

## CRIAÇÃO DE UMA MAQUETE VIRTUAL 3D DE EDIFÍCIOS DO CAMPUS HIGIENÓPOLIS DA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Ludmily da Silva Pereira (IC) e Sergio Vicente Denser Pamboukian (Orientador)

**Apoio: PIBIC Mackenzie**

### RESUMO

Este artigo ilustra como a modelagem 3D pode ser utilizada para apresentação de projetos de Engenharia e Arquitetura de maneira prática e realística. São estudadas as projeções e transformações da modelagem geométrica tridimensional, ilustrando como é feita a visualização bidimensional de um modelo 3D. São vistos também conceitos de renderização e técnicas disponíveis no software SketchUp, além de modelagem do terreno a partir de curvas de nível. Neste estudo são analisadas técnicas de renderização, com objetivo de definir qual técnica proporciona melhor qualidade visual para aplicação em modelagens tridimensionais internas e externas de edifícios criados no SketchUp. Também é realizada a modelagem 3D do terreno do *campus*

Higienópolis da Universidade Presbiteriana Mackenzie a partir de curvas de nível. Os estudos de caso realizados comprovam o excelente resultado da aplicação de técnicas de renderização nos Edifícios João Calvino e Alfred Cownley Slater, sendo a utilização dos recursos do SketchUp juntamente com a renderização no *plugin* V-Ray a técnica que apresentou melhores resultados. Portanto, através do *software* SketchUp é possível a criação de modelagens 3D de alta qualidade, com a utilização de técnicas de renderização, e a elaboração de modelos do terreno que auxiliam na percepção do local.

**Palavras-chave:** Construções realísticas. Modelagem 3D. Técnicas de Renderização.

### ABSTRACT

This article illustrates how 3D modeling can be used to present Engineering and Architecture projects in a practical and realistic way. The projections and transformations of the three-dimensional geometric modeling are studied, illustrating how the two-dimensional visualization of a 3D model is made. The rendering concept and techniques that are available in SketchUp are also seen, as well as terrain modeling from contour lines. In this study, rendering techniques are analyzed in order to define which technique provides better visual quality for application in internal and external three-dimensional modeling of buildings created in SketchUp. 3D modeling of the campus Higienópolis of University Presbyterian Mackenzie is also performed from contour lines. The case studies show the excellent results of the application of rendering techniques in João Calvino and Alfred Cownley Slater buildings, and

the use of SketchUp features along with rendering in the V-Ray plugin the technique is the one that presented the best results. Therefore, through SketchUp software, it is possible to create high quality 3D models with the use of rendering techniques and the elaboration of terrain models that help in the perception of the place.

**Keywords:** Realistic Construction. 3D Modeling. Rendering Techniques.

## 1. INTRODUÇÃO

A criação e o planejamento de projetos no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) passaram por grandes alterações devido ao aparecimento de *softwares* do tipo *Computer Aided Design* (CAD), que contribuíram para a melhoria da qualidade gráfica e precisão dos projetos, além da facilidade na modificação dos mesmos. O desenvolvimento da tecnologia influenciou a maneira de projetar e apresentar os projetos. Atualmente existem vários *softwares* específicos para as diversas atividades do setor, como alguns que desenvolvem a modelagem 3D e o projeto simultaneamente (modelagem parametrizada).

Esses programas agilizam o processo de criação dos objetos, agregando economia e segurança aos projetos, permitindo o reaproveitamento de desenhos e tornando mais ágil tanto a confecção de um modelo como uma alteração do projeto.

Dentre as atividades executadas no setor, a modelagem 3D tem grande destaque. A modelagem 3D é o processo pelo qual representa-se matematicamente qualquer superfície tridimensional de um objeto (MELCHIORI; MESQUITA, 2015). Permite visualizar a construção de uma forma realista e com interpretação mais clara, se comparada a projetos em duas dimensões. Permite o acompanhamento do projeto auxiliando desde a sua concepção até a visualização espacial do projeto finalizado, passando por análise da implantação, do terreno ou do entorno, análises que contribuem com as definições do projeto, ajustes no projeto de forma fácil e rápida, etc. A modelagem 3D também pode ser utilizada como ferramenta de *marketing* para apresentação do projeto, por meio de tratamento fotorrealístico (renderização fotográfica ou *photographic rendering*).

A renderização é feita após a criação do modelo básico em 3D. Nesta atividade são aplicadas ao modelo texturas, cores, imagens e materiais, além de efeitos de iluminação melhorando a qualidade do projeto enquanto representação gráfica e proporcionando o máximo de detalhes quanto ao objeto arquitetônico.

Niemeyer (1993), em sua metodologia de trabalho, imaginava-se caminhando pela edificação enquanto desenhava, como se estivesse construída. Isto é possível com a modelagem tridimensional, que contribui significativamente no desenvolvimento dos projetos, nas análises que podem ser aplicadas e na apresentação final do objeto de uma forma mais realista.

Portanto, a modelagem tridimensional mostra-se um recurso relevante para a AEC, pois sua correta utilização torna o projeto mais eficiente, agregando qualidade e rapidez, influenciando diretamente em seu custo-benefício.

## 1.1 Objetivos

O objetivo deste projeto de iniciação científica é analisar as técnicas utilizadas para criação de construções realísticas em 3D no *software* SketchUp, aplicando-as em edifícios do campus Higienópolis da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

Os objetivos específicos são:

- analisar as técnicas utilizadas para criação de construções realísticas em 3D no SketchUp e definir qual técnica obtém resultados de melhor qualidade visual;
- criar o modelo tridimensional do terreno do campus Higienópolis;
- criar um modelo 3D externo do Edifício João Calvino;
- criar um modelo 3D interno do Edifício Alfred Cownley Slater.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Modelagem Geométrica Tridimensional

A modelagem tridimensional de um objeto baseia-se na produção de uma representação matemática de sua superfície em um ambiente virtual. Esta modelagem é desenvolvida em *softwares* especializados ou programas computacionais gráficos 3D, que reproduzem digitalmente formas em três dimensões.

#### 2.1.1 Geometria Espacial

As formas geométricas podem ser classificadas, de acordo com a quantidade de dimensões que possuem, em unidimensionais, bidimensionais ou tridimensionais. Formas tridimensionais são localizadas no espaço e representadas pela projeção espacial em três dimensões (altura, comprimento e largura). A posição de cada ponto no espaço é determinada usualmente por meio do sistema de coordenadas cartesianas, que utiliza as coordenadas x, y e z.

Para que seja possível visualizar um objeto em 3D em uma superfície bidimensional (2D), como a tela do computador ou o papel, é necessário utilizar uma projeção geométrica. Na projeção geométrica são definidos parâmetros e transformações de visualização que permitem criar vistas dos objetos 3D, a partir de qualquer ângulo ou posição no espaço (VIEIRA, 2017).

#### 2.1.2 Projeções Planares

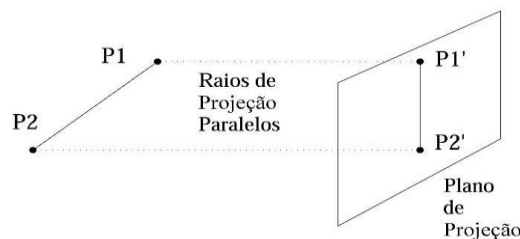
Projeção é a representação de um sistema de coordenadas de dimensão 'n' em um sistema menor ou igual a 'n-1'. Processo em que incidem raios sobre um objeto em um plano

chamado plano de projeção, sendo a projeção a representação gráfica do objeto no plano de projeção (UNIVERSIDADE VALE DO RIO DOCE, 2017).

Na computação gráfica, a projeção utilizada usualmente para a representação de um objeto tridimensional em um ambiente bidimensional é a projeção geométrica planar. Suas determinantes são o plano onde é feita a projeção, o centro da projeção, assim como a direção dos raios de projeção, que são lineares. Existem dois tipos de projeções planares: as projeções paralelas e as projeções em perspectiva.

Nas projeções paralelas as coordenadas são transformadas para o plano de projeção a partir de raios paralelos, pois o centro da projeção não é um ponto definido, sendo localizado no infinito, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Projeção Paralela

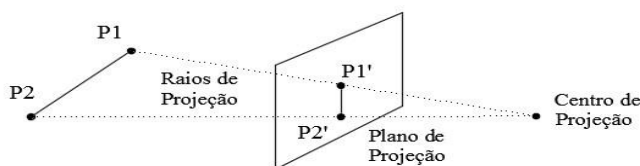


Fonte: Adaptado de Watt (1999)

Esta projeção não deforma as características do objeto e não o representa de forma realista. Pode ser ortogonal ou oblíqua, de acordo com a direção dos raios de projeção e a normal do plano de projeção.

Ao contrário das paralelas, nas projeções em perspectiva os raios de projeção se encontram em um ponto definido, possuindo portanto distância finita entre o plano de projeção e o centro de projeção, conforme Figura 2.

Figura 2 – Projeção Perspectiva



Fonte: Adaptado de Watt (1999)

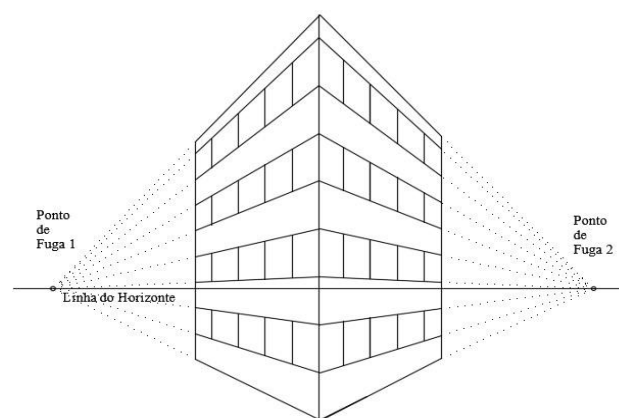
Nota-se que, nas projeções em perspectiva, as arestas horizontais giram e diminuem de tamanho, atribuindo aparência de profundidade. Esta projeção é a mais próxima da visão humana, de acordo com Battaiola e Erthal (2015). Isto ocorre devido à variação inversa das dimensões do objeto com relação ao centro de projeção. Portanto, o efeito de uma projeção perspectiva é mais realístico, sendo utilizado para criar aparência tridimensional. Para isso deforma o objeto, o que não a torna útil para reproduzir precisamente as dimensões, pois não

está em sua verdadeira grandeza. Devido a distorção no objeto resultante da projeção, qualquer conjunto de linhas não paralelas ao plano de projeção confluem para o ponto denominado como ponto de fuga. Essa projeção é classificada conforme a quantidade de pontos de fuga em um, dois ou três.

### 2.1.3 Projeção em perspectiva com dois pontos de fuga

A projeção em perspectiva com dois pontos de fuga, analisada pela primeira vez nas definições de Brook Taylor em seu livro *Linear Perspective* (1715), apresenta dois pontos situados na linha do horizonte, para onde as linhas paralelas convergem como ilustrado na Figura 3, devido ao centro de projeção na perspectiva posicionar-se em um ponto finito. Nessa projeção uma das arestas fica voltada para o observador.

Figura 3 – Objeto representado na perspectiva com 2 pontos de fuga



Fonte: autoria própria

### 2.1.4 Matrizes de Transformação

As projeções geométricas são geradas com o auxílio de matrizes de transformação que permitem obter a projeção de um objeto, através da aplicação das matrizes em um conjunto de pontos do objeto tridimensional.

Em projeções paralelas ortogonais, representa-se a vista superior (planta), a vista lateral e a vista frontal. Portanto, a projeção pode ser obtida pela anulação de um eixo (coordenada  $z$ ) e a rotação ortogonal referente a projeção desejada no plano ( $xy$ ).

Segundo Battaiola e Erthal (2015), as definições são as seguintes:

- na vista lateral ocorre rotação de  $-90^\circ$  no eixo  $x$ ;
- na vista frontal ocorre rotação de  $90^\circ$  no eixo  $y$ ; □ na planta não ocorre rotação.

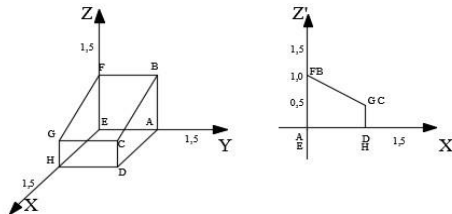
Portanto baseando-se na equação de rotação em torno do eixo  $x$  (Equação 1), adotando  $\theta = -90^\circ$ , tem-se a matriz de projeção para a vista lateral (Equação 2). O resultado desta projeção pode ser observado na Figura 4.

Analogamente são feitas as rotações em torno dos eixos y e z.

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta) & -\text{sen}(\theta) & 0 \\ 0 & \text{sen}(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$(2) \quad MT_{VL} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Figura 4 – Projeção paralelas ortográficas - Vista Lateral



Fonte: Adaptado de Battaiola e Erthal (2015)

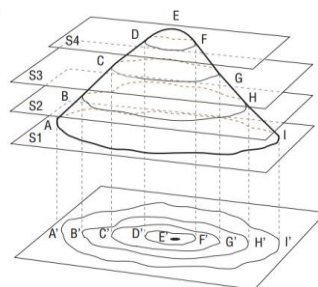
### 2.3 Curvas de nível e modelagem do terreno

As curvas de nível são a projeção no plano x,y da intersecção de planos horizontais com o gráfico de uma função f(x,y) qualquer. São a forma mais tradicional de representação do relevo, utilizadas para indicar todos os pontos de igual altitude de uma certa região. São uma importante ferramenta de representação gráfica na topografia para elaboração de projetos de engenharia.

Segundo Borges (2013), as curvas de nível abrangem uma área e permitem uma análise geral, onde é possível imaginar a sinuosidade do terreno (Figura 5).

A representação planimétrica possui distâncias e ângulos exatos. A projeção é feita ortogonalmente sobre o plano de referência, sem preocupação com o relevo. Na altimetria obtêm-se o perfil ou vista em elevação, que representa apenas uma seção, enquanto a partir de uma planta de curva de nível é fácil visualizar elevações, depressões entre outros aspectos importantes que não são visualizados nestas representações.

Figura 5 – Conceito de curvas de nível



Fonte: Cordini (2004)

Segundo Rosso (2010), devido à falta de grandes lotes para implantação de edifícios, a área culmina na junção de pequenas propriedades, terrenos, na maioria das vezes, irregulares. A modelagem do terreno, obtida por meio das curvas de nível, representa o comportamento deste terreno, portanto sua topologia, facilitando a análise e a percepção de características importantes para tomadas de decisão em projetos de engenharia e arquitetura. Outra vantagem da modelagem de terreno com sólidos é a facilidade de modelar e calcular o volume de movimentação de terra devido a implantação (MITILENE & CORDEIRO LTDA, 2002).

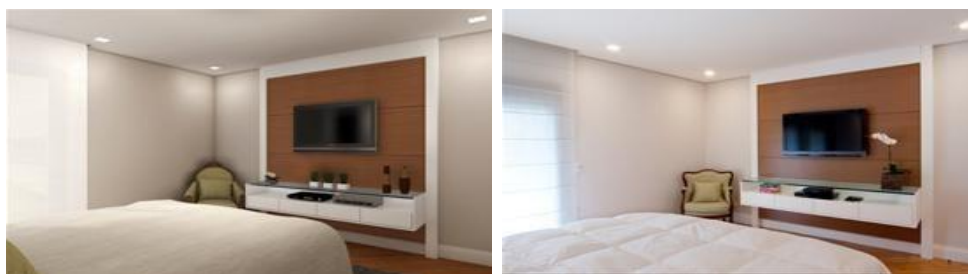
#### 2.4 Técnicas de renderização

A renderização é o processo automático de geração do produto final de modelos 2D ou 3D, que pode ser uma imagem fotorrealista ou não fotorrealista. As renderizações não fotorrealistas (NPR - *Non-Photorealistic Rendering*), são inspiradas em estilos artísticos como pintura, desenho, ilustração técnica entre outros, enquanto as renderizações fotorrealistas são ilustrações digitais que se parecem com uma fotografia real. Na figura 6 observa-se a imagem fotorrealista do ambiente projetado (à esquerda) e a imagem obtida após a construção (à direita).

Para obter esta semelhança são analisados aspectos ópticos do ambiente em que estão os objetos e os observadores. Para Silveira Neto (2007), a renderização inclui desde a disposição dos elementos, transformação perspectiva, iluminação, até a apresentação final da imagem.

Como o SketchUp é um modelador tridimensional gerador de renderizações NPR (OLIVEIRA, 2015), para retratar a implantação de maneira realista, o mesmo utiliza técnicas a partir de fotografias e *plugins* que realizam renderizações fotorrealistas. Estas técnicas de renderização serão descritas a seguir.

Figura 6 – Ambiente projetado e construído



Fonte: Bastos e Mortara (2011)



### 2.4.1 Match Photo

A técnica *Match Photo* é utilizada como técnica de texturização para transformar um modelo básico em realista. Além disso permite a utilização de imagens como referência na modelagem iniciando-se um modelo a partir de uma foto.

Para obter um resultado satisfatório do método, além da qualidade da imagem, é necessária sua compatibilidade com a técnica *Match Photo* que utiliza a perspectiva de dois pontos de fuga. Da mesma forma que a perspectiva, a técnica também possui dois pontos de fuga (verde e vermelho), uma linha horizontal (amarela), e duas linhas correspondentes aos eixos x e y (verde e vermelho). O ajuste destas linhas é feito através das linhas tracejadas, quando são alinhadas aos elementos da imagem (Figura 7).

Figura 7 – Utilização do recurso Match Photo



Fonte: Trimble Navigation (2016)

### 2.4.2 Recursos próprios do SketchUp

O SketchUp possui recursos próprios para chegar a um produto final de qualidade, entre eles tem-se a biblioteca de materiais e a plataforma 3D Warehouse (Armazém 3D). A biblioteca de materiais possui mais de 400 itens entre cores e texturas, que podem também ser adicionadas pelo usuário, enquanto o Armazém 3D é o maior repositório de modelos 3D do mundo, que permite acesso a vários modelos compartilhados pelos usuários como portas e elevadores, entre outros. Além dessas ferramentas pode-se adicionar referências de textura do Google StreetView e utilizar fotos reais.

### 2.4.3 PhotoSketch

O *PhotoSketch* é um *plugin* de modelagem 3D urbano para o SketchUp. Permite ao usuário, construir estruturas 3D diretamente de fotografias, produzindo modelos fotorrealísticos e leves de edifícios em 3D. Segundo o Brainstorm Technology LLC (2016), desenvolvedor do *plugin*, os modelos consistem em centenas de polígonos fototexturizados.

As fotos, que servem como direção e textura, são projetadas sobre o modelo básico enquanto o mesmo é extrudado no SketchUp.

#### 2.4.4 Renderizador V-Ray

O V-RAY, *plugin* desenvolvido pela Chaos Group, é dedicado a *softwares* de modelagem como o 3D Studio Max e SketchUp, que executa renderizações fotorrealistas a partir de modelagens 3D, criando imagens com qualidade fotográfica. Na Figura 8 observa-se uma imagem NPR no ambiente SketchUp (parte superior) e a imagem gerada pela renderização do V-Ray (parte inferior).

O V-Ray permite renderizar desde modelos rápidos até cenas 3D mais detalhadas, o que proporciona qualidade ao usuário independente do *software* utilizado na modelagem. A alta qualidade obtida nos produtos do V-Ray é devido a conjuntos completos de ferramentas para iluminação, sombreamento e renderização, como iluminação do ambiente com resultados de alto-alcance dinâmico (*High Dinamic Range* - HDR), iluminação natural e artificial a partir de diversos tipos de luzes embutidas, simulação da luz do dia, além de controles de exposição, texturas processuais incorporadas, render interativo, adição de profundidade atmosférica realista, neblina, entre outros. O que o torna ainda mais atrativo é sua utilização diretamente no SketchUp com predefinições rápidas e controles simplificados, além de sua rápida renderização.

Figura 8 – Renderização gerada a partir de modelo do 3D WareHouse no plugin V-Ray



Fonte: Próprio autor

## 2.5 SketchUp

O SketchUp foi inicialmente desenvolvido pela At Last Software, uma empresa estadunidense, adquirida pela Google em 2006. Em 2012, o *software* passou a ser desenvolvido pela Trimble Navigation.

O *software* é utilizado para a criação de elementos e cenários em 3D. De fácil aprendizado e utilização, a partir do SketchUp é possível criar uma infinidade de modelos em 3D com desenhos geométricos simples e a inserção da terceira dimensão com a ferramenta “puxar”. Considerado o modo mais fácil de modelagem tridimensional, é utilizado de uma maneira prática que os outros softwares 3D não proporcionam.

O SketchUp possui uma interface fácil e divertida, onde criam-se modelagens básicas e são aplicadas texturas, luzes e componentes. Possui recursos profissionais para geração de desenhos em 2D, apresentações e documentação de projeto e também possui o armazém de extensões (*Extension Warehouse*), onde encontram-se extensões com diversas funções como o “bim.bon”, que calcula o orçamento do projeto, por meio de uma planilha, de maneira rápida enquanto o modelo é criado.

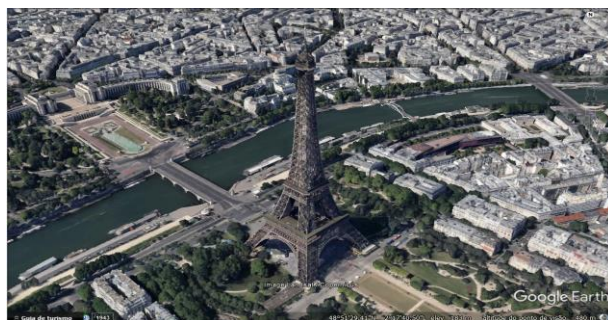
Entre as extensões, o Google Earth é a mais conhecida. Incorporada na sétima versão do SketchUp, permite iniciar o modelo a partir de uma posição geográfica, sendo possível visualizar o modelo diretamente em seu meio ambiente. Os modelos podem ser salvos no formato *Keyhole Markup Language* (KML) ou KMZ (KML zipado) e depois abertos no Google Earth que os exibirá em sua posição geográfica correta.

## 2.6 Google Earth

O Google Earth é um atlas interativo em 3D, que proporciona a visualização dos diversos locais do mundo, recentemente também pelo navegador. Além de integrar o recurso Street View, calcular distâncias e áreas, apresentar o perfil de elevação de um certo caminho, em sua versão profissional possui a capacidade de importação de dados de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Suas camadas proporcionam informações como rios, estradas, limites, terreno, fotos, etc., assim como construções em 3D (casas, prédios, antenas, árvores, etc.). Visualizar um modelo 3D no Google Earth é como inseri-lo em seu ambiente, analisar como se comporta em seu entorno. Os modelos desenvolvidos no SketchUp foram uns dos primeiros edifícios em 3D a compor a camada de construções de seu banco de dados, porém, recentemente, o Google Earth passou a utilizar uma malha auto-gerada 3D (Figura 9).

Figura 9 – Torre Eiffel, Paris, vista no Google Earth em malha auto-gerada



Fonte: autoria própria

Segundo McClendon (2012), diretor de engenharia do Google, um passo importante na melhoria de áreas como precisão e usabilidade dos mapas é a capacidade de modelar o mundo em 3D. Desde 2006, haviam construções em 3D no Google Earth, no entanto em 2012 foi anunciado que iniciariam a adição de modelos 3D em áreas metropolitanas inteiras o que seria possível a partir de imagens aéreas de 45 graus e a combinação de nossas novas técnicas de renderização de imagens e visão computacional que permitem gerar automaticamente paisagens completas em 3D, com prédios, terrenos e paisagismo.

### 3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, além das ferramentas e serviços Google, foram utilizados:

- Software AutoCAD 2014, que é um software do tipo CAD — *Computer Aided Design* ou desenho auxiliado por computador proprietário e está disponível no Laboratório de Geotecnologias da Universidade Presbiteriana Mackenzie;
- *Shapefiles* do Modelo Digital da Cidade (MDC) disponibilizados gratuitamente pela Prefeitura de São Paulo (2015);
- Trena eletrônica cedida pelo Gabinete de Topografia da Universidade Presbiteriana Mackenzie e utilizada para obtenção das medidas internas do Edifício Alfred Cowley Slater;
- Renderizador V-Ray.

#### 3.1 Modelagem do terreno a partir das curvas de nível

Este estudo demonstra a aplicabilidade da modelagem 3D do terreno a partir de curvas de nível. Para sua elaboração utilizou-se dados do Mapa Digital da Cidade (Figura 10).

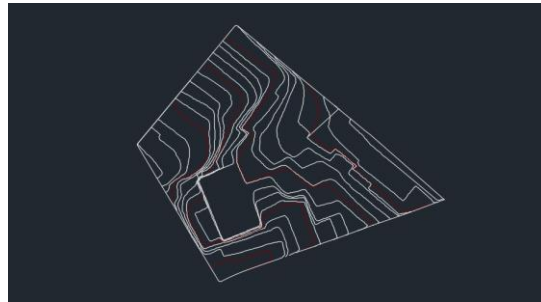
Figura 10 – Ambiente *online* do Mapa Digital da Cidade



Fonte: autoria própria

Após baixar um arquivo do MDC, é necessário editá-lo no AutoCAD para excluir informações desnecessárias, como arruamento e cotas, deixando apenas as curvas de nível (Figura 11).

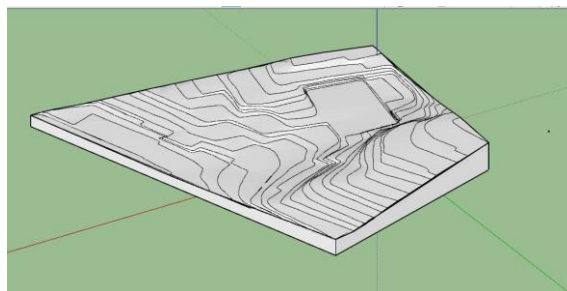
Figura 11 Edição dos mapas do MDC no AutoCAD



Fonte: autoria própria

Em seguida, o arquivo deve ser importado para o SketchUp, onde utiliza-se a ferramenta *Sandbox, from contours* para transformar as curvas de nível em uma peça homogênea (Figura 12).

Figura 12 – Criação do perfil do terreno com a ferramenta Sandbox



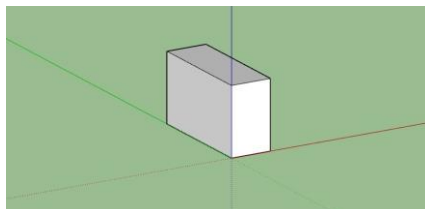
Fonte: autoria própria

### 3.2 Técnicas de texturização

Neste estudo foram utilizadas a técnica *Match Photo* e os recursos do SketchUp como os materiais e modelos do armazém 3D, para determinar qual obtém melhor resultado após o processamento final. Como objeto do estudo foi utilizado o Edifício João Calvino.

Com as ferramentas *Shape* e *Pull* criou-se o modelo básico correspondente aos pavimentos superiores (Figura 13). Como referência utilizou-se as dimensões obtidas no Google Earth Pro, que também podem adquiridas com a ferramenta *Dimension* ao adicionar a geolocalização no SketchUp.

Figura 13 Modelo Básico



Fonte: autoria própria

Para o acabamento da fachada utilizou-se a opção *Match New Photo* e selecionou-se a câmera *Two-Point Perspective*. Com *Match New Photo* ativado, posicionou-se a origem dos eixos e ajustou-se as barras tracejadas (verde e vermelha) à imagem, como ilustra a Figura 14.

Figura 14 – Ajustes das barras e Localização dos pontos de fuga



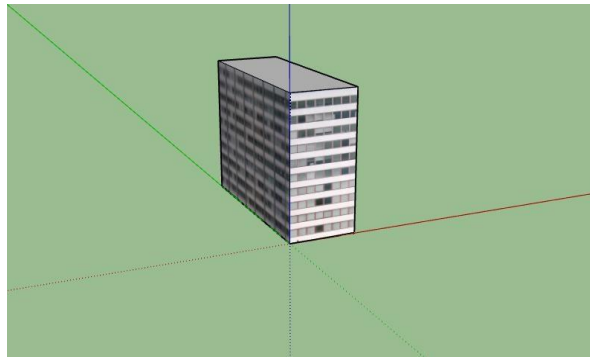
Fonte: autoria própria

Para ajustar a escala do modelo básico em relação à foto utiliza-se eixo z (azul) ou a opção *Spacing*. Após a adaptação correta do modelo à foto seleciona-se *Project textures from photo* e a foto é projetada conforme a Figura 15.

Com o uso desta ferramenta, a modelagem estará texturizada na perspectiva de dois pontos de fuga. Para obter o resultado em todas as fachadas é necessária uma foto das outras duas faces e a repetição do processo.

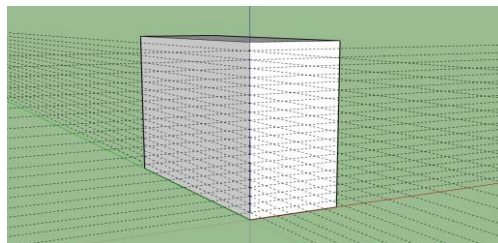
Outra forma de fazer a texturização é utilizar materiais e modelos disponíveis no SketchUp. Neste estudo, iniciou-se o processo com a delimitação das esquadrias com a ferramenta *Tape Measure*, que insere guias que auxiliam na inserção dos elementos (Figura 16).

Figura 15 Texturização com a técnica Match Photo



Fonte: autoria própria

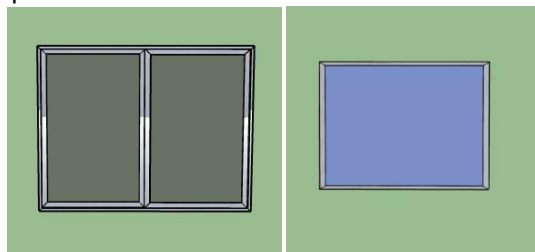
Figura 16 – Modelo básico



Fonte: autoria própria

Como a fachada do Edifício João Calvino é composta por janelas de vidro e acabamento em pintura, utilizou-se o 3D WareHouse para obtenção do modelo, que foi editado com as ferramentas *Materials* e *Scale*. Na Figura 17 é possível visualizar o modelo original à esquerda e o editado à direita.

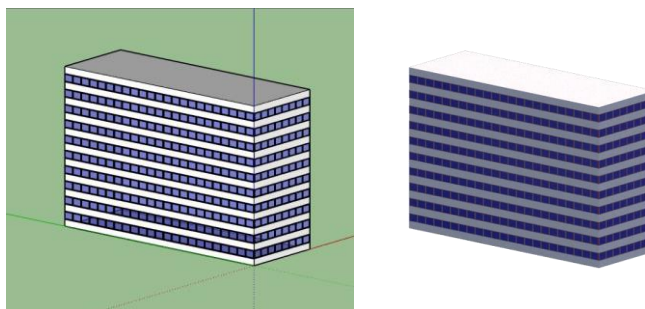
Figura 17 – Edição do componente



Fonte: autoria própria

Com o auxílio das guias, as janelas foram inseridas e utilizou-se o recurso *Materials* para adicionar o acabamento. Após isso, para obter uma renderização fotorrealista utilizou-se o plugin V-Ray. A Figura 18 mostra a Renderização NPR à esquerda e o modelo Fotorrealista à direita.

Figura 18 – Renderização NPR e Fotorrealista



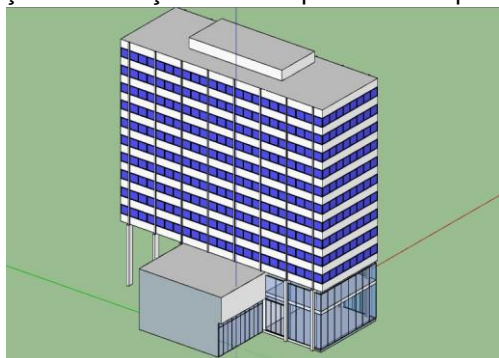
Fonte: autoria própria

### 3.3 Modelagem 3D Externa - Edifício João Calvino

Neste estudo analisou-se a modelagem completa da parte externa do Edifício João Calvino, com a utilização dos recursos de materiais e componentes do SketchUp e a renderização por meio do *plugin* V-Ray.

No estudo anterior, foi realizada a modelagem dos pavimentos superiores. Para realizar a modelagem do pavimento térreo e dos elementos estruturais e não estruturais presentes no pavimento, utilizou-se novamente a ferramenta *Shapes* e *Pull*. No 3D Warehouse escolheu-se os componentes mais parecidos com as esquadrias presentes no edifício, que foram editados e ajustados ao modelo (Figura 19).

Figura 19 – Edição e atribuição dos componentes ao pavimento térreo

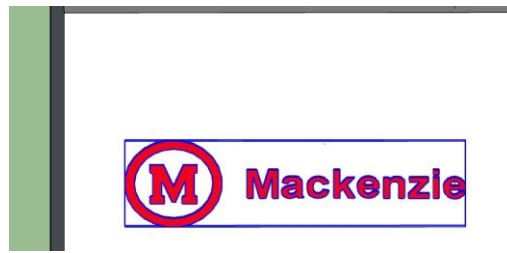


Fonte: autoria própria

Para criação do letreiro utilizou-se uma imagem do logo do Mackenzie, que foi importada e posicionada. A partir da imagem e com as opções *Circle*, *Line* e *Arcs* foram criadas as letras e o logo, que foram extrudados com a ferramenta *Pull*. Também a partir da imagem, foi adicionada cor ao letreiro com a ferramenta *Sample Paint*. Após isso foi realizada a criação do componente (Figura 20).



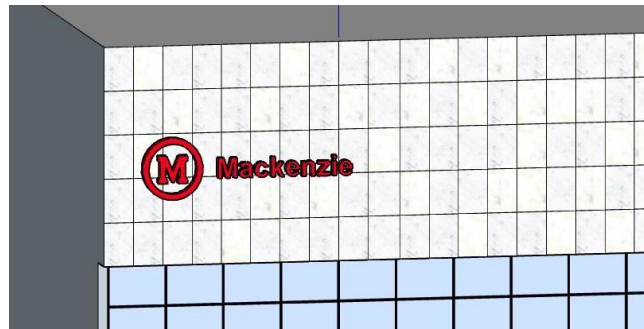
Figura 20 – Criação do componente



Fonte: autoria própria

Na aba *Materials*, criou-se um novo material com a textura a partir de uma imagem para o revestimento o pavimento térreo (Figura 21).

Figura 21 – Aplicação de novo material



Fonte: autoria própria

Após a aplicação de texturas e materiais referentes ao acabamento do edifício, foi realizada a renderização no plugin V-Ray. Para que a modelagem pareça ainda mais realista, pode-se utilizar a humanização inserindo pessoas, árvores e cenários no ambiente 3D. O resultado obtido da modelagem no ambiente SketchUp e após a renderização está ilustrado na figura 22.

Figura 22 – Edifício NPR e Fotorrealista



Fonte: autoria própria

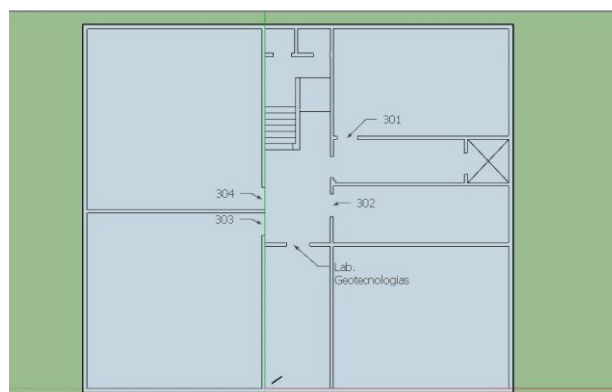
### 3.4 Modelagem 3D Interna - Edifício Alfred Cownley

Neste estudo, analisou-se a modelagem interna do Edifício Alfred Cownley, com a utilização dos recursos de materiais e componentes do SketchUp e a renderização por meio do *plugin* V-Ray.

Para a criação da modelagem interna utilizou-se como referência as dimensões obtidas em campo com o auxílio de trena eletrônica.

Com ferramentas básicas como *Line* e *Offset* e a visualização em planta 2D (vista da câmera do topo com perspectiva paralela), elaborou-se a planta baixa, como visto na Figura 23. O processo de criação da planta baixa também pode ser realizado em um programa CAD e importado para o SketchUp.

Figura 23 – Planta Baixa do 3º andar do Edifício Alfred Cownley



Fonte: autoria própria

Iniciou-se a modelagem a partir da planta baixa, com a adição da terceira dimensão com a ferramenta *Pull* sobre as paredes e escadas. Após isso foram feitas as modelagens dos vãos de esquadrias (Figura 24).

Figura 24 – Modelagem 3D básica do 3º andar do Edifício Alfred Cownley



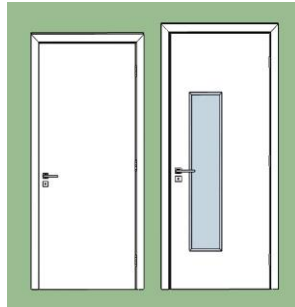
Fonte: autoria própria

Para iniciar a renderização fotorrealista no *plugin* V-Ray é necessário aplicar os materiais de acabamento e inserir os componentes, como esquadrias, no ambiente SketchUp.

As portas do edifício são padronizadas, portanto para propiciar maior agilidade ao projeto e devido a diversidade de opções, utilizou-se os componentes do armazém 3D, que foram editados para retratar precisamente o ambiente. Para que o elemento correspondesse ao utilizado no edifício, as medidas foram alteradas com a ferramenta *Scale*. Na edição da porta foi inserida uma placa de vidro e o material aplicado a ela foi alterado. No SketchUp,

além da possibilidade de inserir uma textura a partir de fotos é possível mudar a cor, alterar a escala da textura e a transparência (Figura 25).

Figura 25 – Adição e edição dos componentes e materiais



Fonte: autoria própria

Após a inserção dos elementos na modelagem 3D e a aplicação de texturas e materiais a cena do SketchUp foi renderizada (Figura 26).

Figura 26 – Corredor do 3º Andar



Fonte: autoria própria

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No desenvolvimento deste projeto foram desenvolvidos modelos 3D de edifícios do *campus* Higienópolis da UPM e estudadas técnicas de refinamento destes modelos, com o objetivo de definir qual técnica resulta na melhor qualidade e aplicabilidade nas modelagens dos edifícios. A renderização fotorrealista a partir do *plugin* V-Ray apresentou resultados com melhor qualidade visual para aplicação nas modelagens desenvolvidas no SketchUp, sendo a técnica *Match Photo* dependente da qualidade da imagem utilizada e a possibilidade de obtenção das imagens na perspectiva de dois pontos de fuga. O *software* Adobe Photoshop garantiu qualidade e o posicionamento correto da imagem utilizada na texturalização das fachadas.

A modelagem interna e externa realizada no SketchUp foi fácil e rápida devido as várias ferramentas, extensões e interface do programa. No *software* foi possível criar

diferentes formas e obter modelos prontos, que puderam ser facilmente editados para representar os elementos presentes nos edifícios.

A modelagem desenvolvida 3D do terreno no SketchUp pode auxiliar nos projetos para análise inicial da topologia do local, observando-se a viabilidade do tipo de construção frente as características como aclives e declives e suas necessidades de aterro ou corte, entre outros. Além da análise visual, podem ser estudadas alternativas de implantação do edifício.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo refere-se a utilização do Sketchup para criação de modelos 3D, com auxílio de outros softwares, *plugins* e recursos topográficos.

O método *Match Photo* é eficiente para acelerar o processo de criação baseado em fotografia. Um exemplo de sua utilização seria para reformas em edificações já existentes ou para iniciar um projeto a partir de um croqui.

Os modelos 3D externos e internos dos edifícios da Universidade Presbiteriana Mackenzie, foram desenvolvidos de maneira prática e obtiveram qualidade fotorrealista, mesmo o SketchUp sendo um modelador tridimensional gerador de renderizações NPR. Os recursos existentes no *software* e a quantidade e diversidade de extensões tornam o SketchUp prático, intuitivo e completo, quanto a modelagem tridimensional para projetos arquitetônicos.

A utilização do SketchUp se tornou eficaz na criação do modelo tridimensional do terreno devido a portabilidade entre o seu sistema e o CAD, não perdendo portanto as características geométricas. O processo de criação do modelo é prático, considerando-se que antes da utilização de recursos eletrônicos para essa análise, eram utilizadas maquetes físicas ou cortes, para representar o terreno.

## 6. REFERÊNCIAS

BASTOS, Anna Camilla Elias; MORTARA, Bruno. Produção Gráfica: A imagem fotorrealista: mais real que a realidade?. **Tecnologia Gráfica: A Revista Técnica do Setor Gráfico Brasileiro**, São Paulo, v. 2, n. 77, p.32-35, 2011. Bimestral.

BATTAIOLA, André Luiz; ERTHAL, Guaraci. **Projeções e o seu uso em Computação Gráfica**. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/profealbattaiola/1998-jaiprojecoes>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

BORGES, Alberto de Campos. **Topografia: Aplicada à Engenharia Civil**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2013.

**BRAINSTORM TECHNOLOGY LLC. 3D Photography Software**

**Solutions.** Disponível em: <<http://www.brainstormllc.com/>>. Acesso em: 20 maio 2016.

CORDINI, Jucilei. **O Terreno e sua Representação.** 2004. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/60915216/Terreno-Representacao-Planimetria-Altimetria>>. Acesso em: 14 set. 2016.

MCCLENDON, Brian. **The never-ending quest for the perfect map.** 2012. Disponível em: <<https://maps.googleblog.com/2012/06/never-ending-quest-for-perfect-map.html>>. Acesso em: 26 jul. 2016.

MELCHIORI, Ana Paula Piovesan; MESQUITA, Silas Eduardo dos Santos. **Produção de material didático para cursos de modelagem 3D.** 2015. Disponível em: <<http://www.proec.ufla.br/resconex/generateResumoPDF.php?id=3331>>. Acesso em: 22 fev. 2017.

MITILENE & CORDEIRO LTDA. **ARCAD2000: Modelagem 3D de Terreno.** 2002. Disponível em: <[http://rblinux.com.br/Modelagem 3D de terreno.pdf](http://rblinux.com.br/Modelagem%203D%20de%20terreno.pdf)>. Acesso em: 01 fev. 2017.

NIEMEYER, Oscar. **Conversa de Arquiteto.** Rio de Janeiro: Revan, 1993.

OLIVEIRA, Marcos Bandeira. **Sketchup Aplicado ao Projeto Arquitetônico: Da concepção à apresentação de projetos.** São Paulo: Novatec, 2015. 256 p.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Mapa Digital da Cidade (MDC).** Disponível em: <[http://www3.prefeitura.sp.gov.br/ DU0107\\_MDC/paginaspublicas/index.aspx](http://www3.prefeitura.sp.gov.br/DU0107_MDC/paginaspublicas/index.aspx)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

ROSSO, Silvana. **Implantação de sucesso.** 2010. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/157/artigo287738-1.aspx>>. Acesso em: 5 dez. 2016.

SILVEIRA NETO, Walter Dutra. **Técnicas de modelagens e renderização em softwares tridimensionais.** 2007. Disponível em: <[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/encuentro2007/02\\_auuspicios\\_publicaciones/actas\\_diseno/articulos\\_pdf/A7016.pdf](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/encuentro2007/02_auuspicios_publicaciones/actas_diseno/articulos_pdf/A7016.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2017.

TRIMBLE NAVIGATION. **Matching a Photo to a Model.** Disponível em: <<https://help.sketchup.com/en/article/3000115>>. Acesso em: 08 fev. 2016.

UNIVERSIDADE VALE DO RIO DOCE (Minas Gerais). **Geometria Descritiva.** Disponível em: <[http://paginapessoal.utfpr.edu.br/kitani/construcoesgeometricas-e-geometria-descritiva/material-de-apoio/Apostila%20Geometria%20 Descritiva-25pags.pdf/at\\_download/file](http://paginapessoal.utfpr.edu.br/kitani/construcoesgeometricas-e-geometria-descritiva/material-de-apoio/Apostila%20Geometria%20Descritiva-25pags.pdf/at_download/file)>. Acesso em: 03 fev. 2017.

VIEIRA, Thales. **Projeções Geométricas e Visualização 3D.** Disponível em: <<http://www.im.ufal.br/professor/thales/cgi/Apostila14.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2017.

WATT, Alan. **3D Computer Graphics.** 3. ed. Texas: Addison Wesley, 1999. 624 p.

**Contatos:** ludmily\_pereira@hotmail.com e sergio.pamboukian@gmail.com