente perceptível quando é pensado nos sistemas operacionais mais utilizados no mercado. Foi-se a época em que as interações se davam através de texto. Desde a década de 70 já eram observados esforços por parte dos pesquisadores e desenvolvedores em tentar criar um ambiente que fosse interativo com quem o utilizasse, como pode ser visto na figura 5.

Com o surgimento da Smalltalk, linguagem de programação e ambiente de desenvolvimento que possuía uma interface gráfica diferenciada, a GUI começou a ganhar aspectos mais modernos, em 1974 (ARRUDA, 2011).

Figura 5 – Smalltalk sendo executado, 1979



Fonte: ARRUDA, (2011).

Atualmente todas as aplicações comerciais que são bem sucedidas, gastam muito tempo com planejamento para produzirem interfaces gráficas amigáveis com design que proporcionam maior qualidade tanto na interação quanto na experiência do usuário.

- b) **Traduzir dados complexos para sistemas gráficos ilustrativos com representações mais compreensíveis sobre o tema abordado.**

Isso se reflete muitas vezes na elaboração de um sistema gráfico que consiga representar de forma simplificada objetos ou modelos provenientes de outras áreas do conhecimento como por exemplo na biologia com a elaboração sintética do vírus da Aids como citado no Capítulo 1 por (AZEVEDO; CONCI, 2003). Assim como na matemática através da manipulação de cores, dimensões, esquemas gráficos, modelagem de funções, entre outros.

É possível observar essa abordagem em 2.1.2.

- c) **Realizar o processamento de imagens (aumentar qualidade e nitidez reduzindo ruídos e distorções).**

Melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais da imagem-objeto para o que analista consiga tirar conclusões a respeito da imagem-resultado. Esta técnica é muito utilizada para reconhecimento facial, análise de placas de veículos, investigação de gravações de segurança, reconhecimento de objetos, entre outros.

d) **Projetar virtualmente concepções de protótipos de produtos e de empreendimentos.**

Esta área é muito explorada dentro da arquitetura e da engenharia na elaboração, reformulação e manutenção de construções, tanto quanto por grandes empresas desenvolvedoras de produtos originais e padronizados em larga escala.

É importante lembrar que o objetivo principal deste trabalho se enquadra neste tópico, pois enquadra-se justamente na elaboração de um protótipo virtual de uma edificação (LEPEC).

e) **Produzir conhecimento artístico tanto de forma comercial, reflexiva e comunicativa, quanto de forma lúdica, espontânea e recreativa.**

Este item trata da utilização da computação gráfica como meio de expressão artística para fins de exteriorização pessoal, pois os softwares de produção gráfica atuais conseguem muitas vezes substituir os tradicionais pincéis, utilizados pelos artistas, na confecção de uma obra de arte. Assim como também é possível criar imagens, protótipos ou animações profissionais, (tais como os filmes construídos a partir apenas da computação gráfica), com intenção apenas comercial, tornando a computação gráfica a ferramenta principal e essencial para a execução do trabalho dos profissionais que adentraram esta área.

2.1.1 Evolução da Computação Gráfica

Computação gráfica continua a ser uma das áreas mais excitantes e rapidamente cultivadas da tecnologia moderna. Os métodos de computação gráfica são aplicados rotineiramente no projeto da maioria dos produtos, em simulações de treinamento, na produção de vídeos e comerciais de televisão, em filmes, em análise de dados, em estudos científicos, em procedimentos médicos e em inúmeras outras aplicações (HEARN; BAKER, 2004).

Mesmo com tanta influência e dispersão sobre as áreas de atuação e a forma de interação e aplicação da computação gráfica para seus inúmeros propósitos, é interessante entender que os resultados gráficos que os computadores modernos conseguem criar e reproduzir, nem sempre foram tão eficientes.

O primeiro computador com interface gráfica foi o WhirlWind I criado pelo MIT em conjunto com as forças armadas americanas (SIQUEIRA, 2017).

Embora a primeira máquina com funcionalidade gráficas, o Whirlwind I, surgiu no famoso MIT (Instituto de Tecnologia de Massachussets, centro de pesquisa tecnológica nos

Estados Unidos) em 1950, foi na década seguinte que a CGI se popularizou - até então servia para fins acadêmicos e militares (LINARES, 2012).

Em 1962, surgiu uma das mais importantes publicações de Computação Gráfica de todos os tempos, a tese do Dr. Ivan Sutherland ("Sketchpad - A Man-Machine Graphical Communication System"), propunha uma forma de interação muito semelhante ao que hoje chamados de interfaces WIMP [Window, Icones, Menu e Ponteiros] (SILVEIRA, 2001).

A Computação Gráfica despertou a curiosidade de empresas dos ramos automobilístico e aeroespacial com o poder da elaboração dos protótipos de produtos virtuais. Desta forma, na década de 60 a tecnologia CAD dissimulava no mercado as técnicas de construção estruturadas que são padrão até os dias de hoje.

O CAD, aliás, é um dos mais importantes e conhecidos usos da CGI, pois não se restringe a uma área apenas: ferramentas CAD são extremamente úteis em indústrias como engenharia civil, naval, geologia, arquitetura e design (LINARES, 2012). Este tema foi abordado de forma mais detalhada com foco nos programas que dispõem desta tecnologia na seção 2.2.

A década de 70 foi marcada pelo grande salto inovador dado pela indústria do cinema a começar a utilizar a Computação Gráfica como entretenimento revolucionando as possibilidades de exploração artística da indústria cinematográfica. Filmes como Star Wars (1977) e Ultron (1982) marcaram a história e transformaram completamente o funcionamento do ramo cinematográfico para sempre.

No anos 80, com a crescente disseminação do CGI no meio comercial (principalmente devido a indústria cinematográfica), ocorreu uma grande demanda, por conta das empresas, de serem abastecidas com as ferramentas necessárias para criação de produtos digitais. Uma consequência disto, foi o barateamento do hardware, juntamente com a fortalecimento e consolidação dos microcomputadores. Nesta mesma época difundiu-se animações digitais em terceira dimensão.

Na década de 90 houve a elaboração, pela indústria de software, de inúmeras ferramentas mais aprimoradas e específicas para certas áreas da Computação Gráfica como o tratamento de imagens, criação de animações, manipulação de vídeo, modelagem de produtos entre outros. Ainda nesta década é possível observar o crescimento da indústria de jogos eletrônicos, monitores de LCD são mais utilizados que os de CRT, surgimento do *World Wide Web* pelo cientista, físico e professor britânico Tim Berners-Lee colaborando na popularização da internet e consequentemente no aumento do número de usuários o que também contribuiu para a necessidade de elaboração de mídias digitais neste meio.

A Computação Gráfica migra para os computadores pessoais IBM PC (Windows e Linux), o que facilita enormemente a sua disseminação mundial e a põe ao alcance de qualquer pessoa (SILVEIRA, 2001).

É importante evidenciar que anteriormente os fabricantes de computadores desenvol-

viam máquinas as quais não eram intuitivas para serem utilizadas por leigos deste setor. A popularização de programas com interface gráfica amigável (muitas vezes já integrados ao próprio sistema operacional) permitiu a difusão da Computação Gráfica através da propagação dos microcomputadores na medida que possibilitava que os usuários comuns (sem conhecimento técnico) também usufrissem destas vantagens e contribuíssem ainda mais na disseminação desta área.

2.1.2 Aplicações da Computação Gráfica

Nesta área é abordada algumas aplicações plausíveis no âmbito da Computação Gráfica e é salientado a importância da relação da Computação Gráfica com as demais áreas do conhecimento.

2.1.2.1 Interface gráfica com o usuário - GUI

A aplicação mais antiga da Computação Gráfica consiste em fazer das informações contidas em certo aplicativo, compreensíveis de serem utilizadas com clareza e com facilidade pelo usuário final. Esta mediação é geralmente construída através de interfaces que consigam detalhar intuitivamente como devem ser operadas. Atualmente, boas interfaces gráficas, podem muitas vezes definir o sucesso ou não de um software no mercado. Empresas constantemente alteram suas interfaces gráficas buscando otimizá-las de acordo com as respostas que elas conseguem dos seus clientes para ajustar as necessidades que estes encontram ao utilizar determinado programa. O Design de interação e o design de experiência de usuário são áreas que trabalham junto com a Computação Gráfica buscando justamente encontrar a melhor maneira de exibir a interface gráfica de um aplicativo de forma a otimizar a satisfação do cliente em utilizar certo produto.

2.1.2.2 Entretenimento e Arte

A Computação Gráfica é fortemente requisitada dentro da indústria do cinema e dos jogos digitais como dito em [2.1.1](#). A técnica da realidade virtual dispõe da construção de interfaces tridimensionais altamente interativas o que possibilita uma comunicação usuário-aplicação muito imersiva, e consequentemente viciante.

Efeitos especiais gerados por computador, animações, personagens, e cenários são amplamente utilizados em filmes (HEARN; BAKER, 2004).

Desde a década de 70 a indústria cinematográfica utiliza de recursos da Computação Gráfica para criar cenas que até então seriam impossíveis de se encenar. Estas técnicas possibilitaram uma nova forma de explorar e desenvolver filmes com apelo visual que atraísse muito público, como por exemplo, o desenvolvimento do filme Toy Story pela Pixar em 1995, (primeira animação inteiramente produzida por computador). Neste mesmo ano também é

possível destacar o lançamento do vídeo game Playstation desenvolvido pela Sony. O pioneirismo tanto do longa-metragem, quanto do vídeo game, foi essencial para que o futuro da Computação Gráfica nestas indústrias se desenvolvesse, afinal de contas, ambos foram sucessos entre os públicos alvo, Toy Story arrecadou mais de 300 milhões de dólares ao redor do mundo sendo indicado a 3 Oscars no ano de 1996, já o Playstation vendeu mais de 100 milhões de unidades. Um exemplo de filme digital é evidenciado na figura 6.

Figura 6 – Cena de filme gerado por computador



Fonte: HEARN; BAKER, (2004).

Da década de 90 até os dias de hoje, a Computação Gráfica já está instalada no meio do entretenimento e vinculada às principais indústrias deste ramo. Além dos exemplos citados acima, é possível acrescentar as tecnologias de realidade aumentada que estão cada vez mais presentes nas aplicações para celulares, principalmente na área de jogos, arquitetura e marketing, e também na utilização da Computação Gráfica por artistas que usufruem desta área como instrumento para suas produções artísticas, visto que as metodologias empregadas com auxílio da Computação Gráfica, permitem que seja produzido material inovador e diferente do material tradicional já conhecido pela arte clássica.

Talvez seja melhor notar que a relação entre a arte e a computação gráfica é simbiótica, uma interagindo com a outra, fazendo com que as duas evoluam de forma conjunta. A cada evolução da computação gráfica, podem ser abertos novos campos para as artes e vice-versa (AZEVEDO; CONCI, 2003).

2.1.2.3 Transpor informações em conhecimento

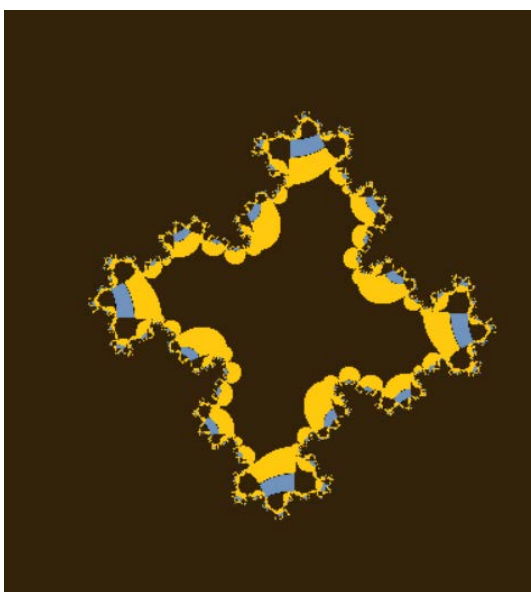
A Computação Gráfica permitiu que fosse possível a produção de imagens que traduzissem pensamentos complexos de forma mais acessível e compreensível. É possível perceber isto em diferentes áreas do conhecimento como por exemplo na matemática (como demonstrado na figura 7), biologia, estatística, história, geografia entre outros.

A área médica encontra na computação gráfica uma poderosa aliada. É possível simular o corpo humano e obter conclusões a partir disso. Utilizando uma combinação de dados, como os de ressonância magnética, ultrassom, ou tomográficos, é possível reconstruir tridimensionalmente qualquer parte do corpo, focalizando seus elementos e possíveis doenças ou

distúrbios. Na meteorologia, ciclones, tufões, deslocamento de massas de ar, além do estudo do aquecimento global e da camada de ozônio, podem ser representados para estudos e previsões (AZEVEDO; CONCI, 2003).

A habilidade de simular a natureza em computadores tem sido objeto de atenção e curiosidade de toda a comunidade científica. Os fractais certamente são os melhores exemplos, compondo imagens intrigantes de realismo impressionante (AZEVEDO; CONCI, 2003).

Figura 7 – Fractais



Fonte: Elaborada pelo autor.

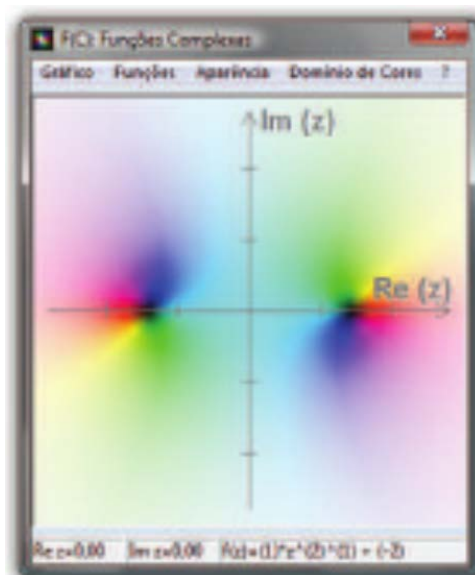
Não somente a Computação Gráfica tem sido usada como ferramenta tradutora de ideias e aplicações complexas, como também, muitas vezes ela tem sido utilizada como a única forma de demonstrar situações que não é possível reproduzir de maneira convencional. É possível destacar o estudo de astros que estão extremamente distantes do planeta terra, ou mesmo buracos negros que aprisionam tudo que está próximo deles (inclusive a luz), ou ainda objetos que são apenas acessíveis em dimensões superiores à terceira, assim como funções matemáticas não tridimensionais (como por exemplo funções complexas de variáveis complexas que dependem de um mapa de cores para serem representadas graficamente dentro da esfera bidimensional, como demonstrado na figura 8).

Tais variáveis são comumente associadas a dimensões reais e, como somos limitados a perceber até três dimensões reais, fica difícil a utilização das mesmas idéias que usamos para o estudo de funções reais de até duas variáveis (MARQUES; SOUZA; SILVA, 2008).

Para o estudo de funções de uma variável complexa, baseamo-nos em estudos já realizados com representações gráficas de funções de uma variável complexa e a utilização de cores como atributos relevantes ao gráfico da função. Nesse campo podemos citar estudos recentes em Análise Complexa Visual e Mecânica Quântica Visual. Todos estes estudos refletem

a preocupação nas interpretações que podem ser dadas aos comportamentos de funções de uma variável complexa, à luz da tecnologia atual (MARQUES; SOUZA; SILVA, 2008).

Figura 8 – Função de Variável Complexa exibida em um mapa de cores



Fonte: MARQUES; SOUZA; SILVA, (2008).

2.1.2.4 Desenho assistido por computador - CAD

A tecnologia CAD tem o propósito de elaborar um desenho estrutural criando um cenário virtual onde é possível inserir exatamente as especificações do projeto, para que seja analisado a viabilidade do empreendimento. Ela surge na década de 60 e é utilizada na indústria automobilística e aeroespacial para confecção prévia tridimensional e elaboração de carros e aviões. Desta maneira a difusão da utilização CAD tornou-se primordialmente comercial o que permitiu o desenvolvimento desta área ao que é conhecido hoje.

Os conceitos de estruturação de dados, bem como o núcleo da noção de computação gráfica interativa, levaram a General Motors a desenvolver em 1965 o precursor dos programas CAD. Logo depois, diversas outras grandes corporações americanas seguiram o exemplo sendo que, no final da década de 1960, praticamente toda a indústria automobilística e aeroespacial utilizava softwares CAD (AZEVEDO; CONCI, 2003).

Dentro da engenharia e da arquitetura a utilização de softwares com tecnologia CAD tornou-se essencial uma vez que a prototipação dos modelos virtuais ficam muito mais velozes, além de permitirem a visualização em três dimensões tornando o dinamismo entre o desenvolvedor e o cliente muito maior, facilitando as correções e as alterações durante a etapa da fabricação do produto.

A confecção de maquetes eletrônicas é uma atividade amplamente presente nos projetos arquitetônicos atuais, pois viabilizam o conhecimento estético da edificação, podendo ser de

forma anterior ou posterior à construção da mesma. É possível utilizar maquetes eletrônicas para entender e para modificar o projeto de uma construção de forma inteiramente virtual até chegar ao modelo desejado. Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de uma maquete digital de uma edificação presente no campus da UNESP Bauru, utilizando tecnologia CAD como é possível ver no Capítulo 3.

2.2 Softwares CAD

Softwares CAD são os programas de computador que auxiliam o desenho estrutural com uma série de ferramentas que permitem a construção de produtos virtuais a partir das especificações reais que constituem o projeto. É importante salientar que a confecção do modelo virtual é feita pelo profissional que se especializa em determinado programa que viabiliza esta tarefa, isso significa que não é necessário ter uma formação específica para ser um profissional que trabalha com CAD, no entanto, estas aplicações são extremamente comuns na área da engenharia e arquitetura.

À medida que o poder de processamento de computação gráfica aumenta e, portanto, a gama de ferramentas disponíveis para artistas e designers se amplia, a importância da estética na interação 3D continuará a crescer no futuro (BOWMAN et al., 2004).

Os softwares CAD modernos possuem muitas vezes capacidade de configurar o gerenciamento dos projetos para melhorar a qualidade da comunicação entre os diferentes departamentos envolvidos na construção do mesmo produto.

O mercado da prototipagem digital, seja para construção de automóveis, edifícios, animação, propaganda, ou qualquer outro tipo de produto virtual, dispõe da necessidade de softwares específicos para realizar o trabalho. Por conta disto, o mercado desta área é abundante, o que implica numa grande procura por profissionais que saibam trabalhar com os diferentes programas escolhidos e utilizados por cada empresa em particular.

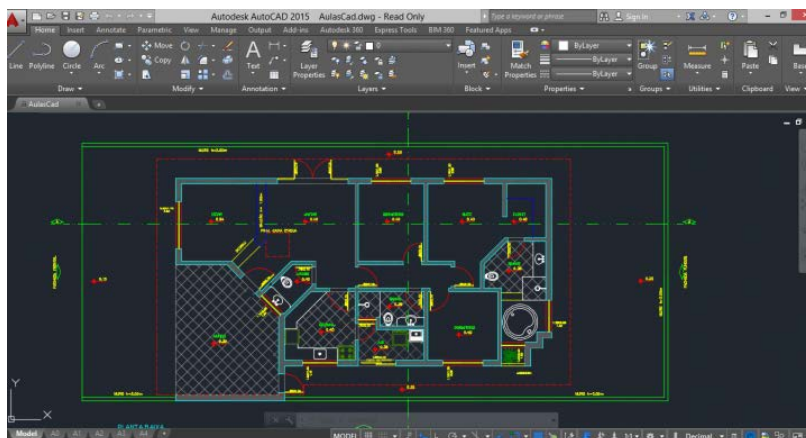
Uma vez que a esfera da elaboração de produtos digitais utilizando a tecnologia CAD já ultrapassa a marca dos cinquenta anos, o núcleo que gira ao redor deste mercado é suficientemente aquecido com softwares de qualidade que possuem suas vantagens e desvantagens em relação aos concorrentes. Segue abaixo alguns dos principais programas utilizados pelas empresas dominantes neste ramo:

a) **AutoCAD**

O AutoCAD (figura 9), assim como todos os softwares CAD contém um conjunto de ferramentas para auxiliar no desenvolvimento de desenho técnico em alguma área, seja civil, construção de peças industriais, arquitetura, desenho técnico entre outros. É de propriedade da empresa Autodesk conhecida no ramo de desenvolvimento de softwares de design e de conteúdo digital.

Este software é o mais utilizado no ramo da engenharia e arquitetura devido a sua capacidade de efetuar cálculos estruturais, interpretar desenhos bi e tridimensionais, viabilidade de introduzir documentação de forma bastante abrangente, e eventualmente contribuir com a redução de erros no projeto final.

Figura 9 – Interface Gráfica do Software AutoCAD



Fonte: Elaborada pelo autor.

b) **Inventor**

Inventor é um software CAD também desenvolvido pela empresa Autodesk com o foco voltado principalmente na prototipação digital de ferramentas mecânicas em 3D. O diferencial deste software é a capacidade de desenvolver modelos de peças industriais que sejam também funcionais no mundo real, isso significa que é possível desenvolver um produto que possua componentes dinâmicos, os quais vão interagir entre si possibilitando análise e criação de testes para simular a viabilidade do produto no cenário real.

c) **SketchUp**

O Sketchup (figura 10), é um dos software de modelagem 3D mais populares do mundo. Foi desenvolvido e liberado no ano 2000 pela empresa At Last Software como uma ferramenta de criação 3D de fácil manuseio. Anos mais tarde a Google adquiriu o programa (2006) e trouxe melhoria aos longos dos anos para o software, no entanto, com o desenvolvimento de uma nova tecnologia de modelagem a partir de imagens de satélite, a Google vendeu o SketchUp para a empresa californiana Trimble Navigation, que tornou-se a proprietária do programa desde 2012 até os dias atuais.

O Sketchup além de ser um software CAD é também um software BIM, que resumidamente, consiste em uma tecnologia que abrange um aglomerado de funções e serviços específicos dentro da indústria arquitetônica digital, para que seja possível construir, gerenciar e agregar novas informações a respeito de uma edificação

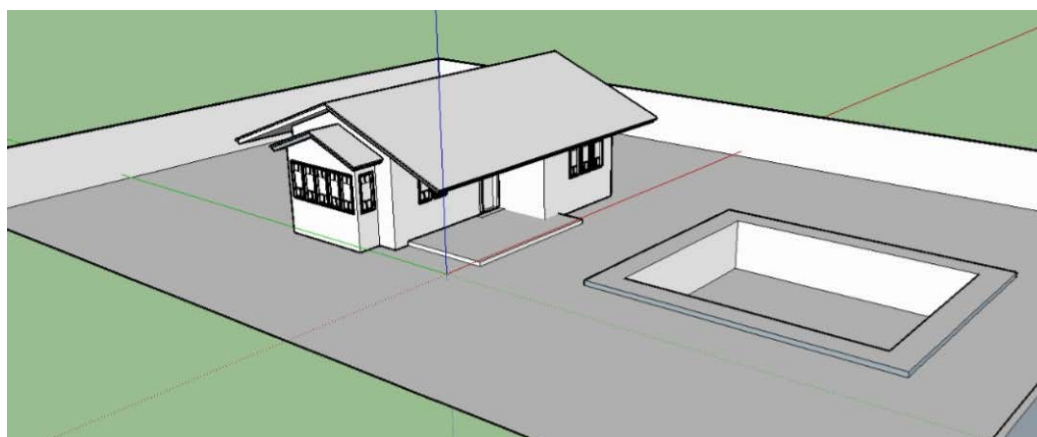
de forma mais acessível e clara para todos os envolvidos (arquitetos, engenheiros, designers, gerente, cliente, entre outros).

É essencial lembrar que este software foi o escolhido para ser utilizado como ferramenta na parte prática deste projeto de conclusão de curso, ou seja, na construção da maquete digital do LEPEC.

Entre os demais softwares CAD do mercado, o SketchUp levantou algumas características que evidenciaram vantagens para a designação deste programa em relação aos demais, pode-se destacar algumas delas:

- Curva rápida de aprendizagem, simples e intuitivo (principal motivo da sua popularidade).
- Warehouse - Biblioteca que disponibiliza gratuitamente modelos em 3D para o público.
- Extension Warehouse - Biblioteca que disponibiliza plugins e complementos para o software.
- Compatibilidade com os maiores programas CAD.
- Possui versão gratuita.

Figura 10 – Maquete Digital feita com o software SketchUp



Fonte: Elaborada pelo autor.

É importante lembrar que foi apresentado apenas alguns, diante da infinidade de outros softwares CAD presentes atualmente no mercado de desenvolvimento digital. A escolha da utilização da ferramenta CAD que melhor se encaixa para determinada tarefa depende sempre das necessidades da empresa e do projeto que está sendo elaborado. Uma vez conhecido as exigências do empreendimento, é possível descobrir qual o melhor software com as ferramentas específicas para serem exploradas, e consequentemente viabilizar a melhor solução para o problema.

3 Desenvolvimento

Este capítulo descreve o desenvolvimento e a confecção dos protótipos digitais dos Laboratórios de Ensino, Pesquisa e Extensão em Computação, tal como os processos, softwares e técnicas envolvidas.

3.1 Concepção

Para realizar a construção da maquete digital do LEPEC, foi preciso tirar as medidas exatas do perímetro exterior da edificação. Desta forma, foi identificado as características físicas pertencentes ao prédio, assim como a dimensão em metros, das paredes, portas, salas, janelas e objetos relacionados a parte externa da obra. A coleta destes dados foi feita de forma manual, utilizando fita métrica ao redor do edifício, assim como é possível conferir no catálogo de registros fotográficos exibido através das figuras 11, 12, 13, 14 e 15.

Figura 11 – Medição das dimensões do LEPEC



Fonte: Elaborada pelo autor.

É importante destacar que o catálogo de registros fotográficos referente ao LEPEC, além de servir como referência na modelagem durante a etapa da construção e desenvolvimento das maquetes digitais, também auxilia na avaliação comparativa que foi feita entre os protótipos virtuais do prédio em relação a construção real.

Figura 12 – Registro fotográfico do LEPEC



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 13 – Registro fotográfico do LEPEC



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao todo foram tiradas sessenta e quatro fotos do contorno da edificação para serem utilizadas no auxílio da confecção do protótipo virtual.

Figura 14 – Registro fotográfico do LEPEC



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 15 – Medição das dimensões dos contornos do LEPEC

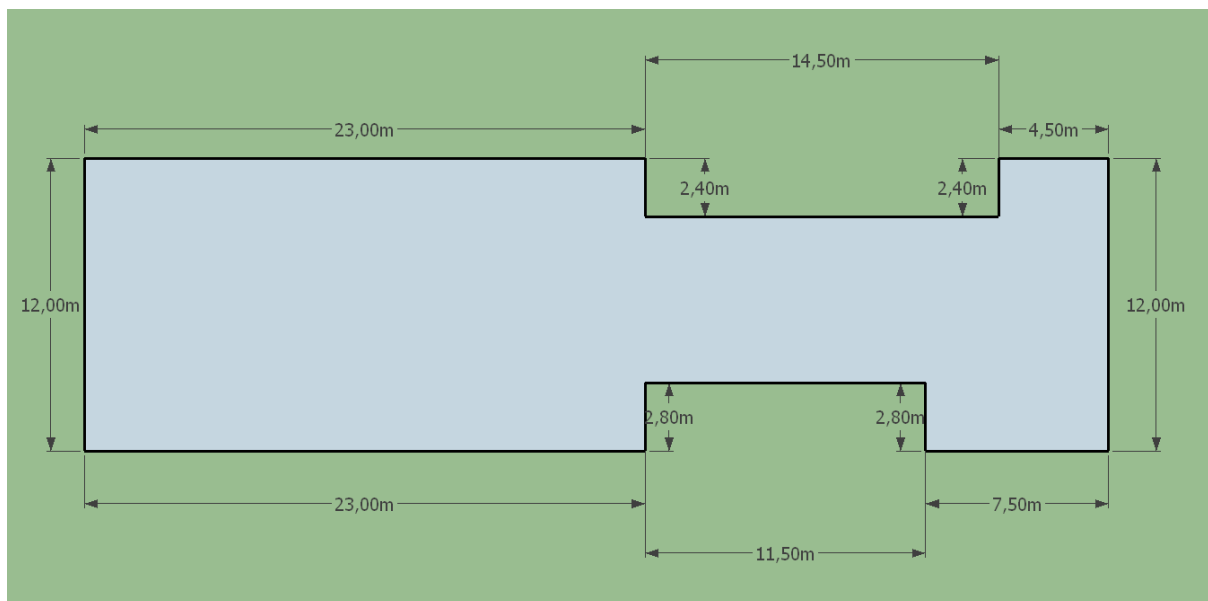


Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2 Elaboração da Maquete Digital

Com as medidas do LEPEC em mãos, foi possível desenvolver a vista ortográfica superior com projeção paralela do perímetro do edifício utilizando como ferramenta o software SketchUp, e consequentemente elaborar a apresentação bidimensional do contorno como mostra a figura 16:

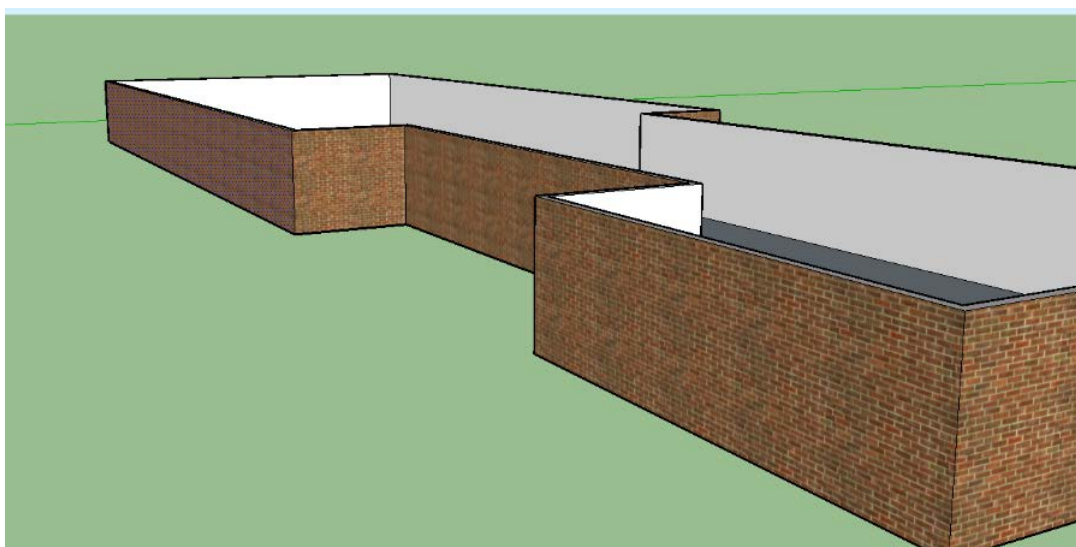
Figura 16 – Vista ortográfica superior do LEPEC - Feito no SketcUp



Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir do contorno do prédio, foi definido a espessura da parede como sendo 15 centímetros, e a partir disto, construído as divisórias externas do edifício, adicionando uma textura nativa do SketchUp referente à tijolos.

Figura 17 – Contorno LEPEC - SketchUp

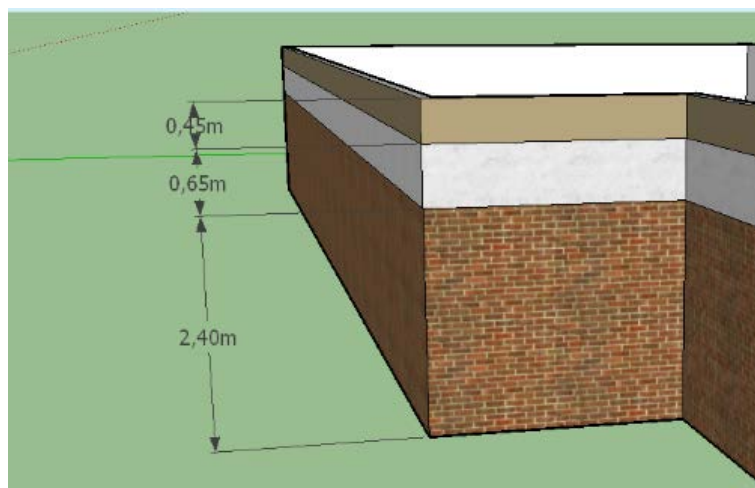


Fonte: Elaborada pelo autor.

Texturas são malhas digitais que definem e simulam um material real no ambiente digital. É importante notar que o LEPEC é constituído fundamentalmente de tijolos, e seu perímetro se dá em sua maioria por grama, árvores, bancos e ruas.

Após o molde do contorno exibido na figura 17, foram construídas as divisões que complementam as paredes da edificação, tomado como parâmetro aproximações das medidas reais realizadas presencialmente na obra, como observado na figura 18.

Figura 18 – Medidas da Parede LEPEC - SketchUp



Fonte: Elaborada pelo autor.

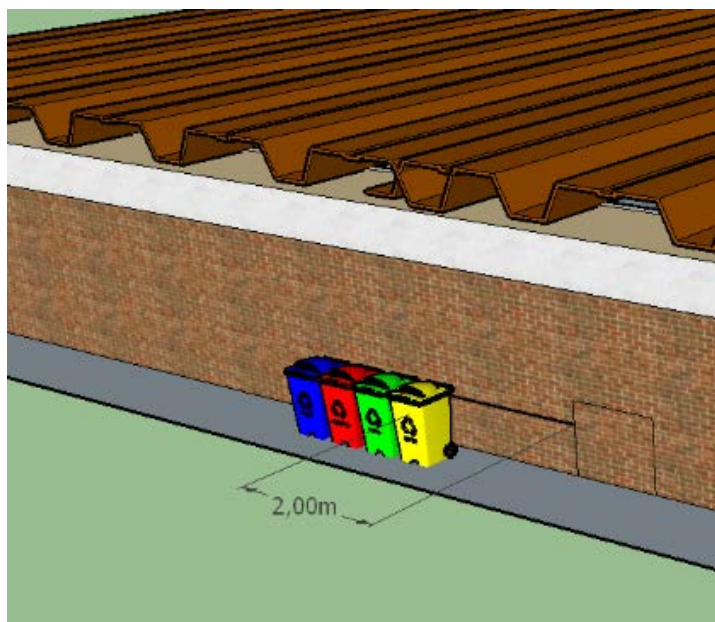
Também foram adicionados ao projeto, componentes externos que vieram importados do acervo digital exclusivo para o SketchUp. Esta biblioteca virtual, chamada de 3D Warehouse, disponibiliza gratuitamente modelos tridimensionais para serem utilizados pelos desenvolvedores e projetistas usuários deste software. Nesta etapa da elaboração da maquete digital, foram adquiridos bancos de concreto, lixos ecológicos, postes de iluminação e a cobertura do prédio. Todos oriundos do acervo digital conforme as imagens 19 e 20.

Figura 19 – Componentes externos: Postes e Bancos - SketchUp



Fonte: Elaborada pelo autor.

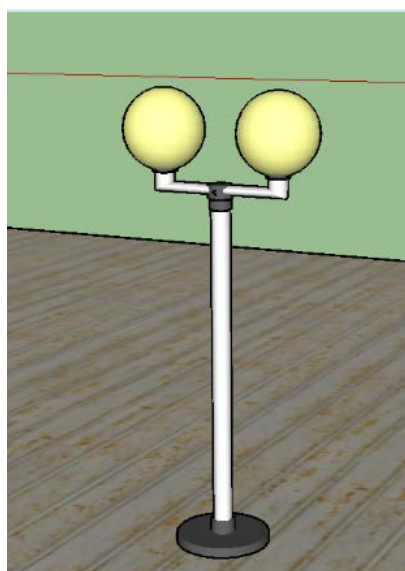
Figura 20 – Lixos Ecológicos



Fonte: Elaborada pelo autor.

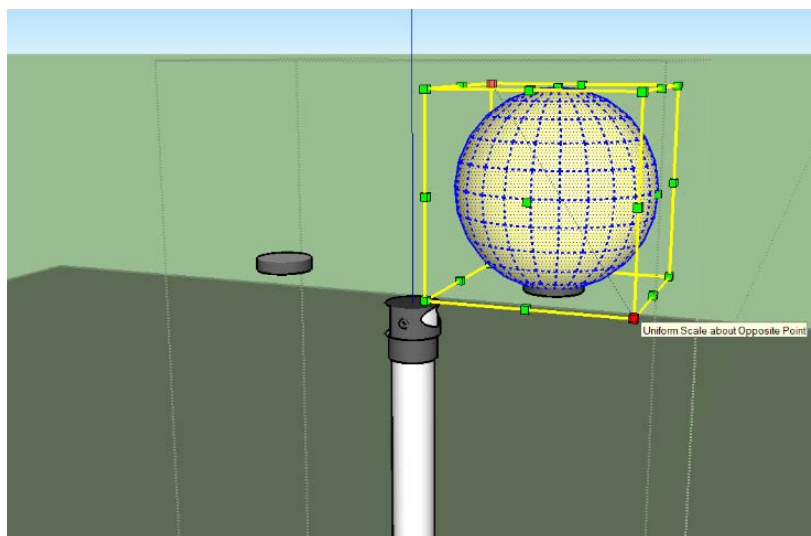
É importante lembrar que os modelos trazidos da 3D Warehouse podem ser modificados conforme a necessidade para que melhor se adaptem ao projeto que passarem a pertencer. Podemos notar através das imagens 21, 22, e 23 o modelo do poste de iluminação original proveniente do acervo digital, e a sua gradativa transformação para configurá-lo e torná-lo mais semelhante aos postes reais que compõem os arredores do LEPEC. Esta técnica foi aplicada em todos os componentes que foram importados para a construção da maquete eletrônica.

Figura 21 – Poste importado da 3D Warehouse



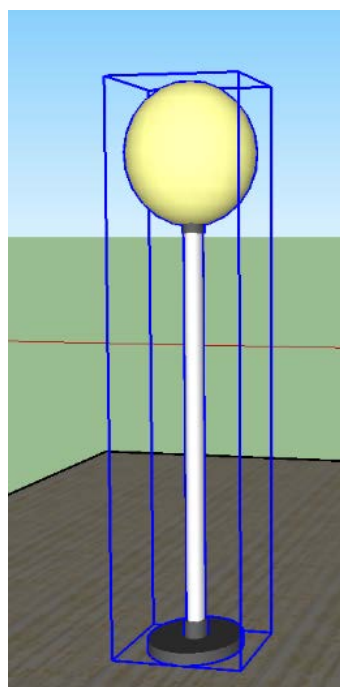
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 22 – Poste sendo modificado para melhor se adequar ao projeto real



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 23 – Poste modificado para melhor realismo na maquete digital



Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a inclusão dos elementos externos à maquete digital e de adição de alguns detalhes ao artefato virtual, foi elaborado um questionário para frequentadores do LEPEC, com a finalidade de levantar possíveis correções e observações sobre as particularidades que poderiam ser incorporadas no desenvolvimento da maquete digital.

3.3 Tabela Comparativa

Foi construída uma tabela comparativa, na qual, alunos e voluntários poderiam realizar uma avaliação qualitativa a partir da análise comparativa entre os registros fotográficos do LEPEC e as fotos da maquete eletrônica desenvolvida até o momento. Esta tabela foi impressa e apresentada para interessados em participar da pesquisa. É importante destacar que a tabela também foi enviada por e-mail quando necessário.

O objetivo desta etapa era entender o que exatamente a grande maioria das pessoas frequentadoras e conhecedoras do estabelecimento, sentiam a necessidade de ser corrigido e acrescentado ao projeto, com o intuito de aumentar do grau de fidelidade do mesmo.

Esta etapa foi realizada através da comparação de fotos do LEPEC, em relação a imagens da maquete eletrônica feita com SketchUp, posicionada de forma semelhante ao que a foto real foi tirada. Desta forma, foi elaborado uma tabela na qual os participantes respondiam se a semelhança entre a foto real e a imagem gerada por computador era satisfatória, ou não. Para que isso fosse mensurado de forma qualitativa, foram disponibilizadas respostas como: muito bom, bom, regular e ruim, como consta a figura 24.

Também foi estabelecido um local destinado a observações, onde os participantes eram estimulados a expor seu posicionamento em relação ao objeto digital, seja como crítica, ou como sugestões de detalhes que poderiam ser acrescentados ao projeto, ou possíveis correções de dimensionamento, acabamento, entre outros.

Figura 24 – Parte da Tabela Comparativa respondida via e-mail

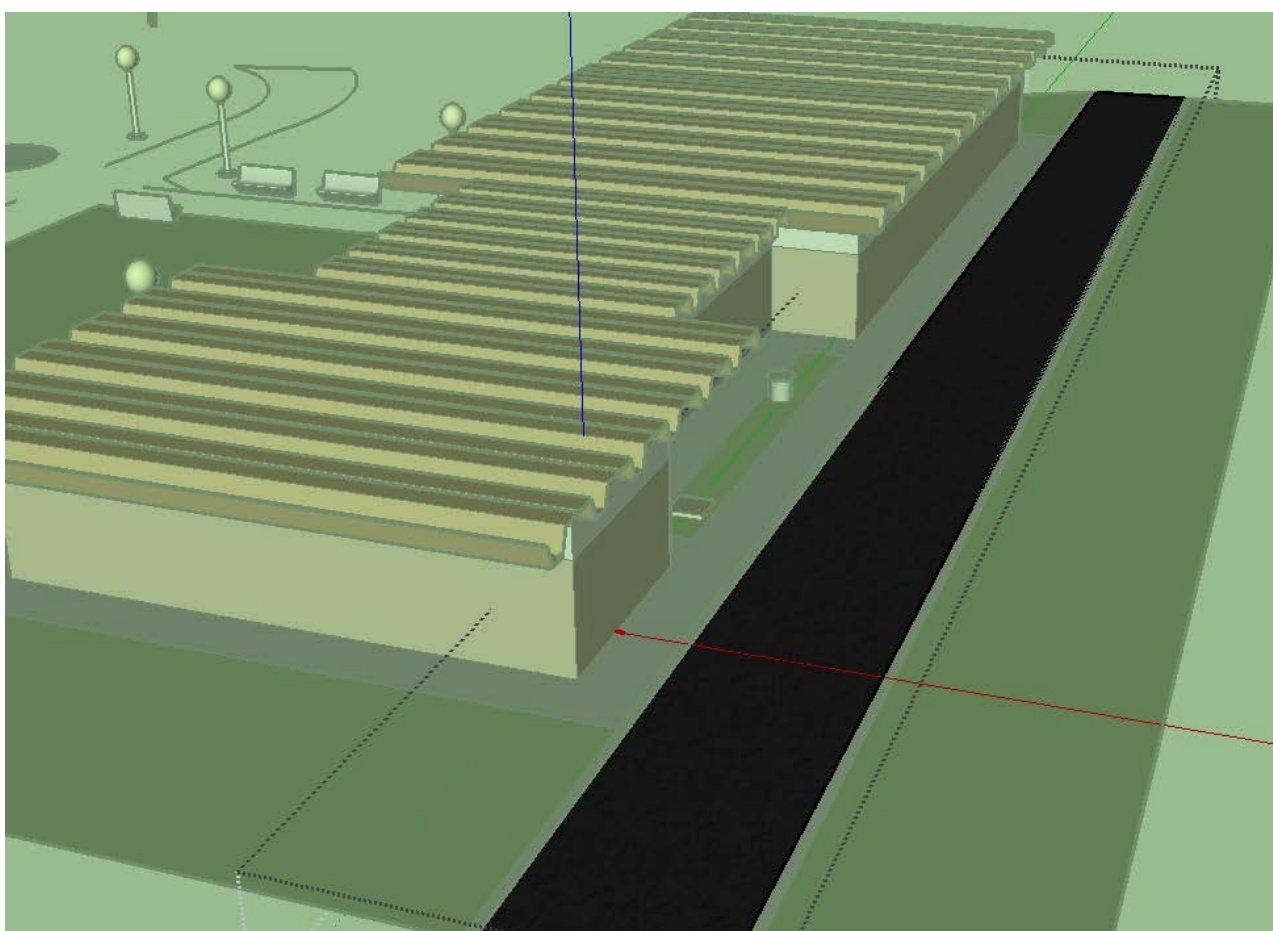
	
☐ Muito bom ☒ Bom ☐ Regular ☐ Ruim	
Observações: O desenho está muito bom! No entanto seria bom acrescentar mais detalhes no prédio (principalmente janelas haha). Também seria legal por mais vegetação nas proximidades da entrada. O resto está muito bacana!	

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir dos dados obtidos através dos resultados da tabela comparativa, e também das observações levantadas pelos participantes, foi possível dar ênfase nos detalhes e incorporar particularidades do edifício ao projeto, de forma a aumentar ainda mais o grau de realismo do mesmo.

A adição de componentes tais como vegetação diversificada na fachada frontal do edifício, melhor acabamento no perímetro, como por exemplo, as placas de madeira que sustentam as telhas, inclusão da rua pavimentada na parte posterior, adição de ar condicionado juntamente com luminárias de teto, fizeram o protótipo tornar-se muito mais realista e fiel à construção real, como é possível notar nas imagens [25](#), [26](#), [27](#) e [28](#).

Figura 25 – Construção da rua pavimentada na parte posterior do edifício

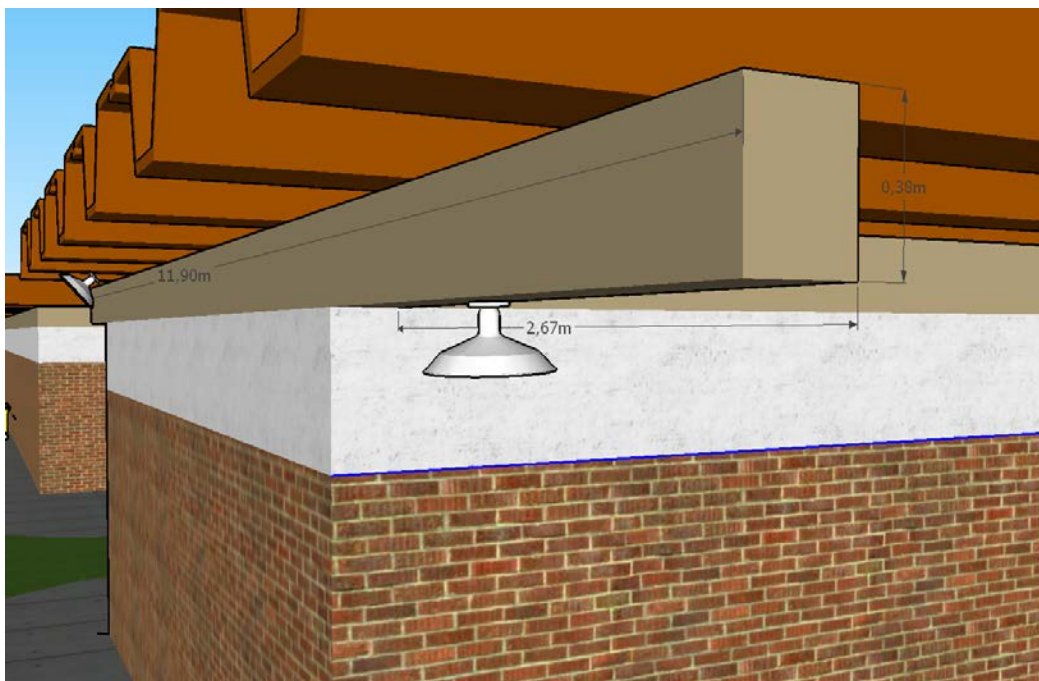


Fonte: Elaborada pelo autor.

É relevante evidenciar que também houve a construção de postes de energia, bem como uma pequena edificação que fica próxima do LEPEC. Além disso foi adicionado detalhes na parte lateral do edifício, como por exemplo o canteiro com plantas próximo a entrada principal, o lago que, apesar de ficar um pouco mais distante, ainda pertence aos arredores da construção, e alguns detalhes no solo da lateral que contém as placas de identificação do prédio.

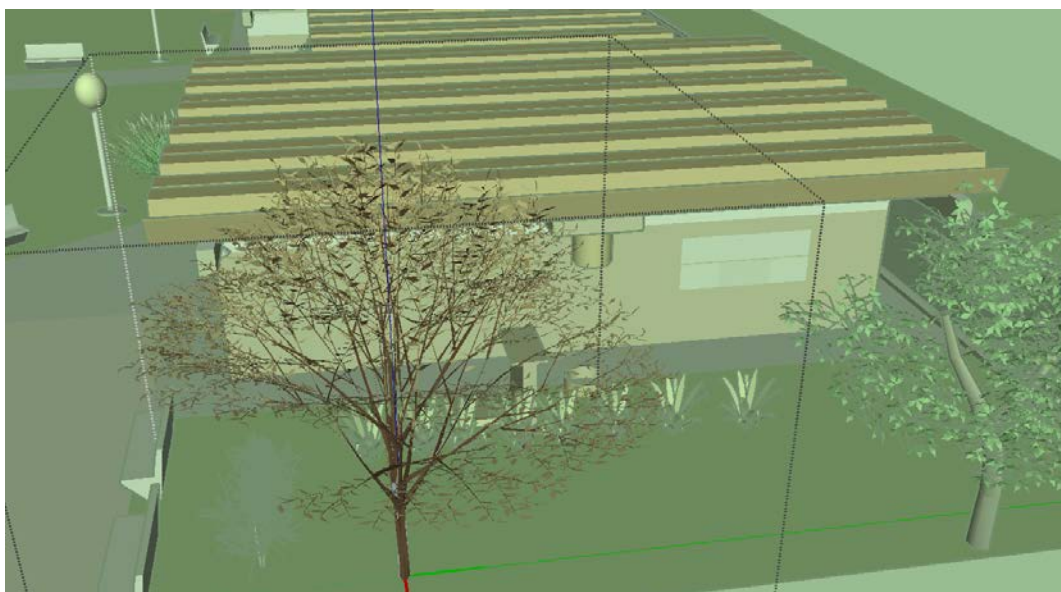
Uma vez que a construção atingiu um grau de precisão satisfatório, foi possível passar para a etapa onde as imagens produzidas até aqui, pudessem ter um aperfeiçoamento (render) com qualidade fotorrealística, como é possível observar na seção 3.4.

Figura 26 – Suporte da telha com luminária fixa



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 27 – Inclusão de vegetação diversificada



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 28 – Janelas posteriores



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.4 Renderização

Renderizar é o processo de combinar um material bruto digital, isto é, uma matéria-prima digital, seja ela uma imagem, áudio, ou vídeo, á recursos incorporados ao software renderizador, como legendas, efeitos auditivos, efeitos visuais como textura, cores, luz, entre outros. Este procedimento gera um único arquivo final que agrega os elementos do software utilizado, e os incorpora junto ao material bruto inicial, proporcionando assim uma melhoria significativa na experiência do usuário.

Dentro da esfera da Computação Gráfica, mais precisamente na elaboração de produtos digitais tridimensionais, a renderização se dá primordialmente na integração de efeitos visuais ao modelo virtual primitivo, ou seja, é tarefa do desenvolvedor adicionar detalhes como cores, filtros de luz, transparência, textura e consistência ao projeto original, para que ele se torne mais realista, e portanto, mais semelhante ao prédio real.

A discussão do realismo e da mágica no projeto de UIs em 3D também está diretamente relacionada à estética do ambiente 3D. O foco tradicional da computação gráfica 3D interativa, fortemente influenciada pelas indústrias de filme e simulação, era buscar a reprodução realista tentando reproduzir explicitamente a realidade física. Embora essa abordagem seja importante em aplicações específicas, como simulação e treinamento, o fotorrealismo pode não ser necessário nem eficaz em muitas outras aplicações 3D (BOWMAN et al., 2004).

No acabamento da maquete digital do LEPEC, foi adicionado filtros na iluminação bem como na textura do projeto para aumentar o grau de fidelidade do mesmo. É importante observar que quanto maior a semelhança do protótipo com o prédio real, melhor a qualidade do produto digital, e conseqüentemente, maior as chances dele ser aproveitado e utilizado na produção de uma aplicação futura que envolva a necessidade de um modelo tridimensional. Tais

elementos foram adicionados utilizando o renderizador Lumion 3D versão 8 (software renderizador de imagens fotorrealistas e muito utilizado para produção de vídeos) produzindo assim, nosso modelo fotorrealista da maquete eletrônica, como é possível observar nas imagens 29, 30 e 31.

Figura 29 – Imagem fotorrealista da face lateral do LEPEC



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 30 – Imagem renderizada do LEPEC e arredores



Fonte: Elaborada pelo autor.

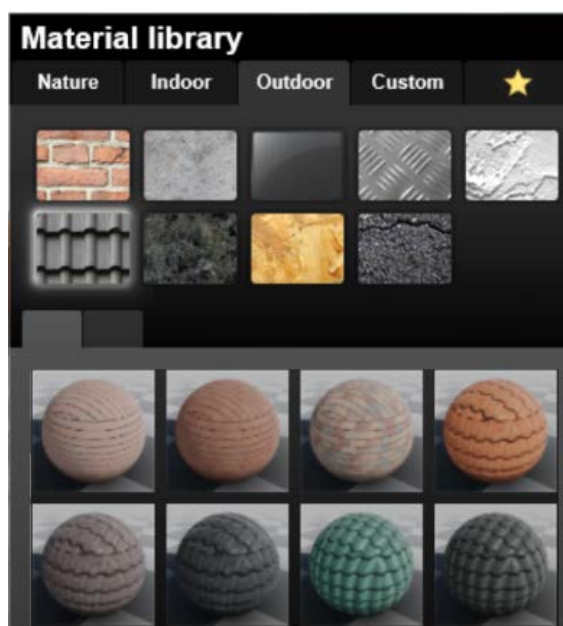
Figura 31 – Imagem renderizada da parte posterior do LEPEC



Fonte: Elaborada pelo autor.

O software Lumion 3D além de gerar imagens fotorrealistas, também consegue produzir vídeos em alta definição para dar maior dinamismo nas produções digitais tridimensionais. Uma ótima forma de utilizar o Lumion 3D é importar os protótipos construídos no Sketchup para uma semi-renderização com alto grau de integridade, e posteriormente, realizar manualmente os acertos, tais como modificar a texturização e iluminação, como visto nas figuras 32 e 33.

Figura 32 – Materiais para texturização - Lumion 3D



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 33 – Comparação da imagem antes e depois da renderização do vidro com Lumion 3D



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em vista disto, a utilização desta ferramenta tornou-se essencial pois permitiu a incorporação de morfologias complexas, e também a adição de texturas de natureza que, evidenciam e proporcionam maior profissionalismo ao trabalho. É facilmente perceptível a diferença que a renderização produzida fez, transformando o projeto digital mais modesto, em um artefato muito mais realista e apropriado quando comparado ao prédio real. Portanto a apresentação com maior acabamento fotorrealista, e, ao mesmo tempo a versão mais íntegra da maquete digital, pode ser conferida nas imagens [34](#), [35](#), [36](#), [37](#) e [38](#).

Figura 34 – Imagem da maquete eletrônica finalizada



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 35 – Identidade visual do LEPEC renderizada com Lumion 3D



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 36 – Sala de seminários



Fonte: Elaborada pelo autor.

A adesão dos filtros do renderizador faz com que a imagem consiga passar uma proposta mais fiel devido a capacidade de simulação da textura e da consistência de materiais reais, como por exemplo a madeira, o plástico, vidro, metal entre outros.

Figura 37 – Imagem fotorrealista da face frontal do LEPEC



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 38 – Imagem da maquete eletrônica completa



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.5 Publicação

O produto virtual que foi construído ao longo do desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso serve como material de auxílio na elaboração de outros produtos digitais semelhantes, tanto na sua concepção, como na sua execução, servindo como objeto motivador, inspirador e direcionador para novos projetistas que pretendem começar a produzir seus protótipos virtuais.

Por conta disto, a maquete digital desenvolvida ao longo deste projeto, está disponível para ser baixada de forma gratuita através do domínio <https://gofile.io/?c=oN41FK>

Além disso, é importante reforçar que o artefato desenvolvido neste trabalho, também serve como instrumento norteador no desenvolvimento futuro de aplicações relacionadas a esta área, tais como: maior agilidade no planejamento de reformas nas edificações, aplicações que envolvam geolocalização, demonstração e exibição da região para novos alunos, entre outros.

4 Conclusão

Ao longo desse trabalho foi evidenciado a significância da Computação Gráfica dentro dos seus diferentes possíveis pontos de atuação, e também o porquê de sua extrema relevância comercial, desde sua criação, evolução, bem como em suas aplicações mais modernas.

Uma vez apresentado os interesses econômicos, principalmente das indústrias de entretenimento, quanto ao melhor aproveitamento da utilização da Computação Gráfica, torna-se natural e perfeitamente justificável o progresso em que essa esfera é submetida, visto que as circunstâncias da competitividade em ambiente empreendedor, colaboram intensamente com o crescimento cada vez mais rápido e desenfreado, inovando e satisfazendo cada vez mais os consumidores das múltiplas áreas em que a Computação Gráfica atua.

Desta forma, não é exagero dizer que a Computação Gráfica continuará e evoluirá ainda mais nas próximas décadas, posto que consegue desenvolver e colaborar com trabalhos das diferentes áreas do conhecimento, seja na área médica, na indústria cinematográfica, avanços tecnológicos, na indústria aeroespacial, automobilística entre outros.

O modelo digital tridimensional desenvolvido neste trabalho está acessível para ser utilizado por qualquer pessoa como material para possível elaboração futura de uma aplicação que lhe for plausível. É importante ressaltar que existem infinitas possibilidades de utilização para artefatos virtuais. Na ocasião do modelo desenvolvido neste projeto, por se tratar de uma estrutura de edificação, pode ser utilizado para implementação de sistemas de geolocalização dentro da própria sede da UNESP usufruindo do auxílio da maquete digital para seu desenvolvimento, também é viável a utilização do modelo para maior agilidade no planejamento de reformas entre as construções dentro do Câmpus, ou ainda como vitrine para atrair mais alunos para a universidade.

É possível concluir que este trabalho viabilizou e disponibilizou um projeto virtual de um edifício público, com riqueza e consistência suficientemente satisfatória para ser utilizado em momentos de planejamento de estruturação e organização no Câmpus, inclusive por profissionais.

Além disso, o projeto serve como objeto motivador e incentiva o estudo e a prática da Computação Gráfica, disseminando um fragmento de atuação desta área, chamada modelagem tridimensional.

O material desenvolvido também serve como apoio para trabalhos futuros, como no desenvolvimento de maquetes digitais das demais construções pertencentes ao Câmpus. Isto viabilizaria a projeção completa tridimensional da universidade, objetivando maior clareza e planejamento nas futuras alterações estruturais provenientes à ela.

Referências

ARRUDA, F. *A história da interface gráfica*. 2011. Acesso em: 16 ago. 2018. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/historia/9528-a-historia-da-interface-grafica.htm>>.

AZEVEDO, E.; CONCI, A. In: *Computação Gráfica: Geração de Imagens*. [S.l.]: Elsevier., 2003.

BOWMAN, D. A.; KRUIJFF, E.; LAVIOLA JR, J. J.; POUPYREV, I. *3D User Interfaces: Theory and Practice*. [S.l.]: Pearson Education Inc., 2004.

CASTAÑEDA FILHO, R. M. Fatores determinantes na implantação de um sistema de informações geográficas. In: *XIV Congresso Brasileiro de Cartografia*. [S.l.]: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1989. p. 625–635.

DILLET, R. *Apple releases a fix for LTE connectivity issues with new Apple Watch*. 2017. Acesso em: 21 ago. 2018. Disponível em: <<https://techcrunch.com/2017/10/05/apple-releases-a-fix-for-lte-connectivity-issues-with-new-apple-watch/>>.

HEARN, D. D.; BAKER, M. P. *Computer Graphics With OpenGL*. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2004.

HILL JR., F. S. In: *Computer Graphics*. [S.l.]: Macmillan Publishers., 1990.

LINARES, G. *O que é CGI e computação gráfica?* 2012. Acesso em: 11 ago. 2018. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/software/O-que-e-CGI-e-computacao-grafica/>>.

MARQUES, E. de M. R.; SOUZA, A. R. de; SILVA, E. L. da. *Números e funções complexas: representação e interpretação gráfica*. [S.l.]: Cultura Acadêmica, 2008.

MCCULLOUGH, M. *Abstracting Craft: The Practiced Digital Hand*. [S.l.]: Cambridge: The MIT Press, 1996. 188 p.

SILVEIRA, A. L. M. da. *História da computação gráfica*. 2001. Acesso em: 30 set. 2018. Disponível em: <<http://www.um.pro.br/index.php?c=/computacao/historia>>.

SIQUEIRA, F. D. *Prof Fernando De Siqueira - Computação Gráfica*. 2017. Acesso em: 27 ago. 2018. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/profferdesiqueiracompgrafica/>>.