

APLICATIVO PARA RECONHECIMENTO DE CURVAS DE NÍVEL E GERAÇÃO DE RELEVO 3D

Rafael Lopes Escobar, Dalton Solano dos Reis – Orientador

Curso de Bacharel em Ciência da Computação
Departamento de Sistemas e Computação
Universidade Regional de Blumenau (FURB) – Blumenau, SC – Brazil

rescobar@furb.br, dalton@furb.br

Resumo: Este artigo descreve o desenvolvimento de um aplicativo que cria uma visualização de um relevo 3D através de um desenho em papel feito por uma pessoa. O seu objetivo principal é auxiliar a aprendizagem de alunos quanto ao assunto de topografia e curvas de nível. A interface foi construída com a ferramenta Unity e scripts em C#. Para realizar o reconhecimento e processamento da imagem criada pelo usuário utilizou-se a biblioteca OpenCV e a aplicação foi desenvolvida para ser executada na plataforma Android. Para avaliar a viabilidade da aplicação foi realizado um teste com uma professora de Geografia/Arquitetura. O aplicativo alcançou o resultado esperado e é capaz de identificar e representar corretamente o relevo 3D a partir de uma imagem 2D criada pelo usuário, desde que o ambiente esteja bem iluminado e evite sombras ao capturar a imagem. Sendo assim é possível utilizar o aplicativo em salas de aula como ferramenta de auxílio no ensino dos alunos desde que observe as limitações do aplicativo.

Palavras-chave: Topografia. Renderização 3D. Unity. Processamento de imagem.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais o uso de computadores e dispositivos móveis estão comuns na vida das pessoas, as vezes tornando-se indispensáveis. Outro fator a ser percebido é a facilidade que crianças têm em aprender e se adaptar com as novas tecnologias. Com a evolução dos softwares cada vez há mais interfaces intuitivas podendo se tornar uma poderosa ferramenta de ensino e aprendizagem. A aplicação de Tecnologias da Informação e materiais digitais em sala de aula permite o professor criar novas estratégias pedagógicas para motivar e favorecer o aprendizado do aluno (BRAGA; PIMENTEL; DOTTA, 2013). Além da tecnologia facilitar tarefas do cotidiano das pessoas, surge aí uma nova possibilidade de transformar essa evolução tecnológica em benefícios para ensino e educação. Além disso, Freire (1997, p. 25) afirmava que “[...] ensinar não é apenas transferir conhecimento, mas sim criar as possibilidades para sua produção ou a sua construção”.

O grande avanço tecnológico atual, as redes de computadores, em especial a internet que permite conectar pessoas espalhadas pelo mundo todo, tem sido o novo impulso e a nova promessa em direção ao uso da tecnologia de computadores para um entendimento mais amplo de educação e da consciência de sermos “cidadãos do mundo”. A tecnologia de redes de computadores viabiliza funções em que não só os estudantes, mas os próprios professores possam desenvolver suas atividades de modo colaborativo. (VALENTE, 1999, p. 49).

As matérias escolares que envolvem elementos do mundo físico nem sempre são fáceis de ensinar com métodos teóricos sendo mais relevante utilizar objetos do mundo real ou softwares que podem proporcionar melhor compreensão para alunos, aplicando o ensino dessas matérias em uma abordagem mais interessante. Um exemplo seria o ensino de curvas de nível em mapas topográficos para representar relevos, morros e montes. Nem todos alunos têm capacidade de abstrair e vincular o teórico com o mundo real.

Esta noção de altitude nem sempre é aprendida nos mapas em que o relevo é apresentado pela hipsometria e/ou curvas de nível, em decorrência do fato de que nas séries iniciais do 1.o grau os alunos ainda apresentam-se com um nível de abstração em desenvolvimento, incipientes para compreender a representação de elementos tridimensionais em superfícies planas (mapas). (SIMIELLI et al., 1992, p. 6).

Diante deste cenário, o objetivo deste trabalho é desenvolver um aplicativo para reconhecimento de Curvas de Nível desenhado em uma folha de papel em branco podendo ser exportado para uma impressora 3D, na qual pode ser utilizado como ferramenta de apoio para o ensino básico. Os objetivos específicos são: fazer reconhecimentos de curvas de nível através de uma imagem digital criada pelo usuário; transformar a imagem 2D em uma renderização de relevo em 3D podendo ser visualizado em diferentes ângulos; criar mapa de altimetria aplicando diferentes cores sobre o terreno conforme a altura; simular inundação do terreno ao aplicar determinado nível de água; exportar arquivo em formato Object File Wavefront 3D (OBJ) que será possível ser visualizado em softwares Computer Aided Design (CAD) e também ser impresso em 3D.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo descreve os assuntos que fundamentarão a realização deste trabalho. A seção 2.1 aborda a utilização de recursos tecnológicos no ensino. A seção 2.2 aborda a representação de curvas de nível em topografia.

2.1 RECURSOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO

Conforme a tecnologia evoluiu no decorrer dos anos, seu uso também foi se tornando cada vez mais abrangente por grande parte da população. Diante deste panorama ressalta-se a importância da reestrutura da relação ensino – aprendizagem, para incluir esse novo conceito de forma positiva, ampliando as possibilidades de novas descobertas, tanto por parte dos professores como por parte dos alunos (PICCINI; FOCKING; DENARDI, 2011).

A análise das experiências realizadas nos permite entender que a promoção dessas mudanças pedagógicas não depende simplesmente da instalação dos computadores nas escolas. É necessário repensar a questão da dimensão do espaço e do tempo da escola. A sala de aula deve deixar de ser o lugar das carteiras enfileiradas para se tornar um local em que professor e alunos podem realizar um trabalho diversificado em relação ao conhecimento. O papel do professor deixa de ser o de entregador de informação, para ser o de facilitador do processo de aprendizagem. O aluno deixa de ser passivo, de ser o receptáculo das informações, para ser ativo aprendiz, construtor do seu conhecimento. Portanto, a ênfase da educação deixa de ser a memorização da informação transmitida pelo professor e passa a ser a construção do conhecimento realizada pelo aluno de maneira significativa, sendo o professor, o facilitador desse processo de construção (VALENTE, 1999, p.17).

Com a expansão das tecnologias em todos os ramos da sociedade ocorreram muitas mudanças no modo de ensinar e aprender, neste cenário tornou-se necessário organizar novas experiências educacionais em que se introduzam tecnologias que possam ser utilizadas em processos cooperativos de aprendizagem (PICCINI; FOCKING; DENARDI, 2011). Com o objetivo de criar recursos educacionais, de modo a integrar o enfoque dado pela Ciência da Computação ao olhar e necessidades da Educação, surge o conceito de Objetos de Aprendizagem (BRAGA, 2014).

Assim como a tecnologia evolui e disponibiliza mais recursos, os mecanismos de ensino e aprendizagem também passam por melhorias, mas o desenvolvimento desses recursos não é tão simples assim. A criação de um Objeto de Aprendizagem com recursos tecnológicos é bastante complexa, exige integração de profissionais pedagógicos e especialistas da área computacional para criar mecanismos que levem em consideração características técnicas e necessidades de tratamentos didático-pedagógicas (BRAGA, PIMENTEL, DOTTA, 2013). A utilização de recursos tecnológicos para construção de relevos 3D, abre caminho para a elaboração de outros exemplos geomorfológicos que podem propiciar melhor entendimento das diferentes formas de relevo (GONÇALVES et al., 2017).

2.2 CURVAS DE NÍVEL E TOPOGRAFIA

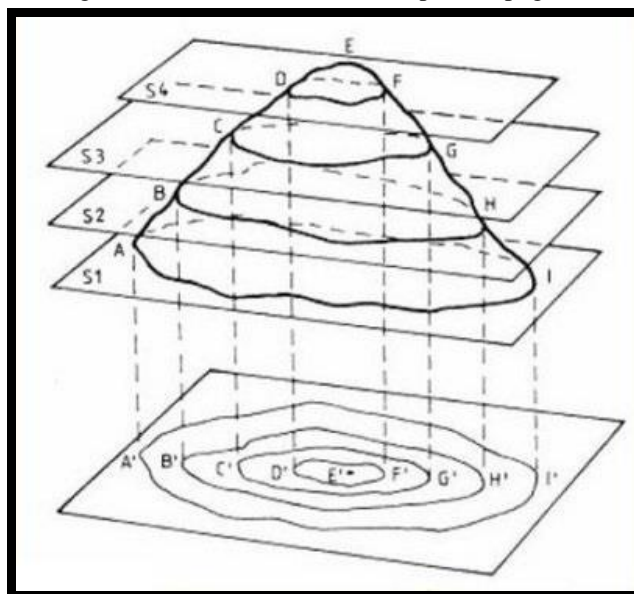
Topografia resulta de uma junção das palavras gregas “topos” (lugar) e “graphen” (descrever), ou seja, é uma descrição detalhada de contorno e dimensões de uma área de terra sem considerar a curvatura do globo terrestre (ESPARTEL, 1987). Conforme Doubek (1989, p. 256), “A Topografia tem por objetivo o estudo dos instrumentos e métodos utilizados para obter a representação gráfica de uma porção do terreno sobre uma superfície plana.”.

O estudo de curvas de nível ocorre em uma área da Topografia chamada de Topometria. A NBR 13133 da ABNT define como:

Conjunto de métodos e processos que através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhe visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré-determinada e a sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também pré determinada e/ou pontos cotados (ABNT, 1994, p. 3).

As curvas de nível são recursos que representam a visão aérea de um terreno, sendo possível identificar as inclinações e altitudes nas formas de relevo. Para isso utiliza-se linhas imaginárias, que são chamadas de linhas altimétricas por representarem a variação topográfica (PENA, 2018). Por meio das curvas de nível é possível representar o perfil topográfico de um determinado terreno como mostra a Figura 1. As características básicas das curvas de nível são: quanto maior a inclinação do terreno mais próximas umas das outras estarão as curvas e quanto menor a inclinação do terreno mais afastadas ficam as curvas. Todos os pontos situados em uma mesma linha estão localizados em uma mesma altitude, sendo que as curvas de nível nunca se cruzam, a não ser que uma passe por baixo da outra, devendo ser representada em forma de traços pontilhados (PENA, 2018).

Figura 1 – Curvas de nível de um perfil topográfico

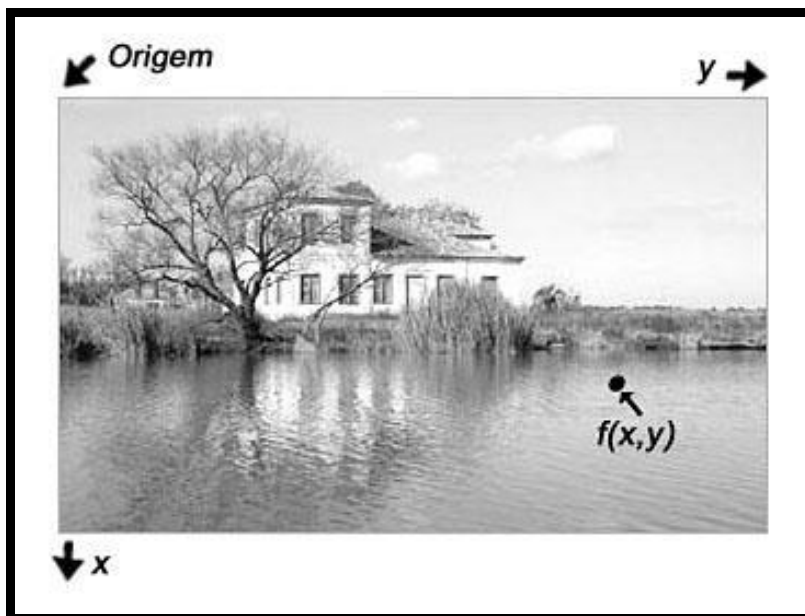


Fonte: Pena (2018).

2.3 PROCESSAMENTO DE IMAGEM

O processamento de imagens consiste em um processo de manipulação das informações contidas em uma imagem digital através de algoritmos que geram como saída uma imagem modificada (RUSS, 2011, p. 16). O objetivo de processar uma imagem é melhorar seu aspecto visual, sua transmissão, sua impressão ou a obtenção de outros subsídios para a medição de suas características e estruturas visando uma melhor interpretação do analista. (RUSS, 2011, p. 18). Uma imagem pode ser definida como uma função $f(x,y)$, onde f representa a intensidade (brilho) ou o nível de cinza em um ponto, denotado pelas coordenadas espaciais x e y (Gonzales e Woods, 2010, p. 486). A Figura 2 mostra a convenção dos eixos para representação de imagens digitais.

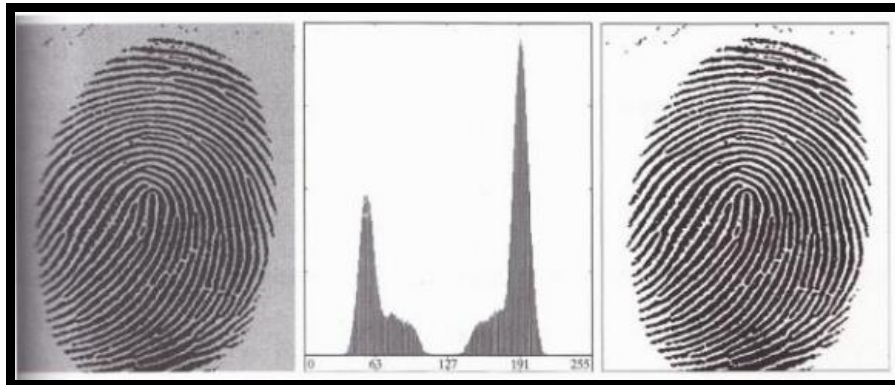
Figura 2 – Convenção dos eixos para representação de imagens digitais



Fonte: adaptado de Gonzales e Woods (2000, p. 4).

A segmentação da imagem é o processo que subdivide a imagem em elementos, a qual pode ser distinguida em objetos relevantes e o plano de fundo. É importante nesta etapa aplicar estes procedimentos somente o suficiente para a distinção dos elementos, não havendo necessidade de segmentar uma imagem acima do nível de detalhe necessário para a identificação dos mesmos (GONZALES; WOODS, 2010, p. 454). A técnica de limiarização (thresholding) é utilizada na segmentação de uma imagem em tons de cinza. A segmentação é realizada percorrendo a imagem pixel a pixel, rotulando com 1 o que corresponde como parte relevante e 0 os pixels que correspondem ao fundo. (GONZALES; WOODS, 2010, p. 486). A Figura 3 apresenta a aplicação do algoritmo.

Figura 3 – Aplicação da técnica de limiarização



Fonte: Gonzales e Woods (2010, p. 490).

Segundo Gonzalez e Woods (2010, p. 464), o processo de detecção de bordas é a abordagem mais comum para a detecção de descontinuidades significantes nos níveis de cinza:

A detecção de Bordas é uma parte do processo intitulado de segmentação e uma das operações em processamento de imagens mais utilizadas. Uma borda é o limite entre duas regiões com propriedades distintas de nível de cinza, basicamente, a ideia por trás da maioria das técnicas para a detecção de bordas é a computação de um operador local diferencial. Esse modelo reflete o fato que bordas em imagens digitais são, geralmente, levemente borradas devido à amostragem (GONZALES; WOODS, 2010, p. 464).

Um filtro gaussiano é utilizado para borrar ou desfocar a imagem com o objetivo de reduzir os ruídos presentes na imagem. O resultado desta operação é a suavização da imagem, como a visualização da mesma através de uma tela translúcida ou como se tivesse sendo vista através de uma lente fora de foco (JESUS; COSTA, 2015, p. 5). Este filtro possui dois parâmetros, a dimensão da janela e um valor para o desvio padrão máximo sigma. O quanto a imagem será suavizada está relacionado ao desvio padrão sigma, isto é, quanto maior o sigma, mais a imagem é suavizada (ALVES, 2007). A Figura 4 mostra como calcular o filtro gaussiano. A Figura 5 apresenta o resultado da aplicação do filtro gaussiano com diferentes σ .

Figura 4 – Cálculo do filtro gaussiano

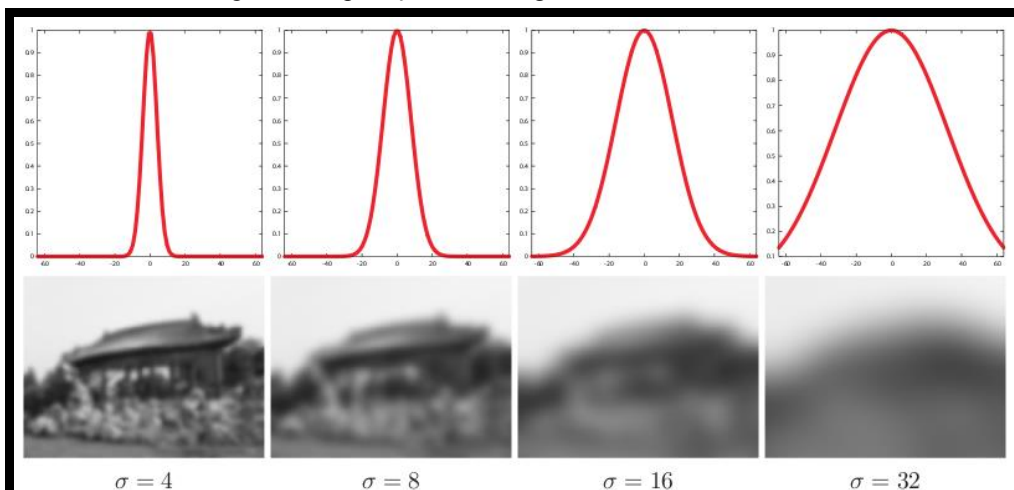
$$GB[I]_p = \sum_{q \in S} G_{\sigma}(\|p - q\|) I_q,$$

onde

$$G_{\sigma}(x) = \frac{1}{2\pi \sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

Fonte: Alves (2007).

Figura 5 – Aplicação do filtro gaussiano com diferentes σ



Fonte: Alves (2007).

2.4 TRABALHOS CORRELATOS

São apresentados 3 trabalhos com características semelhantes aos principais objetivos do estudo proposto. O Quadro 1 apresenta o primeiro, se trata de uma proposta de utilização de tecnologias de impressão 3D para o ensino de cartografia e geomorfologia (GONÇALVES et al., 2017). O Quadro 2 mostra o segundo que consiste em um aplicativo móvel de realidade aumentada LandscapAR (WEEKEND LABS, 2011). O Quadro 3 descreve o terceiro e trata de um software comercial para desenhos arquitetônicos BIM Edificius (BIBLUS, 2017).

Quadro 1 – Proposta de utilização de tecnologias de impressão 3D para o ensino de cartografia e geomorfologia

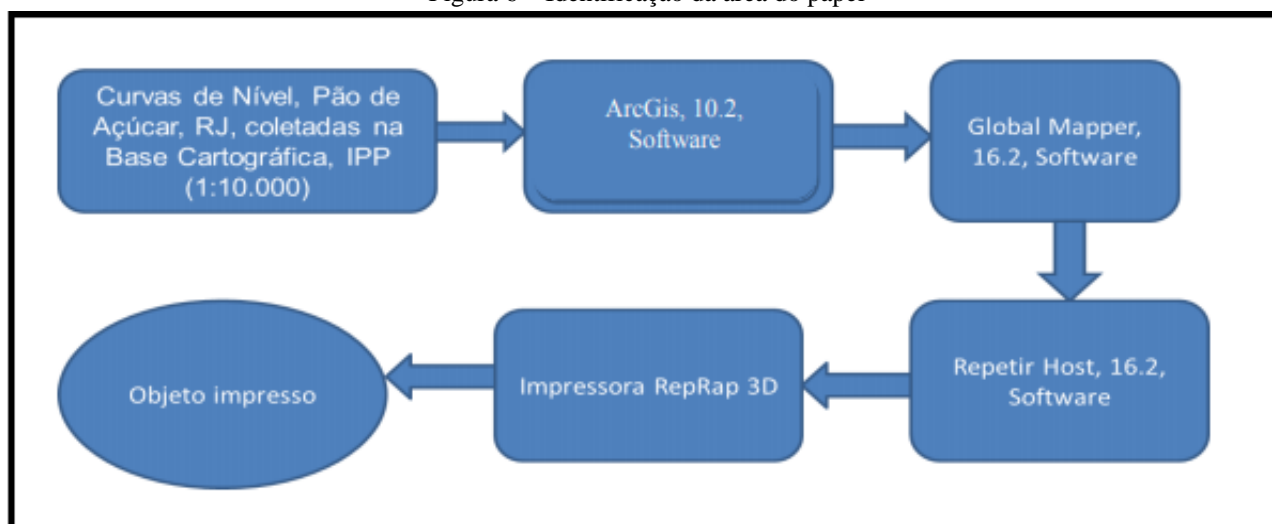
| | |
|--------------------------------|---|
| Referência | Gonçalves et al. (2017) |
| Objetivos | Aproximar ferramentas tecnológicas na área de educação. Facilitar a compreensão dos alunos no ensino de cartografia e geomorfologia. Proporcionar um ensino com base em modelos físicos com base construtivista. |
| Principais funcionalidades | Importar dados de curvas de nível. Criar modelo de impressão 3D. Realizar impressão de um objeto 3D. |
| Ferramentas de desenvolvimento | Não encontrado. |
| Resultados e conclusões | A impressão 3D teve o mesmo formato dos morros originais do Rio de Janeiro. A proposta alcançou o resultado esperado em oferecer essa alternativa para auxiliar no ensino de crianças. Esta abordagem ajuda a reduzir ou eliminar dúvidas apresentadas pelos alunos. Esta proposta foi aplicada em escolas do Rio de Janeiro no município de Seropédica/RJ. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Utilizar instrumentos diversificados se tornam importantes para melhorar a compreensão da realidade pelos alunos. Um dos métodos tradicionais são a representação de relevo através de maquetes, mas nem sempre isso é utilizado por diversos fatores como falta de recursos, local apropriado, tempo, entre outros. Conforme Gonçalves et al. (2017, p. 1), “Este trabalho tem como objetivo propor o uso de Tecnologias 3D no ensino da cartografia e geomorfologia, para isto foi utilizada uma Impressora 3D, modelo RepRap Mendel Prusa V2, construída no Campus da UFRRJ”.

Para realizar este estudo foram utilizadas Curvas de nível do Pão de Açúcar, RJ, coletadas na Base Cartográfica na escala 1:10.000 desenvolvido pelo Instituto Pereira Passos (IPP). Após foi importada a base no software ArcGIS 10.2 para gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE). Em seguida o MDE foi importado no Global Mapper 16.2 para exportar um arquivo em formato STL que é utilizado por impressoras 3D. Por fim, foi realizado a impressão 3D do objeto. As etapas mencionadas são apresentadas na Figura 6.

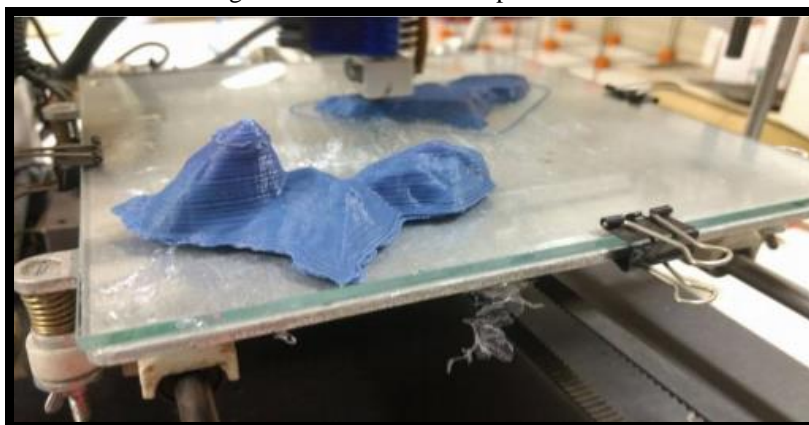
Figura 6 – Identificação da área do papel



Fonte: Gonçalves et al. (2017, p. 4).

A Figura 7 mostra o resultado da impressão 3D do pão de açúcar na cor azul que ficou com o mesmo formato do complexo de morros original do estado do Rio de Janeiro.

Figura 7 – Resultado da impressão 3D



Fonte: Gonçalves et al. (2017, p. 4).

A utilização de impressão 3D teve um resultado positivo por deixar a abordagem do tema mais interessante e facilitar o entendimento das linhas de curvas de nível.

Acredita-se que o uso dessa tecnologia possa dar mais materialidade a alguns conceitos dentro dos estudos cartográficos e geomorfológicos propiciando dessa forma uma melhor compreensão de representação das características da natureza por meio da transformação do que é abstrato para o concreto. (GONÇALVES et al., 2017, p. 4)

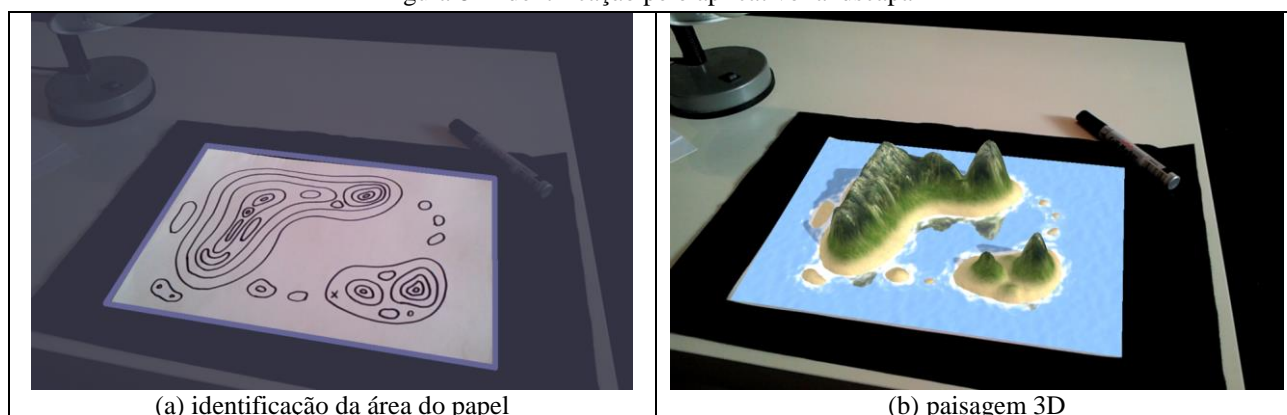
Quadro 2 – Landscapar

| | |
|--------------------------------|---|
| Referência | Weekend Labs (2011) |
| Objetivos | Aplicativo móvel de Realidade Aumentada para criar ilhas e terrenos em 3D a partir de um esboço em linhas de elevação desenhadas em um papel real. |
| Principais funcionalidades | Identifica os contornos desenhado em uma folha de papel. Possui modo de visualização estático ou em realidade aumentada ao passar a câmera sobre o papel. Possui zoom para a visualização 3D. |
| Ferramentas de desenvolvimento | Não encontrado. |
| Resultados e conclusões | Com mais de 1.000 avaliações e acima de 100.000 downloads, o aplicativo tem avaliação 3.6 (escala máxima 5.0) na loja de aplicativos. De acordo com os comentários, o aplicativo é interessante para melhorar o entendimento de curvas de nível, mas ainda merece mais melhorias. Chegou a ser utilizado em escolas de nível básico para explicar o conteúdo. |

Fonte: elaborado pelo autor.

O aplicativo Landscapar possui uma interface simples e intuitiva, a imagem é capturada através da câmera. Para conseguir realizar o reconhecimento é necessário que o papel em branco esteja sobre um fundo escuro para dar o contraste e o aplicativo identificar toda a área do papel conforme Figura 8a. Em seguida o aplicativo faz o processamento de imagem dentro da área detectada para encontrar as curvas de nível, então exibe uma paisagem em 3D do relevo identificado (Figura 8b). O aplicativo foi utilizado em sala de aula com crianças do ensino fundamental e se mostrou uma opção de ferramenta para trabalhar curvas de nível tendo um *feedback* positivo facilitando a compreensão dos alunos (FERNANDO, 2017).

Figura 8 – Identificação pelo aplicativo landscapar



(a) identificação da área do papel

(b) paisagem 3D

Fonte: Weekend Labs (2011).

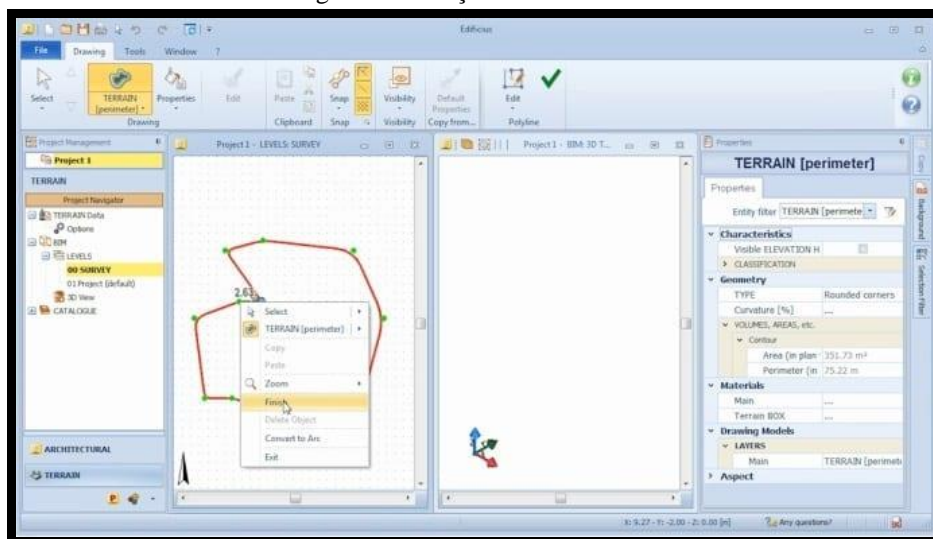
Quadro 3 – Edificius

| | |
|--------------------------------|--|
| Referência | Biblus (2017) |
| Objetivos | É um software comercial para criar desenhos arquitetônicos 3D. |
| Principais funcionalidades | Permite criar desenho arquitetônico 3D, desenho de paisagem e jardins, renderização estática para renders fotorealísticos, renderização em tempo real para renders instantâneos, exportação nos formatos Computer Aided Design (CAD), Drawing (DWG) e Drawing Exchange Format (DXF), biblioteca de objetos de móveis e luzes para o desenho de interiores. |
| Ferramentas de desenvolvimento | Não encontrado. |
| Resultados e conclusões | É uma ferramenta que cumpre muito bem suas funcionalidades, além de utilizado por empresas, também pode ser utilizado por estudantes de arquitetura e áreas afins. |

Fonte: elaborado pelo autor.

O software possui várias funcionalidades, mas dentre todas elas será dado ênfase no módulo Modelagem do Terreno. Para gerar um modelo de terreno 3D é possível importar uma região de interesse do Google Maps ou criar o desenho 2D das curvas de nível direto no software. A Figura 9 mostra a interface do software desktop e uma linha de curva de nível sendo desenhada.

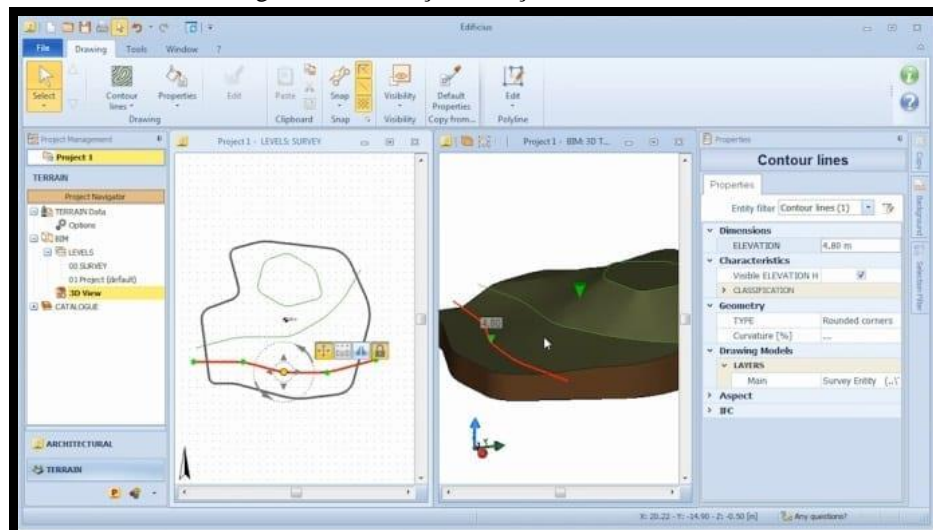
Figura 9 – Criação do desenho 2D



Fonte: Biblus (2017).

A Figura 10 mostra a geração do modelo 3D definido a partir de um desenho 2D criado pelo usuário. O software permite realizar edições do modelo como criar elevação ou depressão do terreno. Ele exporta arquivos para formatos DXF, DWG e DWF na qual são facilmente convertidos para softwares que geram arquivos utilizados em impressoras 3D.

Figura 10 – Exibição e edição do desenho 3D



Fonte: Biblus (2017).

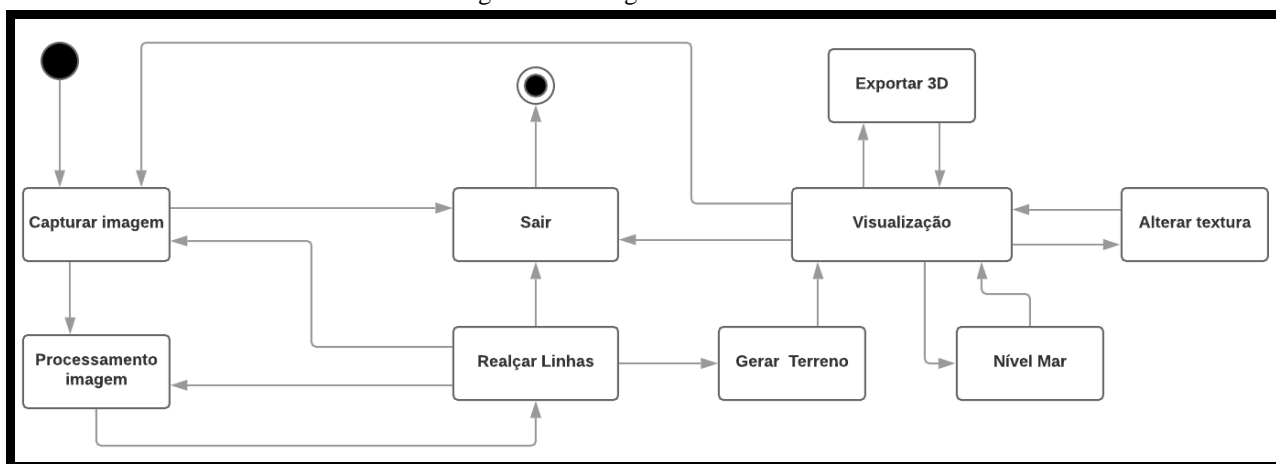
3 DESCRIÇÃO DO SOFTWARE

Este capítulo pretende apresentar os detalhes de especificação e implementação do aplicativo. Para tanto, são apresentadas quatro seções. A primeira seção apresenta uma visão geral do aplicativo, bem como seu objetivo, funcionamento e forma de utilização do aplicativo por parte do usuário. A segunda seção apresenta as tecnologias utilizadas para implementação do aplicativo. A terceira seção mostra a sequência e técnicas utilizadas de processamento de imagem para converter uma imagem 2D em 3D. A quarta seção apresenta o resultado gerado pela aplicação e as formas que o usuário pode interagir com a imagem gerada. Os requisitos utilizados para desenvolvimento do aplicativo estão apresentados no Apêndice A.

3.1 VISÃO GERAL DO APLICATIVO

O aplicativo tem por objetivo auxiliar o entendimento do usuário quanto a representação de relevos através de curvas de nível, podendo ser aplicado principalmente para alunos das séries iniciais. A aplicação identifica os contornos de curvas de nível realizados em um desenho feito a mão em uma folha de papel em branco e então cria uma renderização 3D através da imagem capturada e assim exibe para o usuário o relevo criado e permite visualização de cores como em um mapa de altimetria. Ainda permite que o usuário eleve o nível de água simulando cheias. Por fim, permite exportar um arquivo OBJ na qual é possível abrir na maioria dos softwares Computer Aided Design (CAD) e também enviar para ser impresso em uma impressora 3D. A Figura 11 apresenta o diagrama de atividades executadas pelo usuário através da interface gráfica.

Figura 11 – Diagrama de atividades



Fonte: elaborado pelo autor.

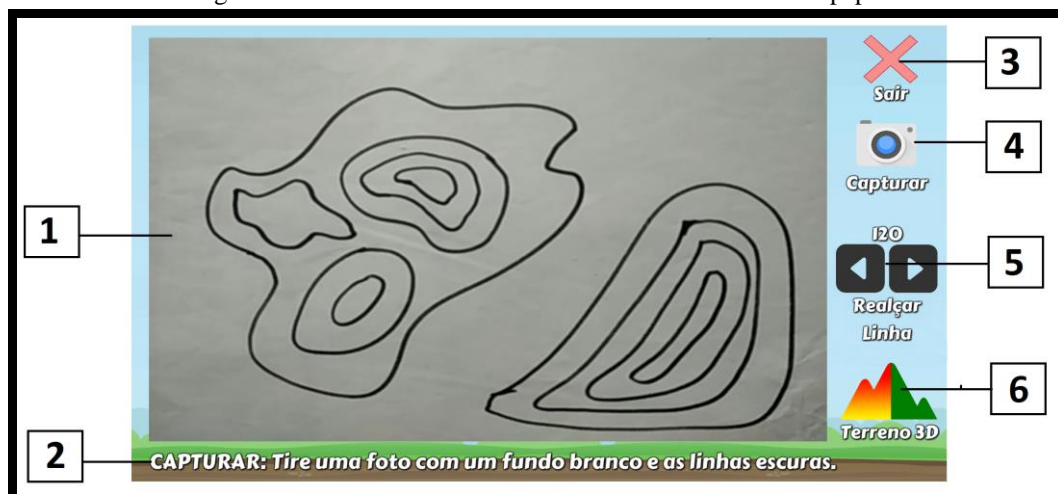
A primeira tela do aplicativo inicia com a câmera ligada para capturar a foto do desenho. Nesta mesma tela possui a função *Sair* na qual encerra a aplicação. A função *Realçar Linha* informa o parâmetro para a função de limiarização na qual o usuário percebe a melhor forma para identificação dos contornos, ao alterar o valor toda a imagem é processada novamente, o efeito será durante o processamento na qual pode melhorar a identificação com muita ou pouca luminosidade ambiente desde que não tenha algum tipo de sombra sobre a foto, o usuário irá apenas visualizar o resultado final da identificação de todas as linhas novamente. A função *Terreno 3D* inicia a renderização do relevo em 3D. A Figura 12 apresenta a tela inicial e seus componentes identificados por números. Em seguida, o Quadro 4 mostra a descrição das funções de cada componente.

Quadro 4 – Descrição dos componentes da tela inicial

| Identificador | Descrição |
|---------------|---|
| 1 | Quadro de exibição da imagem da câmera e exibição das curvas de nível após capturar a imagem. |
| 2 | Mensagem de auxílio ao usuário nas etapas de captura e ajuste. |
| 3 | Encerra a aplicação. |
| 4 | Se a câmera estiver sendo exibida então tira a foto, se os contornos identificados estiverem sendo exibidos então volta para a câmera. |
| 5 | Aumenta ou diminui o valor para função de limiarização, neste caso toda a imagem é processada novamente gerando uma nova identificação de todas as linhas. Esta função melhora a identificação caso a foto possuir pouca ou muita luminosidade. |
| 6 | Redireciona para outra tela onde é exibido o relevo em 3D. |

Fonte: elaborado pelo autor.

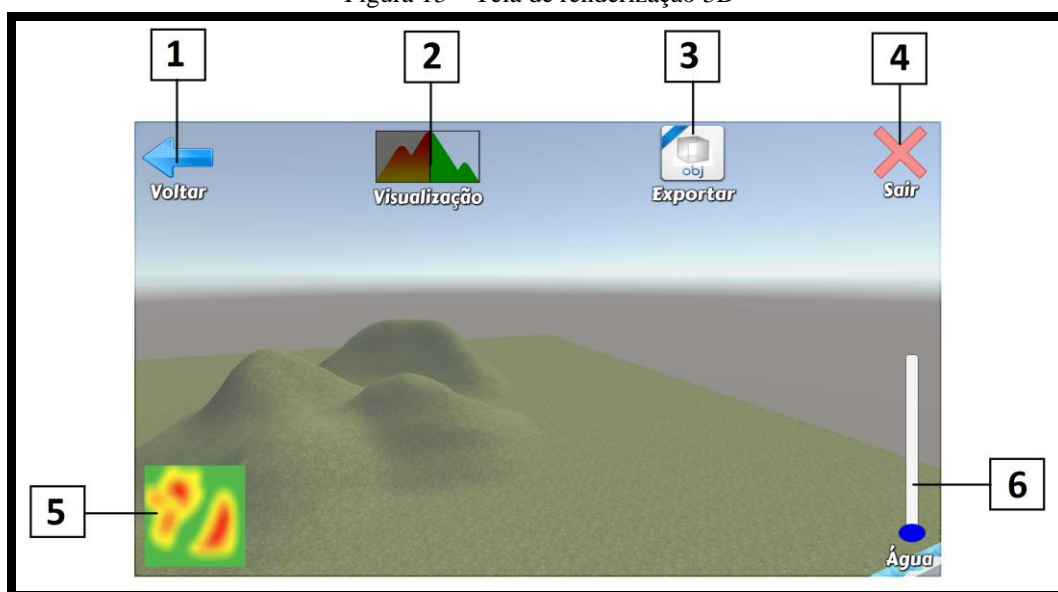
Figura 12 – Tela inicial com a câmera focando desenho em papel



Fonte: elaborado pelo autor.

Após realizar a identificação dos contornos das curvas de nível, o usuário consegue acionar a função *Terreno 3D*, então é exibida uma nova tela com a visualização do relevo em 3D conforme identificado anteriormente pelas curvas de nível, nesta tela o usuário consegue mover a câmera e ter uma vista de vários ângulos. A Figura 13 apresenta a tela inicial e seus componentes identificados por números. Em seguida, o Quadro 5 mostra a descrição das funções de cada componente.

Figura 13 – Tela de renderização 3D



Fonte: elaborado pelo autor.

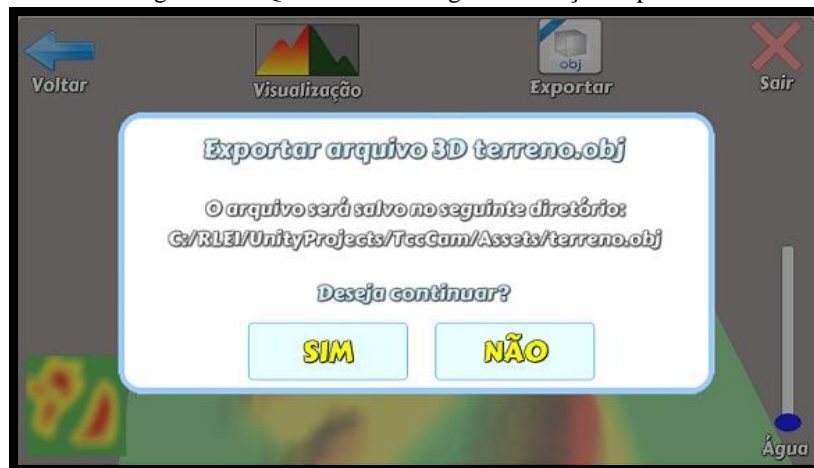
Quadro 5 – Descrição dos componentes da tela de renderização 3D

| Identificador | Descrição |
|---------------|---------------------------------|
| 1 | Volta para a tela anterior. |
| 2 | Altera a textura do terreno. |
| 3 | Exportar o arquivo terreno.obj. |
| 4 | Encerra a aplicação. |
| 5 | Mapa de altimetria. |
| 6 | Altera nível de água. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Ao acionar a função *Visualização* é alterada a textura do terreno, que intercala entre a textura inicial e outra textura com as cores do mapa de altimetria. A função *Água* possui o componente *slider* em que é possível alterar o nível de água em cima do terreno. Ao acionar a função *Exportar* é exibida uma caixa de mensagem informando o diretório onde será salvo o arquivo com o nome *terreno.obj* (Figura 14). Nesta tela também é possível voltar para tela anterior ou encerrar a aplicação.

Figura 14 – Quadro de mensagem da função exportar



Fonte: elaborado pelo autor.

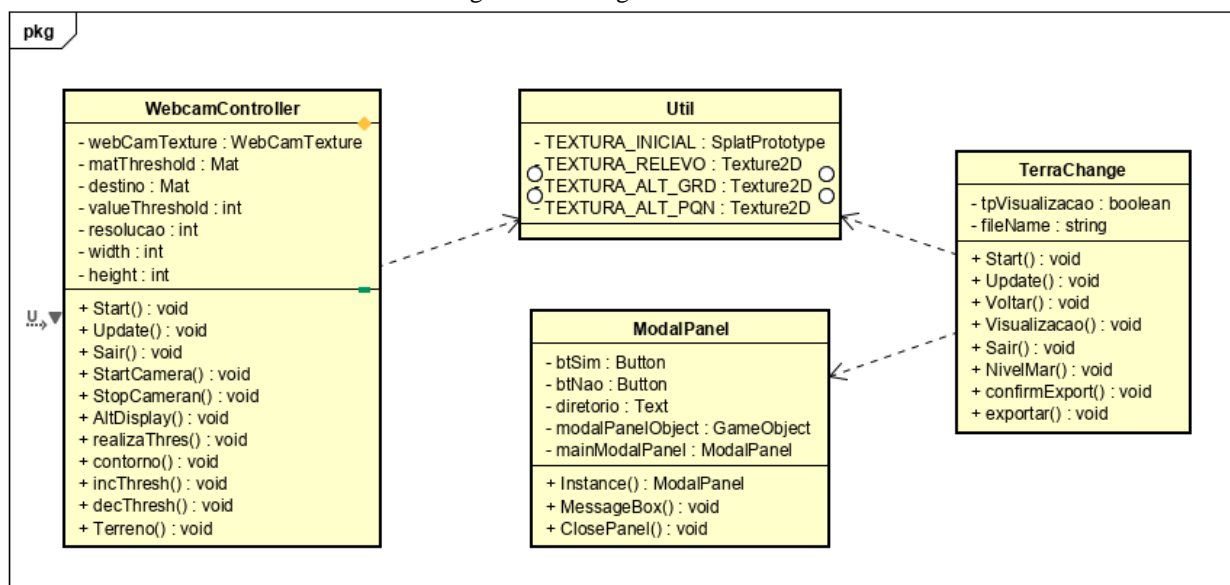
3.2 IMPLEMENTAÇÃO

Para desenvolver a aplicação foi utilizado Unity, scripts em C# para criação da interface e controle dos componentes da cena e para realizar o processamento de imagem foi utilizado OpenCV 2.3.2. A captura de imagem através da câmera é realizada pelos componentes *WebCamDevice* e *WebCamTexture*. Como Unity não possui suporte nativo para OpenCV foi necessário utilizar o asset *OpenCV For Unity* distribuído pela Enox Software (2019). Este asset possui *plugin* para exportar projetos para as seguintes plataformas: Windows, MacOS, iOS, Linux, WebGL e Android, porém neste projeto todo desenvolvimento e testes foi realizado apenas para Android.

Como resultado do processamento de imagem é gerado um objeto *Texture2D* na qual é utilizado para fazer um *setHeights* criar as elevações do terreno e também gerar um mapa de cores conforme o terreno fica mais alto. Para criar o efeito de água sobre o terreno foi adquirido o asset *Low Poly Water GPU* distribuído pela Jolix (2019). Foi necessário importar 2 scripts, um para o controle da câmera que permite rotacionar e visualizar o terreno de vários ângulos e outro script que faz a conversão de um objeto *Terrain* para um arquivo OBJ.

A Figura 15 apresenta o diagrama de classes e a forma como as classes estão estruturadas e relacionadas. A classe *WebcamController* possui as opções de interação com o usuário na primeira tela, na qual permite tirar uma foto do desenho feito pelo usuário e melhorar a identificação das linhas. A classe *TerraChange* controla as opções da segunda tela, é nesta classe que a visualização 3D é criada e o usuário pode interagir com o relevo gerado. A classe *Util* possui apenas 4 atributos, estes possuem a finalidade de armazenar objetos da classe *Texture2D* criados pela classe *WebcamController* e serem utilizados pela classe *TerraChange*. A classe *ModalPanel* é utilizada pela classe *TerraChange*, na qual cria a janela com a informação para exportar o arquivo OBJ.

Figura 15 – Diagrama de classes



Fonte: elaborado pelo autor.

3.2.1 RECONHECIMENTO DE CURVAS DE NÍVEL

Quando a imagem é capturada o processo de identificação das curvas de nível é iniciado para ser exibido na tela para o usuário. A primeira etapa é converter a imagem para escala de cinza para assim poder aplicar os filtros seguintes. Após é aplicado o efeito `gaussiano` como mostra linha 2 do Quadro 6 que tem por objetivo unificar os pixels escuros e evitar que a identificação das linhas dos contornos fiquem desconexas (Figura 16a). Inicialmente foi aplicada a técnica de fechamento, mas o efeito `gaussiano` se mostrou mais eficiente, permitindo descartar a técnica de fechamento. O próximo passo é aplicar a técnica de limiarização como mostra a linha 3 do Quadro 6, o objetivo é dividir os pixels claros de pixels escuros de forma que na imagem fique apenas o que foi desenhado pelo usuário e não possua ruídos (Figura 16b). O parâmetro de `limiar` é definido pelo usuário na interface do aplicativo. Em seguida é realizado a detecção de bordas como pode ser visto na linha 8 do Quadro 6, esta técnica irá identificar os contornos, ou seja, nesta etapa já é possível perceber nitidamente as curvas de nível. Após os contornos identificados o próximo passo é classificar o nível das linhas verificando se um contorno está dentro de outro como por ser visto da linha 12 até a linha 24 do Quadro 6. O contorno que não estiver dentro de nenhum possui o nível de altura mais baixo e o que estiver dentro de outro terá um nível de altura maior conforme a quantidade de contornos externos a ele.

Quadro 6 – Filtros iniciais e identificação dos contornos

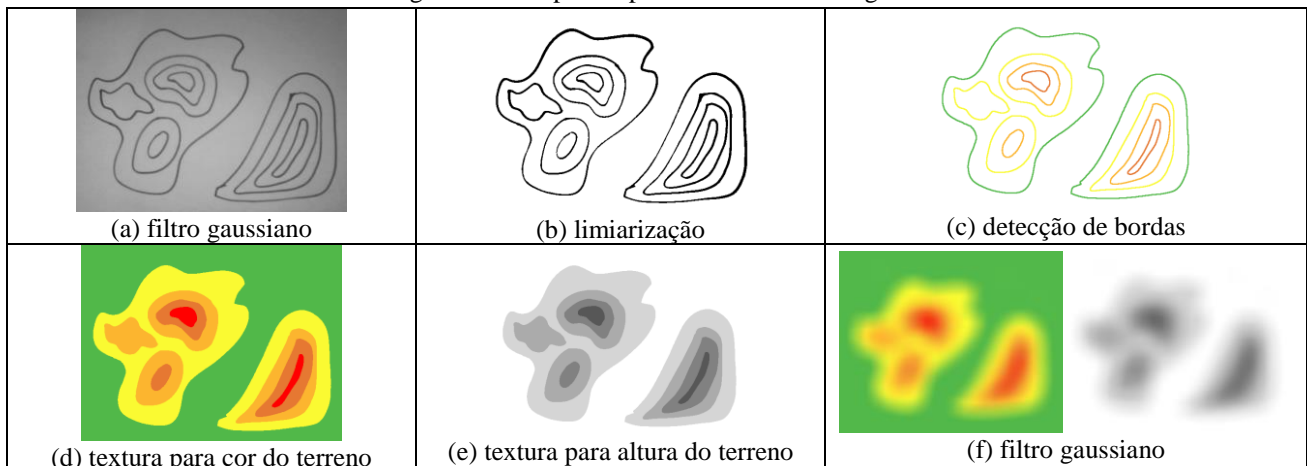
```

1 // filtros iniciais
2 Imgproc.GaussianBlur(destino, destino, size, 0);
3 Imgproc.threshold(destino, destino, valueThreshold, 255, Imgproc.THRESH_BINARY);
4
5 ...
6
7 // identifica os contornos
8 Imgproc.findContours(destino,srcContours,new Mat(),Imgproc.RETR_TREE,Imgproc.CHAIN_APPROX_NONE);
9 Point offset = new Point((resolucao - width) / 2, (resolucao - height) / 2);
10
11 // itera a lista de contorno
12 for (int i = 2; i < srcContours.Count; i = i + 2) {
13     Ponto atual = new Ponto(srcContours[i].toList());
14     for (int j = 2; j < srcContours.Count; j = j + 2) {
15         if (i != j) {
16             Ponto outro = new Ponto(srcContours[j].toList());
17             // se o contorno estiver dentro de outro o nivel eh incrementado
18             atual.estaDentroDe(outro);
19         }
20     }
21
22 ...
23
24 }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 16 – Etapas do processamento de imagem



Fonte: elaborado pelo autor.

Após os níveis definidos são criados objetos de imagem em que irá armazenar as linhas em cores diferentes já representando a diferença de altitude entre elas. Existe um objeto para ser exibida as linhas (Figura 16c), outro para gerar a textura para aplicar cor sobre o terreno (Figura 16d) e outro para definir a altura do terreno (Figura 16e), a criação desses objetos podem ser visto da linha 1 até a linha 4 do Quadro 7. Em seguida as imagens para textura do terreno devem passar pelo filtro de `gaussiano` com o objetivo de suavizar a imagem (Figura 16f) como pode ser visto da linha 9 até a linha 12 do Quadro 7. Isso fará com que o relevo em 3D fique parecido com uma montanha, caso contrário os níveis ficariam chapados e o relevo iria parecer com uma escada tendo vários degraus. Após realizar o processamento de imagem, as texturas geradas são convertidas para objetos do tipo `Texture2D` do Unity como pode ser visto da linha 16 até a linha 19 do Quadro 7.

Quadro 7 – Filtros finais e conversão para objeto `Texture2D`

```

1  Imgproc.drawContours(dstLinha, srcContours, i, colorido[posicao], 2); // imagem com as linhas que eh
2  Imgproc.drawContours(matAltPqn, srcContours, i, colorido[posicao + 1], -1); // imagem que sera exibida
3  Imgproc.drawContours(matRelevo, srcContours, i, cinza[posicao], -1, 8, new Mat(), 0, offset); // imagem
4  Imgproc.drawContours(matAltGrd, srcContours, i, colorido[posicao + 1], -1, 8, new Mat(), 0, offset);
5
6  ...
7
8  // Aplica Blur's para suavizar o terreno e parecer com uma montanha e nao como uma 'escada'
9  Imgproc.blur(matRelevo, matRelevo, new Size(60, 60), new Point(), 1);
10 Imgproc.GaussianBlur(matRelevo, matRelevo, new Size(20, 20), 0, 0);
11 Imgproc.blur(matAltGrd, matAltGrd, new Size(60, 60), new Point(), 1);
12 Imgproc.blur(matAltPqn, matAltPqn, new Size(60, 60), new Point(), 1);
13
14 ...
15
16 Utils.matToTexture2D(matRelevo, textureRelevo);
17 Utils.matToTexture2D(matAltGrd, textureAltGrd);
18 Utils.matToTexture2D(matAltPqn, textureAltPqn);
19 Utils.matToTexture2D(dstLinha, textureLinha);

```

Fonte: elaborado pelo autor.

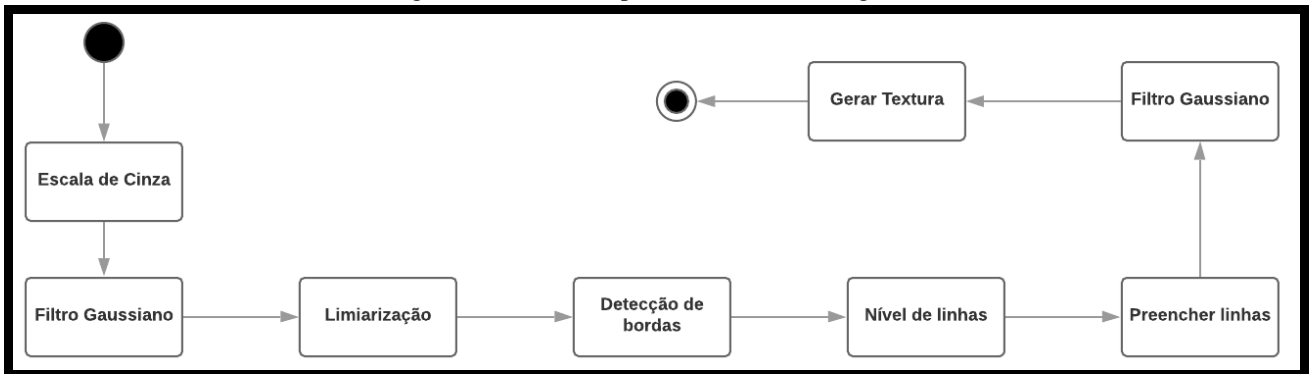
A Figura 17 apresenta a identificação das curvas de nível com as linhas coloridas conforme o nível de altitude. A Figura 18 apresenta o fluxo de todo o processamento de imagem

Figura 17 – Curvas de nível identificadas



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 18 – Fluxo do processamento de imagem

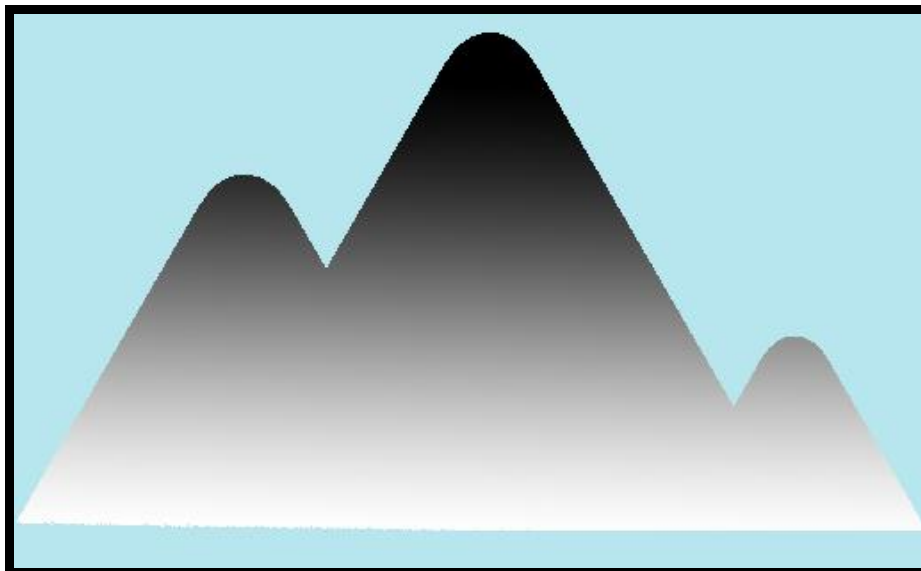


Fonte: elaborado pelo autor.

RENDERIZAÇÃO 3D

Nesta etapa o usuário visualiza o resultado do desenho feito por ele em uma folha de papel em branco. Para criar o relevo em 3D é utilizada a textura em escala de cinza visto na Figura 16. Nesta textura as cores mais próximas da cor preta significam os pontos mais altos do relevo, conforme a altura diminui as cores terão nível de cinza até chegar na base representada pela cor branca, a Figura19 mostra um exemplo de como seria este efeito aplicado em um relevo.

Figura 19 – Altura do relevo de acordo com escala de cinza



Fonte: elaborado pelo autor.

Para gerar o objeto 3D Terrain do Unity, é criada uma matriz que irá representar os pontos (x, y) como mostra a linha 2 do Quadro 8. A altura do terreno, ou seja, o ponto z do objeto Terrain, é o valor recebido pela textura do processamento de imagem, para isso é necessário percorrer pixel a pixel a textura como mostra as linhas 3 e 4 do Quadro 8, a textura deve ter mesmo tamanho (x, y) do objeto Terrain. Os valores do ponto z variam entre 0 (mais baixo) até 1 (mais alto), para adicionar o valor na matriz deve pegar o valor do pixel da textura (que está em escala de cinza) e subtrair de 1 como mostra a linha 5 do Quadro 8. Após a matriz ser preenchida é realizado o SetHeights do objeto Terrain como mostra a linha 9 do Quadro 8 e então foi criado o relevo em 3 dimensões.

Quadro 8 – Função que define a altura do terreno resultando no relevo em 3D

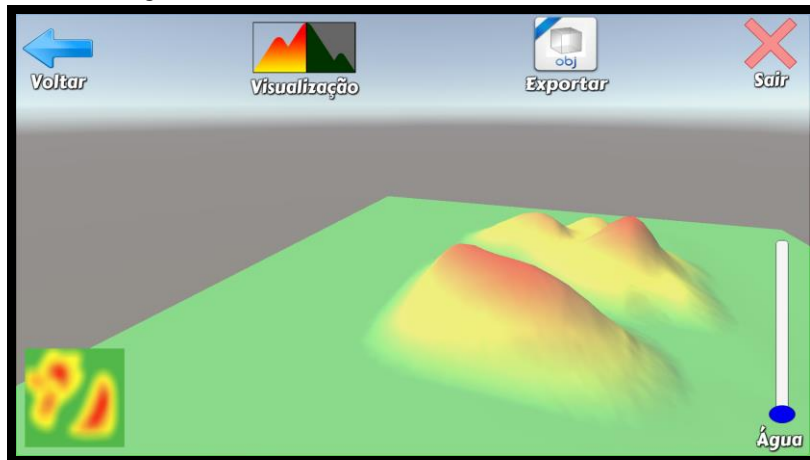
```

1 // Seta altura do terreno (cria relevos)
2 float[,] heights = new float[width, height];
3 for (int i = 0; i < height; i++) {
4     for (int j = 0; j < width; j++) {
5         heights[i, j] = 1 - Util.TEXTURA_RELEVO.GetPixel(j, i).g;
6     }
7 }
8
9 TerrainMain.terrainData.SetHeights(0, 0, heights);
  
```

Fonte: elaborado pelo autor.

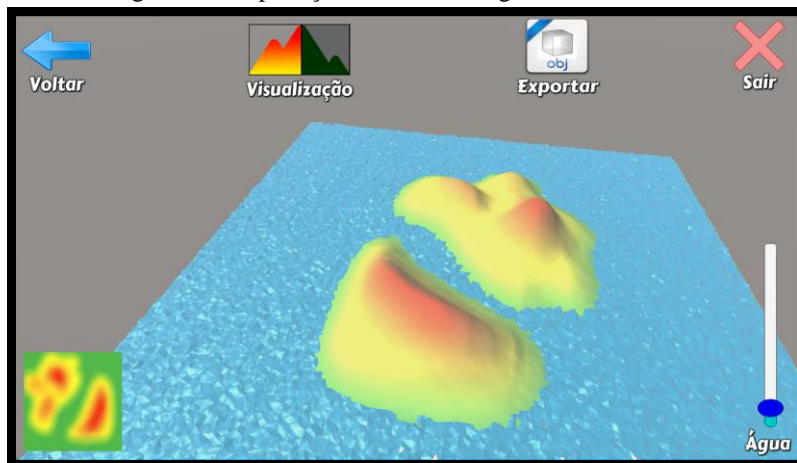
Através do botão *Visualização* é possível visualizar o mapa de altimetria aplicado no terreno como mostra a Figura 20. Através do componente *Água* o usuário pode aumentar ou diminuir o nível como mostra a Figura 21. O efeito de água independe da visualização da textura escolhida pelo usuário.

Figura 20 – Relevo com textura em cores de altimetria



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 21 – Aplicação do efeito de água sobre o terreno



Fonte: elaborado pelo autor.

O usuário pode trazer a visualização 3D do mundo virtual para o mundo real optando por imprimir o modelo 3D através do botão *Exportar*, na qual salva um arquivo em seu dispositivo com o nome `terreno.obj`. A Figura 22 mostra o resultado de uma impressão 3D por um arquivo gerado pelo aplicativo. O código fonte para conversão do objeto `Terrain` para um arquivo `OBJ` é disponibilizado por Haines e Choi (2014).

Figura 22 – Arquivo impresso em 3D



Fonte: elaborado pelo autor.

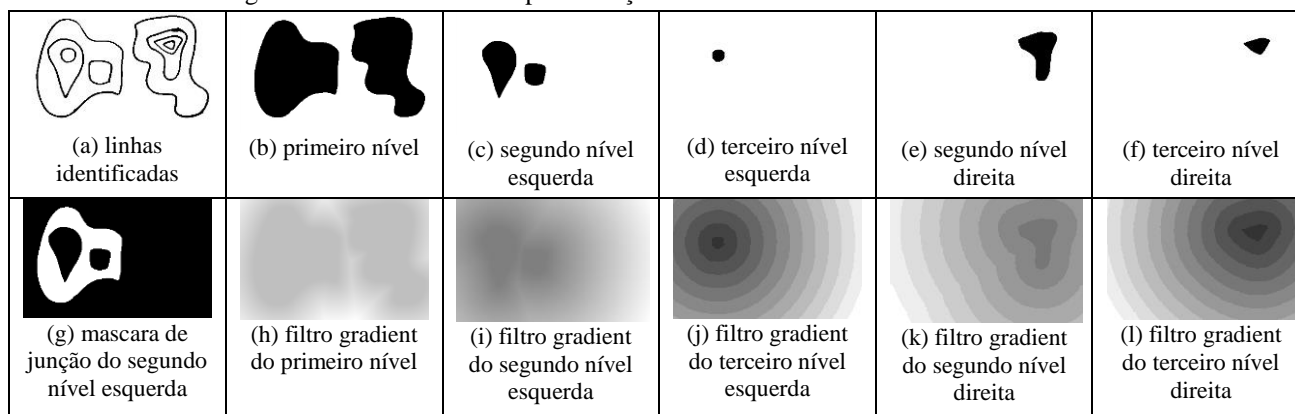
4 RESULTADOS

Este capítulo está dividido em três partes para apresentar os resultados obtidos com o desenvolvimento deste trabalho. A primeira parte apresenta os resultados em relação aos objetivos propostos, a segunda parte mostra o resultado do processamento de imagem ao fazer o reconhecimento do desenho em uma folha de papel, por fim a terceira parte apresenta o resultado do teste do aplicativo realizado por uma profissional.

4.1 RECONHECIMENTO DE CURVAS DE NÍVEL

Para realizar o reconhecimento das curvas de nível e transformar em uma imagem 3D, tinha-se uma ideia inicial das etapas de processamento de imagem que deveria ser seguido que será descrito a seguir. As etapas iniciais do processamento até a parte que faz a identificação dos contornos e os níveis de altura entre eles foi realizado sem problemas. Para não criar um relevo com níveis "chapados" onde ficaria parecido com uma escada, teve a idéia de separar cada curva de nível em imagens distintas e após aplicar o filtro de *gradient* em cada uma dessas imagens, sendo os níveis mas baixo na cor cinza claro, e conforme o nível aumenta ir se aproximando da cor preta. Depois deve juntar todas as imagens em uma única novamente. A Figura 23 mostra as etapas desta aplicação iniciando pela identificação das linhas (a), separação de cada curva de nível em imagens diferentes (b)(c)(d)(e)(f), aplicação do filtro *gradient* nas imagens separadas (h)(i)(j)(k)(l). Para realizar a junção das imagens separadas é necessário criar máscaras para cada imagem, como por exemplo, a máscara do segundo nível esquerda (g) então deve mesclar todas elas em uma única imagem.

Figura 23 – Resultado da implementação inicial de reconhecimento em camadas



Fonte: elaborado pelo autor.

Ao aplicar esta sequência de passos teve-se dois resultados insatisfatórios. O primeiro é o tempo de processamento que passou de 1 minuto até realizar tudo em um computador, provavelmente em um smartphone Android demoraria mais tempo. A segunda questão é a qualidade da imagem gerada, pois o relevo 3D não ficou parecido com o que deveria ser no mundo real em relação a curvas de nível identificadas.

Visto que a abordagem anterior não estava satisfatória foi necessário aplicar outra ideia a fim de obter melhores resultados. Sendo assim percebeu-se que apenas o filtro *gaussian blur* seria necessário, pois após identificar os contornos e níveis de cada um deles, é possível criar uma imagem com a divisão dos níveis em cores diferentes como mostra a Figura 16 (e) e então basta aplicar o filtro *gaussian blur* nesta imagem como mostra a Figura 16 (f) e ela está pronta para servir de entrada para criação da renderização em 3D. O resultado desta segunda abordagem foi satisfatório e eliminou os problemas da ideia inicial. O processamento é bem mais rápido por não ser necessário criar várias imagens, processar uma a uma e juntar tudo outra vez. A qualidade da visualização 3D também foi satisfatória, pois é possível perceber que o relevo gerado corresponde ao desenho identificado. O arquivo exportado pelo aplicativo foi importado corretamente em softwares CAD, também foi impresso um modelo em 3D como mostra a Figura 22.

4.2 TESTE DE UTILIZAÇÃO POR PROFISSIONAL

Para validar a utilização do aplicativo como ferramenta de apoio ao ensino de curvas de nível foi realizado entrevista com Jansen (2019), que é professora de Arquitetura e Urbanismo na Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB). A entrevista teve como propósito apresentar o aplicativo e explorar as funcionalidades do processo da identificação do desenho e as saídas geradas pelo aplicativo, com objetivo de obter um retorno em relação a sugestões de melhoria e viabilidade da utilização do aplicativo. Para realizar a entrevista foi utilizado um questionário de perguntas apresentado no Apêndice B.

Na entrevista o aplicativo funcionou como esperado executando todas as funções sem apresentar erros. A usuária executou e compreendeu todas as funções disponíveis sem necessidade de repetir explicações. No início teve dificuldade em entender as setas do ajuste, como a tela inicial mostra as linhas coloridas conforme altura, foi entendido

que as deveriam aumentar ou diminuir a altura do relevo. Para melhorar este ponto foi alterado o aplicativo para exibir a descrição da função como “Realçar Linha” ao invés de “Ajuste”, assim esclarece melhor que a função das setas é melhorar a qualidade das linhas e não sua altura.

Apesar do aplicativo funcionar como esperado, Jansen (2019) fez várias sugestões de melhorias: exportar o arquivo em formato Drawing Exchange Format (DXF) por ser mais comum entre o pessoas de arquitetura; adicionar paleta de cores para que o usuário possa alterar as cores como preferir; melhorar a movimentação da câmera na tela de visualização 3D pois achou um pouco ruim; adicionar configuração de altura para o usuário escolher a altura entre as curvas de nível; adicionar função para colocar uma casa sobre o relevo das curvas iniciais depois identificar um segundo desenho e comparar com o inicial (o objetivo desta melhoria é fazer simulação do efeito causado em melhorar ou piorar um terreno).

4.3 COMPARATIVO COM OS CORRELATOS

O projeto possui vários aspectos semelhantes aos correlatos. Ao comparar o aplicativo desenvolvido com o estudo de tecnologias no ensino, ambos possuem o propósito de realizar uma impressão em 3D para auxiliar alunos, mas o trabalho correlato não permite identificar curvas de nível criada pelos alunos, outro ponto a ser considerado é o tempo de impressão 3D que demora vários minutos para no final visualizar apenas um exemplo, enquanto que o aplicativo desenvolvido neste projeto permite exibir o resultado ao aluno no mesmo momento em que tirar uma foto das curvas de nível feitas por ele mesmo. Quanto ao software Edificius, ambos permitem criação de terrenos e o exportam como um arquivo, porém o Edificius é um software comercial, além de possuir custo para adquirir licença o mesmo funciona em aplicação desktop, exige um nível de complexidade por ser direcionado a profissionais, em contrapartida o aplicativo móvel desenvolvido neste projeto possui poucas opções o que o torna mais versátil para ser utilizado com crianças. O LandscapAR é o único correlato que faz reconhecimento de um desenho feito por uma pessoa em um papel em branco, mas após gerar a visualização 3D não possui algum tipo de interação com o terreno, o aplicativo móvel desenvolvido neste projeto é semelhante no reconhecimento de um desenho em papel, mas além disso possui algumas funcionalidades a mais como rotacionar a câmera em vários ângulos, alterar a cor do terreno conforme mapa de altimetria, adiciona efeito de água sobre o terreno e permite exportar um arquivo 3D .

5 CONCLUSÕES

Todos objetivos para implementação do aplicativo foram cumpridos, por ter poucas opções torna o uso do aplicativo bem prático para qualquer pessoa que utilize um smartphone. O aplicativo é capaz de representar corretamente uma imagem 2D em 3D, também exportar corretamente um arquivo para ser visualizado em outros softwares ou até mesmo ser impresso em 3D, logo é possível utilizar para auxílio no ensino e entendimento de curvas de nível. O maior objeto de pesquisa por parte da implementação foi a seqüência das técnicas de processamento de imagem para converter a imagem 2D em 3D. O reconhecimento das linhas possui algumas limitações, para realizar uma boa identificação das linhas é necessário que a folha esteja completamente branca sem algum tipo de mancha ou com alguma cor mais escura, o usuário deve evitar fazer qualquer tipo de sombra no momento de tirar a foto senão o aplicativo pode adicionar o contorno da sombra, o ambiente deve estar bem iluminado e utilizar uma caneta escura para destacar bem o desenho feito pelo usuário, porém quando as curvas são identificadas corretamente, o modelo de relevo gerado chega bem próximo de como deve ser no mundo real.

Apesar do aplicativo necessitar de um ambiente claro e uma folha de papel totalmente branca para funcionar corretamente, ainda é possível utilizar em uma sala de aula tendo cuidado para evitar as situações de limitação do aplicativo. Com as sugestões de melhorias apresentadas o aplicativo pode evoluir e se tornar uma ferramenta de ensino não apenas para alunos de anos iniciais, mas até alunos de ensino superior. As possíveis opções de extensão encontradas para o aprimoramento deste projeto são:

- a) criar marcador na folha de papel e exibir relevo em Realidade Aumentada (RA);
- b) identificar depressão do relevo;
- c) adicionar configuração para definir nível de altura entre as curvas de nível;
- d) adicionar paleta de cores para usuário editar como preferir;
- e) exportar o arquivo para outros formatos comuns em softwares CAD como o formato DXF;
- f) importar arquivo de terreno e permitir edição;
- g) adicionar função que permite selecionar uma linha e ajustar somente ela;
- h) adicionar simulação de terreno ao comparar duas imagens diferentes.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994. 35 p.

ACCASOFTWARE. **Software BIM para arquitetura**. [S.I.], 2017. Disponível em: <<http://www.accasoftware.com/ptb/software-bim/>> Acesso em: 01 abr. 2018.

- ALVES, Alexandra C. **Joint Bilateral Upsample**. [S.I.], 2007. Disponível em: <<http://lvelho.impa.br/ip09/demos/jbu/filtros.html>> Acesso em: 16 jul. 2019.
- BIBLUS. **Modelagem do terreno com as curvas de nível em um software BIM**. [S.I.], 2017. Disponível em: <<http://biblus.accasoftware.com/ptb/modelagem-do-terreno-com-as-curvas-de-nivel-em-um-software-bim/>> Acesso em: 01 abr. 2018.
- BRAGA, Juliana. **Objetos de Aprendizagem: Volume 1 - Introdução e Fundamentos**. Santo André: UFABC, 2014.
- BRAGA, Juliana Cristina; PIMENTEL, Edson; DOTTA, Silvia. Metodologia INTERA para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 24. 2013, Santo André. **Anais...** Santo André: UFABC, 2013. p 306-315.
- DOUBEK, A. **Topografia**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989.
- ENOX SOFTWARE. **OpenCV for Unity - Asset Store**. [S.I.], 2019. Disponível em: <<https://assetstore.unity.com/packages/tools/integration/opencv-for-unity-21088>>. Acesso em: 18 jun. 2019.
- ESPARTEL, Lélis. **Curso de Topografia**. 9 ed. Rio de Janeiro: Globo, 1987.
- FERNANDO, Luiz. **Topografia em sala de aula**. [S.I.], 2017. Disponível em: <<http://linguagemgeografica.blogspot.com.br/2015/01/topografia-em-sala-de-aula.html>> Acesso em: 01 abr. 2018.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1997.
- GONÇALVES, Hanna Aimée da Fraga et al. Proposta de utilização de tecnologias de impressão 3D para o ensino de cartografia e geomorfologia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17., 2017, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2017. p 3584-3587.
- GONZALES, Rafael C.; WOODS, Richard E. **Processamento digital de imagens 3ª edição**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- HAINES, Eric; CHOI, Yun Kyu. **TerrainObjExporter**. [S.I.], 2014. Disponível em: <<https://wiki.unity3d.com/index.php/TerrainObjExporter>> Acesso em: 27 abr. 2019.
- JANSEN, Giane Roberta. **Entrevista de apresentação do aplicativo Relevo 3D**. Entrevistador: Dalton Solano dos Reis. Blumenau. 2018. Entrevista feita através de conversação – não publicada.
- JESUS, Edison O., COSTA, Roberto. A Utilização de Filtros Gaussianos na Análise de Imagens Digitais. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics**, São Carlos, v. 3, n. 1, 2015. Disponível em: <<https://proceedings.sbmac.org.br/sbmac/article/view/477>>. Acesso em: 16 jul 2019.
- JOLIX. **Low Poly Water GPU - Asset Store**. [S.I.], 2019. Disponível em: <<https://assetstore.unity.com/packages/vfx/shaders/substances/low-poly-water-gpu-79255>>. Acesso em: 22 abr. 2019.
- PENA, Rodolfo F. Alves. **Curvas de nível e representação topográfica**. [S.I.], 2018. Disponível em: <<https://alunosonline.uol.com.br/geografia/curvas-nivel-representacao-topografica.html>> Acesso em: 06 maio. 2018.
- PICCINI, Anderson Rodrigo; FOCKING, Gerson Pesente; DENARDI, Ana Maria. Utilização de ambientes virtuais de ensino e aprendizagem: Um comparativo entre diferentes modalidades de ensino para jovens e adultos do IFTO. **Revista Labor**, Palmas, v. 1, n. 5, p.21-38, jul. 2011.
- RUSS, J.C. **The Image Processing Handbook. 6 edition**. Boca Raton: CR Press, 2011
- SIMIELLI, Maria Elena et al. Do plano ao tridimensional: a maquete como recurso didático. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 70, p. 5-21, 1992.
- VALENTE, J. A. **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: UNICAMP, 1999.
- WEEKEND LABS UG. **LandscapAR augmented reality**. [S.I.], 2011. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=de.berlin.reality.augmented.landscapar>> Acesso em: 01 abr. 2018.

APÊNDICE A – REQUISITOS DA APLICAÇÃO

Neste apêndice serão exibidos os principais requisitos da aplicação utilizados no desenvolvimento. Os requisitos estabelecidos foram:

- a) identificar curvas de nível feitas por um usuário em um desenho de papel (Requisito Funcional – RF);
- b) permitir ao usuário ajustar a identificação dos contornos (RF);
- c) permitir ao usuário visualização do relevo em 3D (RF);
- d) permitir ao usuário visualizar terreno em cores conforme nível do relevo em um mapa de altimetria (RF);
- e) permitir ao usuário simular efeito de água aplicada sobre o terreno gerado (RF);
- f) permitir ao usuário exportar arquivo OBJ (RF);
- g) utilizar ferramenta Unity para desenvolvimento da interface da aplicação (Requisito Não Funcional - RNF);
- h) utilizar linguagem C# na implementação dos scripts (RNF);
- i) utilizar OpenCv para realizar processamento de imagem (RNF);
- j) aplicativo deve executar na plataforma móvel Android (RNF).

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO APLICATIVO

Neste apêndice serão exibidas as perguntas utilizadas na entrevista de usuário que tem por objetivo avaliar a usabilidade da aplicação. O questionário está disponível em <http://bit.ly/2FMxD4h>.

01. Você conseguiu executar todas as funções com facilidade

Nenhuma foi fácil 1() 2() 3() 4() 5() Todas foram fáceis

02. Quantas funções você concluiu sem NENHUM auxílio externo?

Nenhuma 1() 2() 3() 4() 5() Todas

03. Como você classifica o quanto a disposição de ícones e descrição tornam a interface intuitiva e fácil de usar?

Pouco 1() 2() 3() 4() 5() Muito

04. Como você classifica a qualidade da identificação dos contornos em relação ao desenho original na primeira Tela?

Péssima 1() 2() 3() 4() 5() Excelente

05. Como você classifica a qualidade do relevo 3D gerado na segunda Tela?

Péssima 1() 2() 3() 4() 5() Excelente

06. Como você considera o quanto o aplicativo pode auxiliar no entendimento da representação de curvas de nível?

Pouco 1() 2() 3() 4() 5() Muito

07. Você possui algum comentário geral, crítica ou sugestão?