

FERRAMENTA PARA RECONSTRUÇÃO DE SUPERFÍCIES DE TERRENOS

ALEX SERÓDIO GONÇALVES¹, DALTON SOLANO DOS REIS²

Departamento de Sistemas e Computação Universidade Regional de Blumenau (FURB) –

Blumenau, SC – Brasil

dalton@furb.br, alexserodio@furb.br

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta para reconstrução tridimensional de superfícies de terrenos do mundo real utilizando o motor gráfico Unity. A ferramenta é capaz de representar adequadamente as diferenças de altura e angulação da superfície reconhecida, exibindo um mapa hipsométrico da mesma. A ferramenta foi capaz de realizar uma reconstrução fiel à superfície original em um tempo consideravelmente baixo (em média 500 milissegundos). Porém, a ferramenta não se faz viável para reconstrução de superfícies em tempo real, visto que a comunicação entre a ferramenta desenvolvida e a ferramenta de detecção de superfícies não é realizada diretamente, sendo que ambas precisam se comunicar através da geração e leitura de um arquivo em disco. Mas mesmo com esta limitação, a ferramenta pode ser utilizada em projetos em desenvolvimento que irão utilizar a superfície da caixa de areia (superfície real) para modelar superfícies virtuais.

Palavras-chave: Reconstrução. Superfícies. Terreno. Unity.

1. INTRODUÇÃO

A paisagem do planeta Terra está em constante mudança. Esse processo, que pode levar milhões de anos, deve-se a atuação de diversas forças da natureza sobre os componentes que formam a paisagem. Essas forças podem ser divididas em endógenas (internas) e exógenas (externas) (GEOGRAFIA OPINATIVA, 2013). Exemplos de forças endógenas são o vulcanismo e o tectonismo, enquanto exemplos de forças exógenas são a chuva, vento e rios. A intensidade de cada força sobre a paisagem pode variar de região para região. Um ambiente desértico sofrerá muito mais alterações devido ao vento do que à chuva (GEOGRAFIA OPINATIVA, 2013).

Outros processos de alteração da paisagem mais imediatos, como deslizamentos de terra e erosão em menor escala podem causar prejuízos sociais e econômicos, sendo desejável a sua prevenção ou redução dos efeitos. A fim de reduzir ou evitar os prejuízos causados por esses eventos, foram desenvolvidos diversos métodos para identificar situações de risco. Embora a maioria dos métodos de detecção ainda necessite de ação humana, recentemente tem-se visto o

¹ Orientando

² Orientador

uso da computação para efetuar simulações de volume da massa de deslizamento e estabilidade de encostas (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008, p. 61).

Ainda assim, uma das formas mais eficientes para gerenciar os danos naturais, principalmente os causados decorrentes das ações humanas, é a prevenção. Tal atividade pode ser ensinada, entre outras formas, juntamente com a educação ambiental já nas séries iniciais da formação dos alunos, através do uso de materiais educacionais que possibilitem aos alunos estudar e analisar diferentes superfícies de terrenos, percebendo assim as áreas de risco existentes em cada terreno, as ações necessárias para prevenir desastres naturais, entre outras coisas.

Entre os vários materiais educacionais existentes que trabalham questões de educação ambiental, os que tendem a despertar maior interesse nos alunos são os jogos digitais. Fato este que pode ser decorrente do alto grau de interatividade dos jogos, permitindo que o aluno sinta como se estivesse fazendo parte deste novo mundo virtual.

A análise de superfícies de terrenos pode ser realizada basicamente de duas formas, usando cartas hipsométricas e curvas de níveis. Em mapas de menores escalas é comum utilizar as cartas hipsométricas, que consiste em identificar as alturas dos relevos de um terreno com base em cores, sendo que quanto mais escura a tonalidade da cor mais alto é a altura do relevo. Em mapas de maiores escalas opta-se por utilizar a curva de nível, que consiste em marcar com uma linha pontos de igual altitude. A curva de nível permite assim uma visão em 3D do relevo, mesmo não utilizando uma projeção tridimensional (MENDONÇA, 2007). Entre as diversas ferramentas que podem ser utilizadas para representar tais mapas encontra-se o Unity.

Unity é um motor gráfico utilizado no desenvolvimento de aplicações 2D e 3D, tendo como foco principal o desenvolvimento de jogos. É conhecido por facilitar o processo de desenvolvimento de jogos pois fornece uma interface amigável, facilitando a criação e manipulação dos objetos 3D. Também possibilita que o aplicativo desenvolvido seja compilado para diversas plataformas como Android, iOS, Windows, Mac, Linux e outras, aumentando assim a portabilidade do mesmo (UNITY TECHNOLOGIES, 2017).

Entre as diversas ferramentas fornecidas pela plataforma encontra-se o motor de terrenos, que permite a criação e edição de paisagens com um grande nível de detalhamento. Algumas propriedades relacionadas com a resolução e detalhamento do terreno são facilmente configuráveis através do editor. Além disso, o Unity permite fazer a importação (e exportação) do relevo por meio de mapas de altura no formato raster (.raw) ou editar o terreno através do próprio editor (UNITY TECHNOLOGIES, 2017).

Embora o motor de terrenos seja uma boa ferramenta para criação e edição de relevos através do editor do Unity, trabalhos já realizados anteriormente mostram que ele sofre uma grande queda de desempenho quando submetido a alterações de relevo realizadas em tempo de execução (NETO, 2017). Por outro lado, se a escolha for por utilizar outras formas de representar superfícies (como é o caso das malhas disponibilizadas pelo Unity) tal superfície teria que ser criada e modificada manualmente por meio de *scripts*, perdendo assim as facilidades de criação e manipulação de superfícies oferecidas pelo motor de terrenos.

Diante do apresentado, o objetivo deste trabalho é criar uma ferramenta capaz de reconstruir superfícies de terrenos do mundo real tridimensionalmente, apresentando um mapa hipsométrico da mesma, utilizando o motor gráfico Unity.

Antes da reconstrução tridimensional de uma superfície real existe uma etapa anterior, onde tal superfície precisa ser digitalizada por uma aplicação que trata de reconhecer características como as diferenças de altura e angulação da superfície.

Nessa etapa, ao invés de desenvolver a digitalização do zero, optou-se por utilizar a aplicação desenvolvida por Schlogl (2018), baseada em luz estruturada e na projeção de padrões binários para conseguir identificar as distorções existentes na superfície. Tal aplicação utiliza um projetor para projetar padrões binários e uma câmera para capturar os padrões projetados, que serão então analisados pela aplicação que identificará as mudanças de altura e angulação da superfície baseado nas distorções existentes nos padrões projetados. No fim, a aplicação gera uma nuvem de pontos que pode ser utilizada para a reconstrução da superfície digitalizada (SCHLOGL, 2018). Portanto, a ferramenta desenvolvida nesse projeto realiza a reconstrução da superfície a partir da nuvem de pontos gerada pela aplicação de Schlogl (2018). Bem como, a ferramenta permite testar e avaliar a viabilidade em utilizar equipamentos de baixo custo (*webcams*) na reconstrução de terrenos com o motor de jogos Unity. A aplicação desenvolvida por Schlogl (2018) foi desenvolvida com a participação dos autores do presente trabalho, o que permitiu que ambas aplicações (de Schlogl (2018) e a desenvolvida neste trabalho) fossem ajustadas para trabalhar em conjunto conforme eram desenvolvidas.

A reconstrução de terrenos reais para representação de superfícies virtuais constitui um cenário com diversas variáveis a serem avaliadas. Por exemplo, as condições do ambiente aonde se encontram o terreno real, como: tipo de iluminação, material usado no terreno (neste caso, tipo de areia), distâncias e inclinação entre terreno e câmera, tipo de câmera utilizada, equipamento para processar o modelo virtual do terreno (principalmente tipo de placa gráfica utilizada), fluxo e conjunto de técnicas utilizadas para fazer a reconstrução, e motor de jogos utilizado para representar o terreno virtual. Nesta última etapa poderia se pensar em usar uma

biblioteca gráfica para apenas visualizar a representação do terreno virtual, mas na maioria dos casos a aplicação final exige recursos gráficos somente encontrados em motores de jogos. Por exemplo, a maioria das aplicações desenvolvidas nos projetos do grupo de pesquisa do qual os autores deste trabalho participam precisam ter a simulação da água obedecendo as diferenças de altura representadas no terreno virtual (NETO, 2017) ou utilizam modelos 3D que possuem animações complexas (como personagens humanoides) (LOPES et al, 2017), entre outros.

E ainda, para ampliar o problema de pesquisa explorado, tem-se as variáveis que envolvem o grau de qualidade da superfície reconstruída (resolução no plano x e z, como no plano y) versus a velocidade de representação das alterações da superfície real no modelo virtual (Frames Per Second, FPS).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais necessários para a execução da pesquisa foram:

- a) um notebook com 6gb de memória RAM, processador Intel Core i5-4210U 1.7GHz, placa gráfica NVIDIA GeForce 840M e uma câmera webcam para a execução da ferramenta para reconstrução de relevo;
- b) softwares e tecnologias como Unity e Visual Studio Code para a produção da ferramenta. Foram utilizadas versões gratuitas de ambos.

Os métodos para produção e avaliação da ferramenta utilizados foram:

- a) estudo: nessa etapa foram aprofundados os conceitos relacionados às técnicas de processamento de imagens utilizadas para representação tridimensional e reconstrução de relevos no Unity;
- b) elicitação de requisitos: baseando-se nas informações da etapa anterior, definiu-se os requisitos para nortear o desenvolvimento da ferramenta;
- c) modelagem da ferramenta: esta etapa consiste da modelagem de classes da ferramenta proposta de acordo com os padrões da Unified Modeling Language (UML), utilizando a ferramenta Draw.io;
- d) implementação: processo de implementação efetiva dos requisitos levantados e da modelagem realizada da ferramenta. A implementação foi realizada na linguagem de programação C# utilizando o motor de jogos e IDE do Unity;
- e) testes de validação: foram realizados testes unitários para verificar a conformidade da implementação realizada com o que foi proposto nos requisitos e modelagem;
- f) análise dos resultados: nesta etapa foi realizada a análise dos resultados considerando amostras de superfícies com características de relevo diferentes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com intuito de aferir alguns resultados nos testes desenvolvidos optou-se em variar os valores das variáveis de pesquisa até encontrar um ponto de equilíbrio entre qualidade da resolução de reconstrução e tempo de resposta. Seguindo o processo de reconstrução temos o tipo de iluminação utilizada. Neste caso a iluminação utilizada está relacionada com o sensor de captura das imagens. Entre os testes realizados optou-se pelo tipo de luz ambiente presente no laboratório dos testes, por ser um tipo comum encontrado nos ambientes domésticos e escolares. Para medir os pontos de luz, utilizou-se um luxímetro digital portátil (Portátil 20000 Lux). A câmera utilizada para obter as fotos do experimento foi uma Nikon P600, que contém uma lente 18mm-300mm (câmera escolhida no lugar de uma *webcam* por permitir ter mais controle dos seus parâmetros). Para projetar os padrões utilizou-se um projetor LG Minibeam que tem uma resolução de 1280x720 pontos com brilho de até 550 lúmen (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros usados no experimento

Parâmetros	Valores
Luminosidade	70 lux
Resolução da câmera	640x480
Zoom da lente	85mm
ISO da câmera	200
ZScale	15
White_treshold	5
Black_treshold	-5
Projector_width	1280
Camera_width	640
Número de imagens obtidas (quantidade de padrões usados)	18

Fonte: elaborada pelo autor.

O ambiente utilizado na detecção de superfícies realizada pela aplicação de Schlögl (2018) é mostrado na Figura 1, onde é possível observar o projetor e a câmera sendo apontados para a superfície que está sendo digitalizada (nesse caso o bicho de pelúcia). A superfície definida para os testes foi escolhida por ter uma forma com contornos suaves e com várias variações de inclinação, padrões diferentes de cores, mas por ter uma forma conhecida e persistente (diferente da superfície da caixa de areia que poderia ser alterada acidentalmente entre os testes).

Figura 1: Ambiente utilizado na detecção de superfícies do experimento

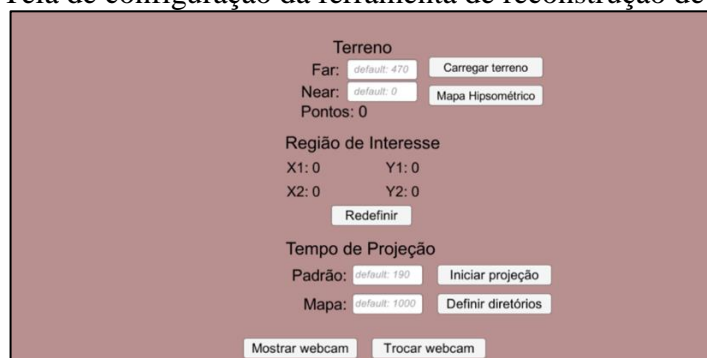


Fonte: Schlogl (2018).

Em seguida é realizada a projeção dos padrões binários e analisado as distorções existentes neles para definir as diferenças de altura existentes na superfície. Ao finalizar a detecção da superfície uma nuvem de pontos é gerada pela aplicação e salva em um arquivo, que é então lida e reconstruída pela ferramenta desenvolvida.

A Figura 2 mostra a tela de configuração da ferramenta desenvolvida, onde é possível modificar diversas opções que impactarão diretamente na qualidade da reconstrução final.

Figura 2: Tela de configuração da ferramenta de reconstrução de superfícies

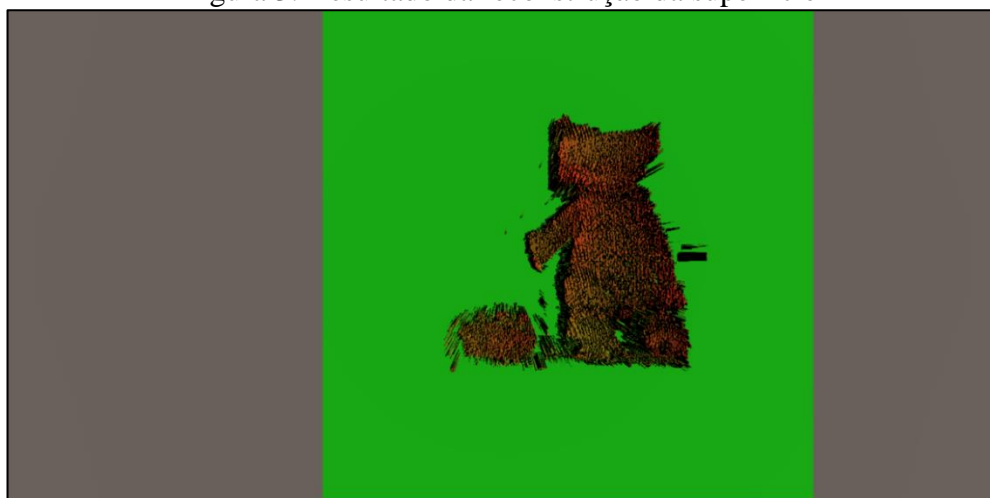


Fonte: elaborado pelo autor.

Entre as opções disponíveis, a primeira a ser definida (sem a qual a reconstrução não é possível) encontra-se no botão `Definir diretórios`. Ao clicar nesse botão uma nova tela aparecerá, onde será exibido um campo em branco no qual deve ser informado a localização do arquivo contendo a nuvem de pontos gerada pela aplicação de detecção de superfícies. Após definido o arquivo é possível clicar no botão `Carregar terreno` para realizar a reconstrução da superfície, o que resulta na reconstrução mostrada na Figura 3. A opção de visualização do

mapa hipsométrico está ativada por padrão, porém pode ser desativada no menu de configuração.

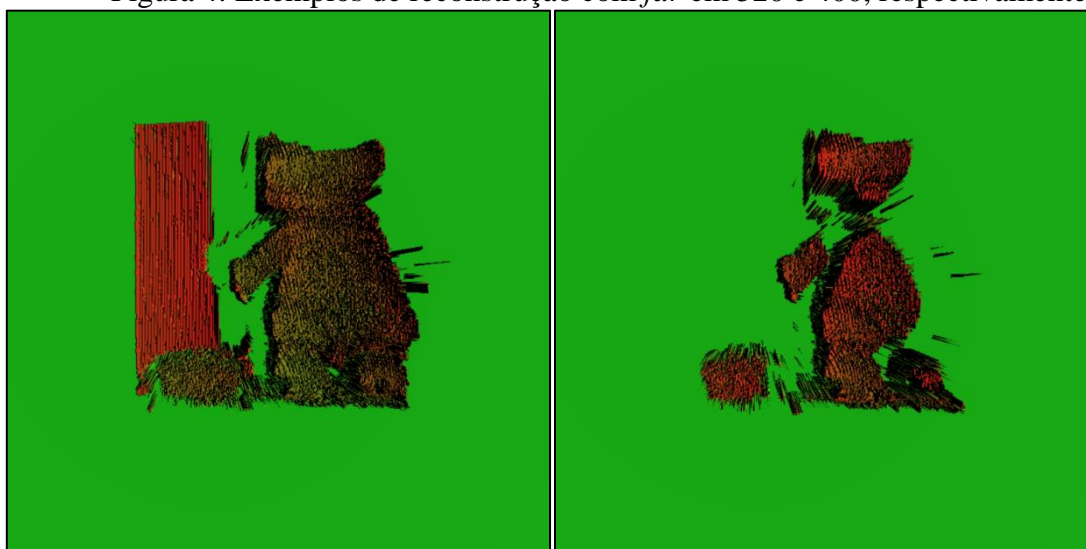
Figura 3: Resultado da reconstrução da superfície



Fonte: elaborado pelo autor.

Retornando ao menu de configuração é possível alterar os campos *Far* e *Near* (configurados com valores padrões de 470 e 0, respectivamente). Esses campos servem para controlar a altura máxima (*far*) e mínima (*near*) da nuvem de pontos utilizada na reconstrução. Modificações realizadas no valor *near* não causam grandes mudanças na reconstrução, porém mudanças realizadas no valor *far* podem resultar em grandes modificações. Na Figura 4 é demonstrado essas mudanças, onde a reconstrução da esquerda foi realizada utilizando um valor *far* de 520 e a reconstrução da direita foi realizada utilizando um valor *far* de 400.

Figura 4: Exemplos de reconstrução com *far* em 520 e 400, respectivamente



Fonte: elaborado pelo autor.

É possível observar que ao aumentar o valor *far* em 100 a reconstrução gerada passa a possuir pontos de altura considerados “lixo”, ou seja, que não existiam na superfície real detectada. Enquanto que ao diminuir o valor *far* em 100 a reconstrução gerada não é capaz de

reconstruir todos os pontos de altura corretamente, resultando em uma reconstrução menos fiel à original.

No menu de configurações, além das opções já apresentadas, é possível ainda definir alguns valores como, os quatro pontos de interesse utilizados para realizar a exibição dos padrões de projeção, o tempo de duração da projeção de cada padrão e o tempo de duração da projeção do mapa, além de botões para mostrar e trocar a câmera que está sendo utilizada no momento. Essas opções existem devido ao fato de que a ferramenta foi desenvolvida inicialmente para ser capaz de projetar os padrões binários e capturar as imagens utilizadas pela aplicação de Schlogl (2018). Dessa forma a ferramenta iria realizar toda a etapa de captura das imagens da superfície enquanto que a aplicação de Schlogl (2018) seria responsável por analisar as diferenças de altura e angulação existentes na superfície a partir das distorções das imagens fornecidas.

Porém, durante o desenvolvimento percebeu-se que, devido a algumas limitações da Unity em relação a captura de imagens, o tempo de captura era menor quando realizado externamente pela aplicação de Schlogl (2018) do que quando realizado pela própria Unity, portanto optou-se por abandonar a captura de imagens pela Unity e utilizar a captura de imagens disponibilizada pela aplicação de Schlogl (2018).

A Tabela 2 apresenta alguns resultados referentes ao tempo de execução necessário para realizar a reconstrução da superfície utilizada nos experimentos. A primeira coluna apresenta os diferentes valores utilizados no campo *far*, a segunda coluna apresenta o tempo de execução da reconstrução medido em milissegundos e a última coluna apresenta a quantidade de pontos presentes na superfície que foi reconstruída. Para cada um dos valores *far* utilizados foram realizados dez testes diferentes, sendo que o tempo apresentado na Tabela 2 corresponde à média dos testes. A utilização de três valores *far* diferentes foi feita porque dependendo do valor utilizado a quantidade de pontos presentes na superfície reconstruída pode variar e com isso o tempo de execução também pode ser alterado. O equipamento utilizado nos testes foi o mesmo elencado no capítulo 2.

Tabela 2: Tempo de execução e quantidade de pontos das reconstruções realizadas

Valor utilizado no campo <i>far</i>	Tempo em milissegundos	Quantidade de pontos
400	538.0	67.348
470	477.6	81.388
520	496.1	112.008

Fonte: elaborada pelo autor.

A partir desses dados é possível observar que conforme o valor *far* utilizado aumenta, a quantidade de pontos presentes na superfície reconstruída também aumenta. Porém, o tempo da reconstrução não acompanha esse crescimento, visto que o tempo resultante da reconstrução com o *far* valendo 400 é maior que a reconstrução com o *far* valendo 520.

Valores estes que se demonstraram bem interessantes ao se utilizar somente uma câmera e projetor, mas que indicam fortemente que a próxima etapa no desenvolvimento desta pesquisa é a recodificação do código desenvolvido para programação em GPU (Unidade de Processamento Gráfico, Graphics Processing Unit - GPU). Também verificou-se a possibilidade em usar duas câmeras para melhorar a qualidade e diminuir o tempo da reconstrução. Outro ponto que merece mais pesquisa é o aprimoramento da integração da ferramenta desenvolvida com a aplicação de Schlogl (2018), não usando um arquivo salvo em disco, mas sim um *buffer* de imagem na memória RAM.

Todo o material produzido neste projeto encontra-se disponível publicamente em um sistema de controle de versões distribuído (GIT)³.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de realizar a detecção e reconstrução tridimensional de superfícies reais utilizando o motor gráfico Unity, possibilitando a visualização da superfície reconstruída assim como o mapa hipsométrico da mesma.

Na etapa de detecção das superfícies optou-se por utilizar a aplicação desenvolvida por Schlogl (2018), que detecta as diferenças de altura na superfície digitalizada e gera uma nuvem de pontos a partir disso. A ferramenta desenvolvida então lê essa nuvem de pontos e reconstrói a superfície digitalizada a partir dela, possibilitando também a visualização do mapa hipsométrico da superfície.

A partir do apresentado conclui-se que os objetivos iniciais foram alcançados, visto que a ferramenta desenvolvida é capaz de realizar uma reconstrução fiel da superfície real em um tempo não muito elevado (aproximadamente 500 milissegundos). Porém, por mais que o tempo de processamento da reconstrução tenha sido satisfatório, a ferramenta não se faz viável para reconstrução de superfícies em tempo real, pois como a aplicação de detecção de superfícies desenvolvida por Schlogl (2018) e a ferramenta de reconstrução desenvolvida neste projeto não estão diretamente conectadas, a comunicação entre as duas é feita através de um arquivo salvo em disco, o que atrasa consideravelmente o processo de reconstrução.

³ Disponível em: <https://github.com/tecedufurb/dynamic-terrain> e https://bitbucket.org/gcgfurb/2018-1_lucaseduardoschlogl

REFERÊNCIAS

- GEOGRAFIA OPINATIVA. **Dinâmica interna e externa da terra**. [S.I.], 2013. Disponível em: <<https://www.geografiaopinativa.com.br/2013/08/dinamica-interna-e-externa-da-terra.html>>. Acesso em 5 set. 2018.
- HIGHLAND, Lynn M.; BOBROWSKY, Peter. **The landslide handbook: A guide to understanding landslides**. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey Circular 1325, 2008. 129p.
- LOPES, Mauricio C., REIS, Dalton S., GONÇALVES, Alex S., GONÇALVES, João P. S. **Caixa de areia interativa: um jogo em realidade aumentada em dispositivo móvel sobre a água**. Recife - CBIE. 2017.
- MENDONÇA, Cláudio. **Topografia (1): Hipsometria e curvas de nível**. 2007. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/topografia-1-hipsometria-e-curvas-de-nivel1.htm>>. Acesso em 30 de março de 2017.
- NETO, Guilherme. **Simulação de dinâmica do relevo através da transformação de mapas de altura**. Blumenau - FURB. 2017.
- SCHLOGL, Lucas E. **Biblioteca para detecção de relevos baseada em luz estruturada e padrão de projeção binário**. Blumenau - FURB. 2018.
- UNITY TECHNOLOGIES. **Unity manual**. [S.I.], 2017. Disponível em <<https://docs.unity3d.com/Manual/UnityManual.html>>. Acesso em 6 de fev. de 2018.