

UNIVERSIDADE FEEVALE

JONATA DANIEL BECKER

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA GAMIFICADA PARA O
ENSINO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**

Novo Hamburgo

2018

JONATA DANIEL BECKER

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA GAMIFICADA PARA O
ENSINO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do grau
de Bacharel em Ciência da Computação pela
Universidade Feevale

Orientador: Prof^ª. Dra. Marta Rosecler Bez

Novo Hamburgo

2018

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo geral apresentar o desenvolvimento de módulos para a ferramenta VISNode, visando uma ferramenta para o aporte ao ensino na área de processamento digital de imagens (PDI). O VISNode é uma ferramenta para prototipação de técnicas de PDI, que faz uso de nodos e suas conexões para representar técnicas e suas ligações. Foram utilizados conceitos de gamificação para incentivar os estudantes, também foram disponibilizados materiais teóricos para complementar o aprendizado. O que motiva a realização dessa pesquisa é a possibilidade de construir uma ferramenta que possa auxiliar estudantes de PDI a conhecer e entender melhor esta disciplina. A presente investigação busca responder a seguinte questão problematizadora: O uso de uma ferramenta de ensino, utilizando como base elementos da gamificação, contribui para o ensino da disciplina de Processamento Digital de Imagens? Considera-se a hipótese de que abordagens como gamificação podem auxiliar estudantes a se manterem motivados e envolvidos com o processo de aprendizagem, e que ferramentas para o ensino proporcionam um ambiente de simulação e prototipação, servindo como mecanismo para o estudante aplicar na prática aquilo que ele aprendeu na teoria. Foi optado pela metodologia de pesquisa científica de natureza quantitativa, do tipo exploratória, com origem de dados bibliográficos/documentais, com local de realização em campo sob o prisma epistemológico do *Design Science Research*. Os instrumentos de coleta de dados foram questionários. O resultado obtido com essa pesquisa foi o desenvolvimento de uma ferramenta para o aporte ao ensino de PDI, muito bem avaliada pelos estudantes no decorrer de um semestre na disciplina de PDI.

Palavras-chaves: Processamento digital de imagens, aprendizagem, ensino, gamificação

ABSTRACT

This research aims to present the development of modules for the VISNode, the objective is develop a tool that can help in the study of digital image processing. VISNode is a tool for prototyping PDI techniques, which makes use of nodes and their connections to represent techniques and their connections. Gamification concepts were used to encourage students, and theoretical materials were also available to complement learning. What motivates the accomplishment of this research is the possibility of constructing a tool that can help students of PDI to know and to understand better this discipline. The present investigation seeks to answer the following problematizing question: Does the use of a teaching tool, based on elements of gamification, contribute to teach Digital Image Processing? It is hypothesized that approaches such as gamification can help students stay motivated and involved with the learning process, and that teaching tools provide a simulation and prototyping environment, serving as a mechanism for the student to apply in practice what learned in theory. It was chosen the quantitative methodology research, and the exploratory type, with origin of bibliographical / documentary data, using Design Science Research. The instruments of data collection were questionnaires. The result obtained with this research was the development of a tool for the contribution to the teaching of digital image processing, very well evaluated by the students during a semester in the discipline of PDI.

Key-words: Image processing, knowledge, teach, gamification.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxo metodológico	16
Figura 2 – Demonstração de um histograma	20
Figura 3 – Imagem colorida (a) e a imagem correspondente após a aplicação do <i>threshold</i> (b)	21
Figura 4 – Imagem colorida (a) e as imagens correspondentes após a aplicação de contraste com diferentes valores (b) e (c)	22
Figura 5 – Imagem colorida e a imagens correspondentes após a aplicação de brilho	23
Figura 6 – Aplicação de filtros de transformações geométricas em uma imagem . .	25
Figura 7 – Aplicação de filtro passa baixa em uma imagem	28
Figura 8 – Algoritmos de detecção de bordas	33
Figura 9 – Algoritmos de detecção de bordas de Canny e Marr and Hildreth . . .	34
Figura 10 – Exemplos de elementos estruturantes	35
Figura 11 – Aplicações de operações de morfologia matemática em um imagem . .	37
Figura 12 – Representa máscaras utilizadas pelo algoritmo de Stentiford	38
Figura 13 – Representa máscaras utilizadas pelo algoritmo de Zhang Suen	38
Figura 14 – pixels P2 ou P8 ou P4 devem ser um pixel branco	39
Figura 15 – pixels P2 ou P8 ou P4 devem ser um pixel branco	39
Figura 16 – pixels P2 ou P4 ou P6 devem ser um pixel branco	40
Figura 17 – pixels P8 ou P6 ou P4 devem ser um pixel branco	40
Figura 18 – pixels P8 ou P6 ou P4 devem ser um pixel branco	41
Figura 19 – Aplicação de algoritmos de afinamento	41
Figura 20 – Exemplo de crescimento de regiões	43
Figura 21 – Exemplo na execução do método Snakes	44
Figura 22 – Exemplo na execução do método <i>Flood-fill</i>	44
Figura 23 – Contextualização da gamificação	48
Figura 24 – Aplicação do processo de binarização	56
Figura 25 – Ambiente JavaVisDesktop	57
Figura 26 – Ambiente JavaVis3D	58
Figura 27 – Exemplos de tarefa aplicada aos estudantes	59
Figura 28 – Exemplos de tarefa aplicada aos estudantes	61
Figura 29 – Sequência de eventos aplicados em sala de aula	62
Figura 30 – Avaliação da ferramenta	63
Figura 31 – Demonstrativo do VISNode	66
Figura 32 – Imagem capturada do equipamento de cálculo de valor monetário . . .	69

Figura 33 –Exibição do código fonte de algoritmo de Holt	72
Figura 34 –Exibição da explicação do algoritmo de Holt	73
Figura 35 –Exibição do <i>script</i> do algoritmo de Brilho	73
Figura 36 –Arquitetura VISNode	74
Figura 37 –Listagem de desafios	75
Figura 38 –Narrativa de um desafio	75
Figura 39 –Missões	76
Figura 40 –Desafios recompensa	77
Figura 41 –Soluções de Missões	78
Figura 42 –Narrativa de uma missão	78
Figura 43 –Resolução da missão pelo VISNode	79
Figura 44 –Ranking	80
Figura 45 –Conquistas	80
Figura 46 –Cadastro de desafios	81
Figura 47 –Cadastro de missões	82
Figura 48 –Cadastro de grupos	83
Figura 49 –Acompanhamento de usuários	84
Figura 50 –Avaliação de funcionalidades - Pergunta 1	92
Figura 51 –Avaliação de funcionalidades - Pergunta 2	92
Figura 52 –Avaliação de funcionalidades - Pergunta 3	93
Figura 53 –Avaliação de confiabilidade - Pergunta 1	94
Figura 54 –Avaliação de confiabilidade - Pergunta 2	95
Figura 55 –Avaliação de usabilidade - Pergunta 1	96
Figura 56 –Avaliação de usabilidade - Pergunta 2	97
Figura 57 –Avaliação de usabilidade - Pergunta 3	97
Figura 58 –Avaliação de aprendizagem - Pergunta 1	99
Figura 59 –Avaliação de aprendizagem - Pergunta 2	100
Figura 60 –Avaliação de aprendizagem - Pergunta 3	100
Figura 61 –Avaliação de aprendizagem - Pergunta 4	101
Figura 62 –Avaliação de aprendizagem - Pergunta 5	101
Figura 63 –Avaliação de aprendizagem - Pergunta 6	102
Figura 64 –Imagem de entrada para o desafio	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Elementos da listagem de desafios	74
Quadro 2 – Elementos da listagem de missões	76
Quadro 3 – Elementos da listagem de missões concluídas	77
Quadro 4 – Elementos da listagem de missões concluídas	79
Quadro 5 – Elementos da listagem de <i>Rankings</i>	79
Quadro 6 – Elementos da listagem de missões concluídas	81
Quadro 7 – Elementos da manutenção de desafios	82
Quadro 8 – Elementos da manutenção de missões	83
Quadro 9 – Elementos do acompanhamento de usuários	84
Quadro 10 –Cronograma de avaliações	86
Quadro 11 –Primeira avaliação de funcionalidades	91
Quadro 12 –Avaliação de confiabilidade	93
Quadro 13 –Avaliação de usabilidade	95
Quadro 14 –Avaliação de aprendizagem	98
Quadro 15 –Comentário recebidos no questionário sobre o VISNode	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
PDI	Processamento Digital de Imagens
API	<i>Application Program Interface</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
DICOM	<i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

γ Letra grega Gama

β Letra grega Beta

α Letra grega Alpha

δ Letra grega Delta

\ominus Erosão

\oplus Dilatação

SUMÁRIO

1	Introdução	13
2	Metodologia	15
2.1	Criação	16
2.2	Avaliação	17
2.3	Disseminação	17
2.4	Considerações	17
3	Processamento digital de imagens	19
3.1	Limiarização	21
3.2	Brilho e Contraste	22
3.3	Transformações geométricas	23
3.3.1	Translação	23
3.3.2	Mudança de escala	24
3.3.3	Reflexão	24
3.3.4	Rotação	25
3.4	Filtros passa baixa (Suavização)	26
3.4.1	Média	26
3.4.2	Moda	26
3.4.3	Mediana	26
3.4.4	Filtro Gaussiano	27
3.5	Filtros passa-alta	28
3.5.1	Sobel	29
3.5.2	Roberts	30
3.5.3	Prewitt	31
3.5.4	Kirsch	31
3.5.5	Robinson	32
3.5.6	Frei-Chen	32
3.5.7	Canny	33
3.5.8	Marr and Hildreth	34
3.6	Morfologia matemática	34
3.6.1	Erosão	35
3.6.2	Dilatação	35
3.6.3	Abertura	36
3.6.4	Fechamento	36
3.7	Afinamento de bordas	37

3.7.1	Stentiford	37
3.7.2	Zhang Suen	38
3.7.3	Holt	40
3.8	Segmentação	41
3.8.1	Segmentação baseada em regiões	42
3.8.2	Método de Contornos Ativos	43
3.8.3	<i>Flood-fill</i>	44
3.9	Considerações	44
4	Gamificação	46
4.1	Jogo, Simulação e Gamificação	47
4.2	Gamificação na educação	48
4.2.1	Motivação intrínseca e extrínseca	49
4.3	Elementos gamificação	50
4.3.1	Narrativas	50
4.3.2	Metas, Regras e Objetivos	51
4.3.3	Pontos	52
4.3.4	Medalhas	52
4.3.5	Recompensas e Conquistas	52
4.3.6	Níveis e <i>rankings</i>	53
4.3.7	<i>Feedback</i>	53
4.3.8	Desafios	53
4.3.9	Competição	54
4.4	Considerações	54
5	Trabalhos correlatos	55
5.1	JavaVis: An Integrated Computer Vision Library for Teaching Computer Vision	55
5.1.1	JavaVis2D	55
5.1.2	JavaVisDesktop	56
5.1.3	JavaVis3D	57
5.1.4	Resultados obtidos	58
5.2	Classroom Live: a software-assisted gamification tool	59
5.3	Considerações	63
6	Desenvolvimento da ferramenta	65
6.1	VISNode	65
6.1.1	Arquitetura	67
6.2	Proposta gamificada	67
6.2.1	Elementos	68

6.2.1.1	Missões	68
6.2.1.2	Desafios	68
6.2.1.3	Recompensas e pontos de experiência	70
6.2.1.4	<i>Rankings</i>	70
6.2.2	Utilização	71
6.3	Processos	71
6.4	Material teórico	72
6.5	Arquitetura	73
6.6	Interface do Aluno	74
6.6.1	Desafios e missões	74
6.6.2	Ranking	79
6.6.3	Conquistas	80
6.7	Interface do Professor	81
6.7.1	Manutenção de Desafios	81
6.7.2	Manutenção de grupos	83
6.7.3	Acompanhamento de usuários	84
6.8	Considerações	85
7	Validação dos resultados	86
7.1	Encontro de avaliação do VISNode	87
7.2	Primeira apresentação do VISNode	87
7.3	Segunda apresentação do VISNode	88
7.4	Primeiro encontro de validação com a ferramenta gamificada	88
7.5	Segundo encontro de validação com a ferramenta gamificada	89
7.6	Encontro final de validação com a ferramenta gamificada	90
7.7	Resultados obtidos	90
7.7.1	Avaliação de funcionalidades da ferramenta	91
7.7.2	Avaliação de confiabilidade	93
7.7.3	Avaliação de usabilidade	95
7.7.4	Avaliação de aprendizagem	98
7.7.5	Comentários	102
7.8	Considerações	103
8	Considerações Finais	105
	Considerações Finais	105
	Referências	108

Apêndices	111
APÊNDICE A Questionário aplicado nas avaliações em sala de aula . .	112
APÊNDICE B Desafios de extração de estatísticas da imagem	116
APÊNDICE C Desafio Funerária “Pesadelo eterno”	117
C.0.1 Missão 1	117
C.0.2 Missão 2	117
C.0.3 Missão 3	118
C.0.4 Missão 4	118
C.0.5 Missão 5	119
C.0.6 Missão 6	119
APÊNDICE D Desafio Estúdio Fotográfico	121
D.0.1 Missão 1	121
D.0.2 Missão 2	121
D.0.3 Missão 3	121
D.0.4 Missão 4	122
D.0.5 Missão 5	122
D.0.6 Missão 6	122
APÊNDICE E Desafio de trânsito	124
E.0.1 Missão 1	124
E.0.2 Missão 2	124
E.0.3 Missão 3	125
E.0.4 Missão 4	125

1 INTRODUÇÃO

Mesmo com o esforço e a dedicação de educadores de universidades, estudantes se frustram com algumas disciplinas dos cursos tecnológicos devido a grande complexidade e a falta de motivação (GARCIA; GUZMÁN-RAMÍREZ; PACHECO, 2015). Na maioria dos casos, estudantes descobrem que a teoria não é atrativa, difícil e pouco aplicável (ZIN; SALLEH; BAKRI, 2015).

A gamificação é uma abordagem que visa facilitar a aprendizagem e incrementar a motivação, através da utilização de conceitos provenientes dos jogos, como superar desafios, receber recompensas e ganhar pontuação. Um dos objetivos da gamificação é atrair a atenção da pessoa e motivá-la a executar a tarefa proposta, criando um ambiente onde haja um maior envolvimento (KAPP, 2014).

Por outro lado, avanços de pesquisa e a utilização de Processamento Digital de Imagens (PDI) cresce fortemente nas mais diversas áreas de conhecimento. Em medicina, por exemplo, procedimentos são utilizados para melhorar a qualidade de imagens médicas através da alteração de contraste ou intensidade de contraste, facilitando, desta forma, a interpretação por parte de profissionais da área da saúde (RONNAU, 2015). Da mesma forma, PDI pode ser encontrado em astronomia (GRICE et al., 2015), biologia (HARDY et al., 2017), aplicações industriais (DAI et al., 2015) e apoio a defesa (MENDOZA; MALIJAN; CALDO, 2016). Devido a esta importância, a disciplina de PDI é presente em quase todos os programas de graduação dos cursos de Ciência da Computação e Sistemas de Informação (GARCIA; GUZMÁN-RAMÍREZ; PACHECO, 2015).

PDI é composto por diversas etapas, iniciando pela aquisição da imagem, passando pelo processamento e segmentação até a exibição da imagem ou informações provenientes destas. A etapa de processamento de imagens é composta por procedimentos que são apresentados em forma de algoritmos (GONZALEZ; WOODS, 2008). Por estes algoritmos expressarem funções matemáticas complexas, softwares podem ser úteis para auxiliar alunos a entender estes conceitos sem desconsiderar a teoria matemática (LÓPEZ; PELAYO; FORERO, 2016). A tecnologia é uma poderosa ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem, oferecendo ambientes de simulação e prototipação para educadores e estudantes, que servem como aporte ao ensino (HENDERSON; SELWYN; ASTON, 2017).

A área de PDI conta com diversas ferramentas para auxiliar tanto na aprendizagem quanto no desenvolvimento de novas soluções. Pode-se citar o OpenCV que é uma biblioteca de visão computacional *open source* (PULLI et al., 2012), o ambiente CoLFDImaP, que é uma ferramenta web para experimentação que faz uso de um paradigma

colaborativo (GARCIA; GUZMÁN-RAMÍREZ; PACHECO, 2015) e o Adaptive Vision Studio, que é uma ferramenta para a criação de algoritmos de processamento e análise de imagens através de um *dataflow* de técnicas PDI (RADLAK et al., 2015).

O VISNode é uma ferramenta que apresenta uma interface que permite uma visualização concreta de técnicas de PDI e como elas se conectam para formar um processamento de mais alto nível. A ferramenta é baseada em nodos e suas conexões, onde cada nodo representa uma técnica de PDI e pode ser encadeado para a formação de um processo completo (VISNODE, 2018).

Portanto, este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de módulos para a ferramenta VISNode, visando o auxílio na aprendizagem na área de processamento digital de imagens. Para isso foram aplicados conceitos de gamificação. O objetivo do trabalho não é o distanciamento da teoria, mas sim a aproximação da prática.

O módulo desenvolvido proporciona aos estudantes um ambiente onde seja possível o aprendizado através da experimentação de técnicas de PDI. A partir da ferramenta é possível consultar materiais teóricos que descrevem o funcionamento das técnicas de PDI, além do pseudocódigo de seus algoritmos. Além disso, a ferramenta conta com um ambiente de desafios que tem como objetivo incentivar estudantes através da resolução de problemas relacionados a área de PDI.

Este trabalho está dividido em sete capítulos. Este capítulo representa o primeiro. O Capítulo 2 apresenta a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho. No Capítulo 3 são expostas diferentes técnicas aplicadas em PDI, que foram estudadas na busca de embasamento técnico para o desenvolvimento da ferramenta. O Capítulo 4 trata da gamificação e seus conceitos, apresentando os principais elementos que podem ser utilizados na aplicação de gamificação. A apresentação de algumas pesquisas que já foram realizadas na área de desenvolvimento de ferramentas para o ensino e ferramentas gamificadas são apresentadas no Capítulo 5. O Capítulo 6 aborda o desenvolvimento da ferramenta, com detalhes de seu funcionamento e das técnicas que foram utilizadas. O processo de validação e os resultados obtidos nessa etapa são demonstrados no Capítulo 7. No Capítulo 8 são descritas as considerações finais do trabalho.

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido utilizando a técnica de pesquisa chamada *Design Science Research*. Segundo Dresch A; Lacerda (2015), a *Design Science Research* auxilia na construção de um conhecimento científico útil e aplicável através da criação de artefatos. Portanto, consiste em criar um objeto artificial produzido pelo ser humano, através do seu conhecimento técnico e científico.

De acordo Dresch A; Lacerda (2015), o *Design Science Research* é dividido em cinco etapas. A primeira etapa é a conscientização, que destina-se à definição do problema a ser estudado na pesquisa. Como resultado desta etapa é esperada a definição do problema e as soluções satisfatórias possíveis. Para esta etapa, são necessários o estudo da arte e a relevância do problema.

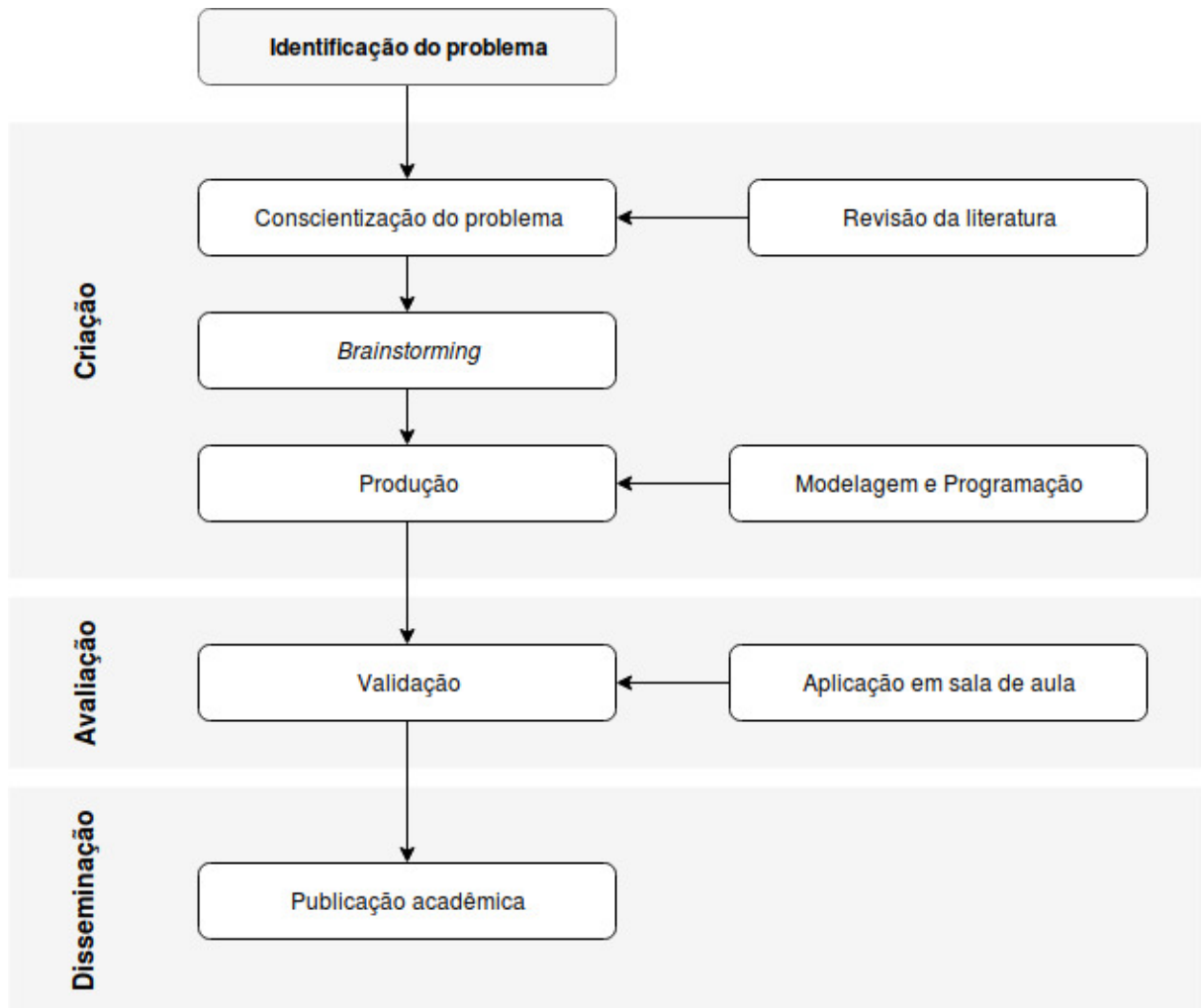
A segunda etapa é a sugestão, que tem por objetivo a definição de possíveis soluções para o problema proposto. É importante que estas soluções sejam possíveis de serem alcançadas (DRESCH A; LACERDA, 2015).

O desenvolvimento é a terceira etapa da metodologia, caracterizando-se pelo processo de planejamento e desenvolvimento do artefato. Para esta etapa é necessário possuir o conhecimento teórico que será utilizado para executar a solução (DRESCH A; LACERDA, 2015).

A quarta etapa é a avaliação, que consiste na verificação do comportamento do artefato em relação a solução que se objetiva alcançar. Neste etapa, é realizado um comparativo dos resultados obtidos durante a avaliação do artefato com os objetivos propostos para a solução. Pode-se optar, se necessário, pelo retorno para as etapas anteriores para aprimorar o artefato desenvolvido (DRESCH A; LACERDA, 2015).

A quinta etapa é a comunicação, onde ocorre a divulgação dos artefatos desenvolvidos, juntamente com a solução proposta e do problema identificado. Esta etapa encerra o fluxo metodológico (DRESCH A; LACERDA, 2015). O método utilizado para este trabalho será dividido em três etapas: criação, avaliação e disseminação. Este fluxo metodológico é representado pela Figura 1.

Figura 1 – Fluxo metodológico



Fonte: elaborado pelo autor

2.1 CRIAÇÃO

A etapa de criação remete aos primeiros estágios do *Design Science Research*. Engloba os processos de Conscientização, Sugestão e Desenvolvimento. A primeira etapa deste estudo teve início através de uma revisão na literatura, utilizando como aporte artigos, livros e outros materiais acadêmicos. Após este processo foi possível compreender melhor o problema que esta se tentando resolver.

A partir de uma melhor compreensão do problema, teve início o processo de identificação de um artefato que possa solucionar o problema de pesquisa. Neste processo, foi possível identificar que uma ferramenta poderia auxiliar no ensino de PDI. Além disso, foi percebido que a utilização de elementos de gamificação poderiam despertar um maior interesse dos estudantes. Desta forma, o artefato deste trabalho é um software gamificado que permite a resolução de desafios por estudantes de PDI. Uma das premissas deste software é que ele seja de fácil utilização, possibilitando que estudantes com pouco conhecimento

na área possam resolver problemas reais de PDI e ampliar seus conhecimentos.

Com o artefato definido, teve início a produção do mesmo, onde foi definido o plano de desenvolvimento e iniciou-se a modelagem e programação. Para a construção da solução foi utilizado o software VISNode. A partir dele, foram desenvolvidas funcionalidades que fazem uso de elementos da gamificação. Além de fornecer um ambiente centralizador de conhecimento de PDI, através da explanação de técnicas de PDI pela ferramenta.

2.2 AVALIAÇÃO

A etapa de avaliação compreende o processo de avaliação do *Design Science Research*. Para este trabalho, esta etapa foi realizada através de aplicações do artefato desenvolvido em sala de aula. Estas aplicações ocorreram em uma turma de Processamento Digital de Imagens na Universidade Feevale. Desta forma, a avaliação caracteriza-se como sendo, segundo o *Design Science Research*, de forma observacional com estudo de campo.

O processo de validação foi composto por monitorar o uso da ferramenta pelos alunos, e posteriormente aplicar um questionário. Este questionário foi utilizado para coletar dados úteis para avaliar e melhorar o artefato desenvolvido. A partir da opinião dos alunos foi possível avaliar a ferramenta em relação as suas funcionalidades, usabilidade, confiabilidade e aprendizagem.

2.3 DISSEMINAÇÃO

A etapa de disseminação engloba os procedimentos necessários para tornar o artefato desenvolvido disponível. Esta etapa representa o processo de Comunicação do *Design Science Research*.

Para a pesquisa em questão, esta etapa é composta pela construção de um material acadêmico. A monografia, caracterizada por este trabalho, é o principal material acadêmico desenvolvido. Além deste, a disseminação também será realizada através de artigos. Futuramente, planeja-se montar um livro iterativo através da ferramenta desenvolvida, tendo como objetivo, prover ao leitor um conteúdo teórico rico, além de possibilitar um ambiente de teste do conteúdo estudado.

2.4 CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo foi apresentado o fluxo metodológico utilizado para o desenvolvimento deste trabalho. Foram demonstradas todas as etapas utilizadas para o desenvolvimento, iniciando pela etapa de criação, passando pela avaliação e finalizado com a disseminação.

No próximo capítulo será abordado o referencial teórico referente a área de PDI. Serão abordadas as principais técnicas de PDI relacionadas a transformações geométricas, filtros passa-baixa, filtros passa-alta, morfologia matemática, afinamento de bordas e técnicas de segmentação.

3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

O processamento digital de imagens (PDI) é caracterizado pela utilização de um conjunto de técnicas para processamento de imagens digitais. Este processamento, geralmente, faz uso de técnicas matemáticas, que são transcritas de forma algorítmica, para serem utilizadas na manipulação e na geração de novas imagens (GONZALEZ; WOODS, 2008). A utilização destas técnicas permite a extração e identificação de informação de imagens, possibilitando a interpretação automática por meio computacional (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

Um sistema de processamento de imagens é composto por um conjunto de etapas, dentre elas estão: aquisição; pré-processamento; segmentação; representação e descrição; reconhecimento e interpretação. Estas etapas possuem a capacidade de produzir um resultado a partir de um domínio do problema. Por exemplo, determinar o número de células sanguíneas em uma amostra digital de sangue (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

A etapa de aquisição tem como objetivo capturar a imagem por meio de um dispositivo e converte-la adequadamente para uma representação digital. A etapa de pré-processamento visa a melhora da qualidade da imagem, utilizando técnicas para a diminuição de ruídos, correção de contraste e a suavização da imagem. A etapa de segmentação é responsável pela extração e identificação de áreas de interesse, geralmente utilizando técnicas de detecção de bordas ou regiões (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

A etapa de representação e descrição é responsável pelo armazenamento e manipulação dos objetos extraídos da imagem. Além disso, este processo também visa a extração de características dos objetos. A etapa de reconhecimento e interpretação é responsável por rotular os objetos da imagem, utilizando, para isso, as características extraídas na etapa anterior. Além da rotulação, é responsabilidade deste procedimento atribuir um significado ao conjunto de objetos reconhecidos (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

Para o processamento digital de imagens é necessário que a imagem possa ser manipulada digitalmente. Segundo Pedrini e Schwartz (2008), uma imagem digital pode ser representada através de uma matriz bidimensional, onde cada elemento desta matriz corresponde a um ponto da imagem. Cada um destes pontos representa uma cor ou um tom de cinza e são denominados pixels.

Imagens monocromáticas são imagens onde seus pixels possuem somente uma banda espectral, ou seja, seu pixel é representado somente por uma grandeza. Estas imagens podem ser binárias ou em escala de cinza. Imagens binárias são aquelas onde seus pixels assumem somente dois valores, normalmente 0 ou 1. Já uma imagem em escala de cinza, é uma imagem onde seus pixels podem assumir uma faixa de valores. Caso a

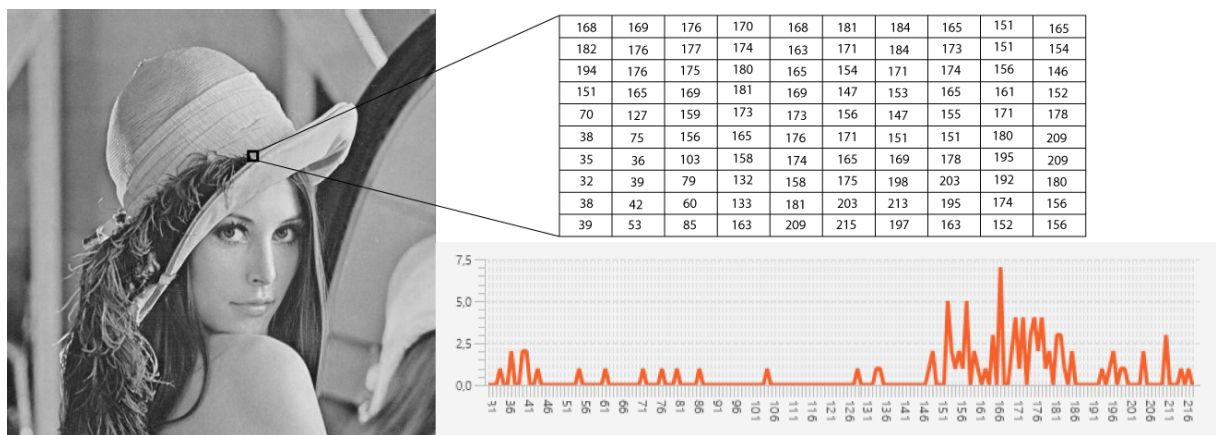
imagem utilize 1 *byte*, seus valores podem variar de 0 a 255, onde 0 representa a cor preta e 255 a cor branca, e o intervalo é representado por tonalidades de cinza, desta forma, haverá 256 tons diferentes (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

Imagens coloridas são aquelas que possuem mais de uma banda, ou seja, multibanda. Seus pixels possuem mais de um canal. Cada canal representa uma cor, desta forma, uma imagem RGB será representada por canais que identificam a cor vermelha, verde e azul, respectivamente. Digitalmente, esta imagem pode ser representada por 3 matrizes, cada uma representando um canal da imagem, a combinação das três matrizes representa uma cor (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

Uma imagem colorida pode ser transformada em uma imagem monocromática em escala de cinza ou em uma imagem binária. A transformação em escala de cinza realiza uma combinação dos valores RGB de cada pixel, definindo um valor para cada pixel através da média dos valores RGB. A conversão para uma imagem binária pode ser realizada através do processo de Limiarização (explicado na seção 3.1), onde cada pixel da imagem será testado e verificado se seu valor será preto ou branco (MOSSMANN, 2010).

O cálculo da distribuição de níveis de cor de uma imagem é denominado histograma (Figura 2). O histograma de uma imagem, normalmente é representado de maneira gráfica, onde é indicada a quantidade de pixels para cada nível de cor. Através do histograma de uma imagem é possível obter medidas estatísticas como os valores mínimo e máximo, valor médio, variância e o desvio padrão (GONZALEZ; WOODS, 2008). Na Figura 2 é demonstrado o histograma de um segmento de uma imagem.

Figura 2 – Demonstração de um histograma



Fonte: elaborado pelo autor

Segundo Conci, Azevedo e Leta (2008), o histograma pode ser obtido da seguinte forma: analisa-se o tom de cada pixel; realiza-se a contagem do número de pixels de cada intensidade de cor; representa-se esses valores na forma gráfica, correspondendo a frequência de cada tom.

Um processo comumente aplicado em técnicas de PDI é a convolução. Segundo Pedrini e Schwartz (2008), o processo de convolução faz uso de matrizes, também chamadas de máscaras, para aplicar modificações na imagem destino pixel a pixel. A máscara, também conhecida como *kernel*, é uma matriz bidimensional. Usualmente, esta matriz possui um tamanho ímpar e dimensões quadradas, estas características são importantes para que a máscara possua um pixel central.

O processo de convolução utiliza os coeficientes destas máscaras para realizar uma multiplicação pelos níveis de cor dos pixels. O pixel central é modificado pela média de todas as multiplicações. Este processo percorre a imagem aplicando a máscara em todos os pixels da imagem. Outro processo semelhante é o processo de correlação, onde este possui o mesmo princípio da convolução, mas com a diferença da máscara ser rotacionada em 180° (GONZALEZ; WOODS, 2008). A implementação em java para o algoritmo de convolução pode ser acessado através do link: <https://bit.ly/2KJBGzc>.

Neste capítulo serão apresentadas algumas das principais técnicas de PDI. Dentre elas estarão limiarização, transformações geométricas, filtro de passa baixa e passa alta, morfologia matemática, afinamento e técnicas de classificação.

3.1 LIMIAÇÃO

Limiarização ou *Threshold* é uma técnica que consiste em comparar cada pixel da imagem com um valor de limiar (também conhecido como *threshold*) e a partir deste, gerar um novo valor para o pixel em processamento. Esta técnica tem como objetivo separar objetos da imagem que correspondem a um determinado nível de intensidade. Desta forma, esta técnica permite que, em uma imagem composta por objetos claros e com fundo escuro, os objetos desta imagem possam ser facilmente extraídos aplicando um *threshold* com intensidade entre a cor de fundo e a cor dos objetos (GONZALEZ; WOODS, 2008). A Figura 3 exemplifica este procedimento.

Figura 3 – Imagem colorida (a) e a imagem correspondente após a aplicação do *threshold*(b)



Fonte: elaborado pelo autor

Na Figura 3 é aplicado um *Threshold* de 190, desta forma, os pixels com valores maiores que 190 recebem a cor branca, enquanto os pixels com valores inferiores recebem

a cor preta. A imagem resultante será composta por pixels pretos e brancos variando, sendo 0 ou 255. A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2K1Q09S>

Uma maneira comum para a identificação do *Threshold* a ser utilizado é através do histograma da imagem, sendo que através do histograma se tem uma visão geral da distribuição das tonalidades da imagem. Em um histograma com dois picos, o valor entre os dois picos pode ser utilizado como *Threshold*, onde os picos representam as cores com maior ocorrência (GONZALEZ; WOODS, 2008).

3.2 BRILHO E CONTRASTE

O conceito de brilho, quando é trabalhado com imagens digitais, está relacionado com a intensidade luminosa de uma fonte. Esta intensidade está relacionada com os pixels da imagem. O contraste está relacionado com a medida de variação da intensidade luminosa por unidade de área (GONZALEZ; WOODS, 2008).

O brilho e contraste podem ser definidos através de uma função matemática. Esta função é definida por $g = \alpha \cdot f + \beta$, onde o g é o pixel resultante, α é o coeficiente de contraste e β é o coeficiente de brilho e f é o pixel analisado (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

Figura 4 – Imagem colorida (a) e as imagens correspondentes após a aplicação de contraste com diferentes valores (b) e (c)

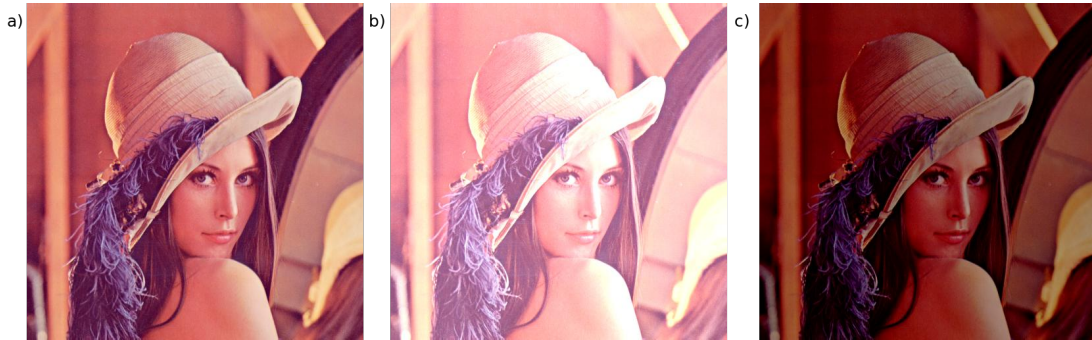


Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 4 apresenta imagens que representam a imagem original (esquerda), o resultado após a aplicação de contraste utilizando o coeficiente 2 (b) e o resultado após a aplicação de contraste utilizando o coeficiente 0,5, respectivamente (c). A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2JY8Dqj>.

A Figura 5 apresenta imagens que representam a imagem original (direita), o resultado após a aplicação de brilho utilizando o coeficiente 50 (b) e o resultado após a aplicação de brilho utilizando o coeficiente -50, respectivamente (c). A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2FTWGPn>.

Figura 5 – Imagem colorida e a imagens correspondentes após a aplicação de brilho



Fonte: elaborado pelo autor

3.3 TRANSFORMAÇÕES GEOMÉTRICAS

Transformações geométricas são aquelas que possuem o objetivo de permitir o mapeamento entre posições espaciais da imagem e a imagem modificada. Estas transformações consistem em aplicar operações responsáveis pela reorganização dos pixels da imagem (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008). São operações que modificam os tons dos pixels na posição (x_o, y_o) da imagem de origem para outra imagem (x_d, y_d) de destino, alterando, desta forma, a posição dos pixels (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

Transformações espaciais podem ser realizadas através da multiplicação de matrizes, expressa por:

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

Os valores X' , Y' , Z' representam as coordenadas da imagem de destino que receberão o pixel analisado das coordenadas X , Y , Z da imagem de origem. Os valores t_x , representam a matriz de transformação que deve ser aplicada para o pixel em análise.

3.3.1 Translação

O processo de transladar um objeto consiste em deslocar ou somar a cada um dos pixels da imagem um determinado valor (tx, ty, tz) (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008). Segundo Pedrini e Schwartz (2008), a translação de uma imagem, utilizando o deslocamento tx , ty e tz , pode ser expressa na forma matricial por:

$$T \begin{bmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & t_z \end{bmatrix}$$

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2KHJ26c>.

3.3.2 Mudança de escala

O processo de mudança de escala (zoom in, zoom out) consiste na multiplicação de cada um dos pixels da imagem por uma escala (s_x, s_y, s_z) (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008). Segundo Pedrini e Schwartz (2008), a mudança de escala de uma imagem, utilizando os fatores s_x , s_y e s_z , pode ser expressa na forma matricial por:

$$T \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & s_z \end{bmatrix}$$

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2IpuvxP>.

3.3.3 Reflexão

A operação de reflexão ou espelhamento é uma operação que combina operações de rotação múltiplas do ângulo de 90° com uma inversão de coordenadas (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008). Segundo Pedrini e Schwartz (2008), operações de reflexão podem ser expressas na forma matricial por:

$$E_{yz} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} E_{xz} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} E_{xy} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Onde E_{yz} refere-se a reflexão no eixo xy , E_{xz} refere-se a reflexão no eixo xz e E_{xy} refere-se a reflexão no eixo xy .

Segundo Conci, Azevedo e Leta (2008), um *flip* horizontal pode ser definido por uma rotação de 180° com os valores das coordenadas y_0 invertidas (representado pela máscara E_{yz}) e um *flip* vertical pode ser definido por uma rotação de 180° com os valores das coordenadas x_0 invertidas (representado pela máscara E_{xz}).

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2KIZRxn>.

Na Figura 6 é apresentada a aplicação de transformações geométricas. A primeira imagem apresentada é a original (a). O primeiro processo é a translação (b), onde a imagem original é transladada em 50 pixels no *eixo x* e 100 pixels no *eixo y*. Sequencialmente é o processo de mudança de escala utilizando o valor o fator 2 (c), a reflexão horizontalmente (d) e a rotação da imagem (e).

Figura 6 – Aplicação de filtros de transformações geométricas em uma imagem



Fonte: elaborado pelo autor

3.3.4 Rotação

Segundo Pedrini e Schwartz (2008), a operação de rotação pode ser realizada aplicando a rotação de um ponto em cada eixo de coordenadas. A rotação de um ponto em torno do eixo x utilizando um ângulo α , pode ser descrita por:

$$R_{\alpha} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \end{bmatrix}$$

A rotação de um ponto em torno do eixo y utilizando um ângulo β , pode ser descrita por:

$$R_{\beta} \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & \sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\beta & 0 & \cos\beta \end{bmatrix}$$

A rotação de um ponto em torno do eixo z utilizando um ângulo γ , pode ser descrita por:

$$R_{\gamma} \begin{bmatrix} \cos\gamma & -\sin\gamma & 0 \\ \sin\gamma & \cos\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2I4hQga>.

3.4 FILTROS PASSA BAIXA (SUAVIZAÇÃO)

Filtros do tipo passa baixa são aqueles utilizados para a extração e limpeza de imagens. Existem diversas técnicas que permitem esta operação e a escolha deve ser feita com base no tipo de imagem a ser analisada e na informação desejada desta.

O efeito visual resultante da aplicação de um filtro passa baixa é o da suavização e redução das variações nos níveis de cinza da imagem. Sua aplicação tende a reduzir ruídos, mas como consequência, a imagem tende a perder nitidez (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

3.4.1 Média

Filtros de média são utilizadas para fins de suavização de imagens, sendo utilizados para o borramento e a redução de ruídos. A ideia por trás desta técnica é aplicar uma operação estatística na vizinhança de uma máscara, calculando um novo valor do pixel analisado (GONZALEZ; WOODS, 2008).

O filtro de média calcula a média aritmética da máscara em processamento, o valor resultante será aplicado no pixel central. Este filtro diminui variações da imagem, removendo, desta forma, seu ruído (GONZALEZ; WOODS, 2008).

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2jGc7CM>.

3.4.2 Moda

O filtro de moda calcula o ponto de maior frequência entre os pontos da área em processamento. É indicado para a remoção de ruídos aleatoriamente distribuídos como o ruído gaussiano ou o uniforme (GONZALEZ; WOODS, 2008). Neste filtro, os valores existentes na máscara são ordenados e é utilizado como novo valor o mais frequente (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2Io3U46>.

3.4.3 Mediana

O filtro de mediana é o filtro estatístico mais conhecido, onde substitui o valor de um determinado pixel pela mediana dos níveis de intensidade da vizinhança. Este tipo de filtro é utilizado quando se deseja reduzir ruídos aleatórios de uma imagem. O filtro

propicia um menor borramento do que filtros lineares de suavização como o filtro de média (GONZALEZ; WOODS, 2008).

A mediana m de um conjunto contendo um número n de elementos é definida pelo valor central destes elementos, desta forma, a metade dos elementos situam-se acima de m e a outra metade abaixo. Quando n for par, é necessário realizar a média aritmética dos elementos mais próximos ao centro (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

Este filtro realiza a ordenação das intensidades dos pixels existentes dentro da máscara, utilizando como valor para o pixel analisado o valor central dos elementos ordenados (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

O filtro de mediana possui resultados melhores do que o filtro de média. Isso ocorre devido ao fato de que, se existe um ruído entre os elementos da máscara, este valor estará presente nas primeiras ou últimas posições. Desta forma, pontos discrepantes têm grande chance de serem considerados ruídos e suavizados (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2wi5EXL>.

3.4.4 Filtro Gaussiano

Filtros Gaussianos possuem características que são úteis para o processamento de imagens. As funções Gaussianas são simétricas, o que significa que o grau de suavização é aplicado da mesma forma em todas as direções (isotrópico). A suavização da imagem é obtida através da substituição de cada pixel da imagem pela média ponderada dos pixels vizinhos (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

Este filtro é utilizado para reduzir quantidades de variação de intensidades entre o pixel e seus vizinhos, minimizando e até eliminando informações indesejadas. É um dos filtros de passa-baixa mais importantes, pois seu nível de suavização ocorre de maneira uniforme, o que não ocorre nos outros filtros, como, por exemplo, no filtro de média. Este filtro é adequado para a aplicação em conjunto com outros filtros em aplicações de detecção de bordas (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

Segundo Pedrini e Schwartz (2008), em filtros Gaussianos, os coeficientes da máscara de processamento são obtidos através de uma função Gaussiana bidimensional. A função Gaussiana com média zero e desvio padrão σ é descrita por:

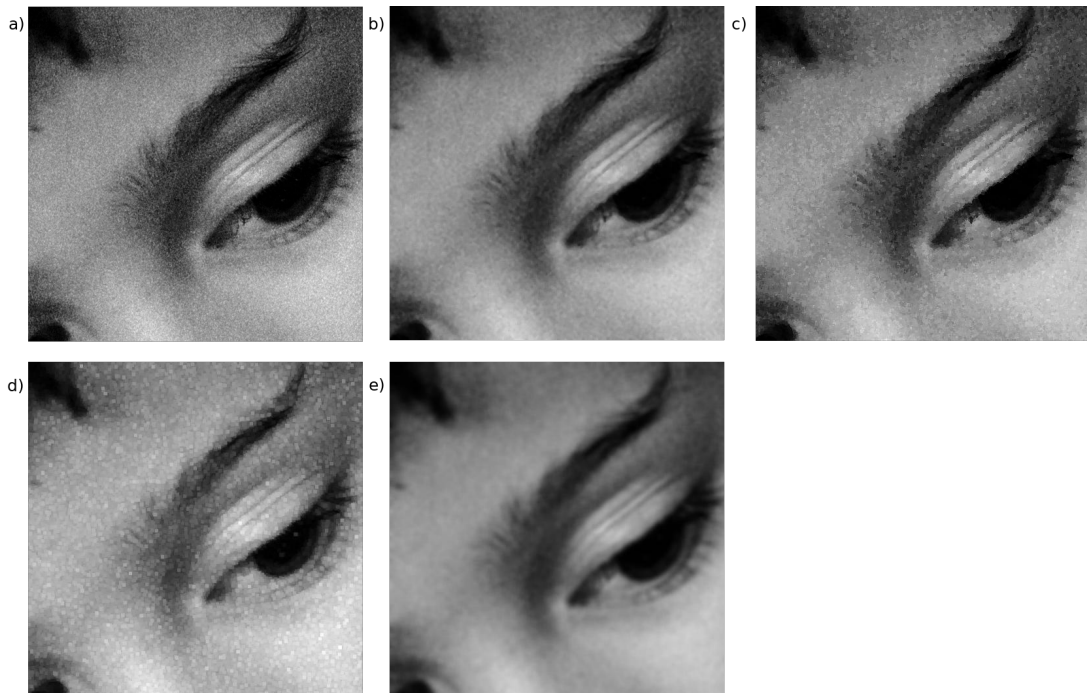
$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(\frac{-(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right)$$

A aplicação de um filtro Gaussiano pode ser realizada através de convoluções por meio de matrizes. Na sequência são descritas duas máscaras para este filtro, ambas com $\sigma = 0$.

$$Z = \frac{1}{256} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix} \quad Z = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2KIrx5F>.

Figura 7 – Aplicação de filtro passa baixa em uma imagem



Fonte: elaborado pelo autor

Na Figura 7 é apresentado um conjunto de aplicações de filtros passa baixa para a suavização da imagem de origem. A imagem (a) representa a imagem original. O primeiro filtro apresentado é o filtro da média (b), seguido do filtro da moda (c), da mediana (d) e do filtro Gaussiano (e).

3.5 FILTROS PASSA-ALTA

Filtros passa-alta diminuem ou eliminam baixas frequências, realçando as altas frequências. São filtros que destacam características como bordas, linhas e curvas, indicado mudanças repentinas nos níveis de intensidade entre duas regiões. Em geral, o resultado

obtido através destes filtros é o de tornar mais nítidas as transições entre regiões da imagem (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

Segundo Pedrini e Schwartz (2008), técnicas de detecção de bordas fazem uso de uma abordagem onde é realizado um cálculo de um operador local, que determina uma mudança abrupta de níveis de cinza. Uma borda é uma fronteira ou limite entre regiões com intensidades distintas de níveis de cinza.

Um operador utilizado para a detecção de mudanças significativas nos níveis de cinza de uma imagem é o gradiente. O gradiente é um vetor cuja direção indica os locais onde os níveis de cinza sofreram maior variação (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008). Técnicas de detecção de contornos assumem que a transição entre regiões a serem segmentadas são caracterizadas por uma variação nos níveis de cinza da imagem, desta forma, uma grande variação dos níveis de cinza pode indicar a presença das fronteiras entre objetos (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

O gradiente de uma imagem, para a função $f(x, y)$ na coordenadas x, y , pode ser definido como um vetor formado pelas suas derivadas parciais:

$$\nabla f = \left[\frac{\delta f}{\delta x}, \frac{\delta f}{\delta y} \right]$$

A magnitude do gradiente se relaciona com a taxa de variação da imagem por unidade de distância. Este valor pode ser definido através da fórmula apresentada na sequência:

$$mag(f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Onde G_x e G_y corresponde ao resultado da multiplicação da matriz Z , que corresponde aos tons da região analisada, com as máscaras de convolução G_x e G_y respectivamente.

$$Z = \begin{bmatrix} z_0 & z_1 & z_2 \\ z_3 & z_4 & z_5 \\ z_6 & z_7 & z_8 \end{bmatrix}$$

3.5.1 Sobel

O operador de Sobel realiza a aproximação da magnitude do gradiente através da diferença de valores ponderados dos níveis de cinza da imagem. Para isso, são utilizados duas máscaras de tamanho 3 x 3, sendo que uma é aplicada em relação ao *eixo x* e a

outra é aplicada no *eixo y* (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008). Este operador realiza uma suavização, e ao mesmo tempo, o realce de bordas.

$$G_x \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} G_y \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Considerando z_0 a z_8 os tons de cinza em torno do pixel que está sendo analisado, este filtro é definido pela equação de gradiente onde:

$$G_x = (z_6 + 2z_7 + z_8) - (z_0 + 2z_1 + z_2)$$

$$G_y = (z_2 + 2z_5 + z_8) - (z_0 + 2z_3 + z_6)$$

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2HYVgcU>.

3.5.2 Roberts

O operador de Roberts corresponde ao método mais simples de detecção de bordas. Como resultado, em regiões que possuem contraste bem definido, obtém-se uma imagem com intensidades altas, e baixos valores em regiões com pouco contraste. Este operador caracteriza-se por uma orientação a 45° , desta forma, bordas inclinadas são mais realçadas que outras. Outra característica deste operador é a sensibilidade a ruído (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

O operador de Roberts faz uso de duas máscaras de tamanho 2×2 , sendo que uma é aplicada no sentido horizontal e a outro é aplicada no sentido vertical (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

$$G_x \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} G_y \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Considerando z_0 a z_8 os tons de cinza em torno do pixel que está sendo analisado, este filtro é definido pela equação de gradiente, onde:

$$G_x = z_0 - z_4$$

$$G_y = z_3 - z_1$$

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2xdxoxe>.

3.5.3 Prewith

O operador de Prewith faz uso de duas máscaras de tamanho 3 x 3, sendo que uma é aplicada no sentido horizontal e a outra é aplicada no sentido vertical (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

$$G_x \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} G_y \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Este filtro faz uso do mesmo conceito de Sobel e Roberts. Considerando z_0 a z_8 os tons de cinza em torno do pixel que está sendo analisado, este filtro é definido por:

$$G_x = (z_6 + z_7 + z_8) - (z_0 + z_1 + z_2)$$

$$G_y = (z_2 + z_5 + z_8) - (z_0 + z_3 + z_6)$$

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2ksfqxT>.

3.5.4 Kirsch

O operador de Kirsch (KIRSCH, 1971) consiste na utilização de oito máscaras orientadas em 45°. Para cada pixel da imagem é realizada a aplicação de uma das oito máscaras e é mantido o valor máximo. Desta forma, o gradiente não é obtido através dos valores de G_x e G_y separadamente, e sim, atrás do maior resultado do conjunto de 8 máscaras (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

$$\begin{bmatrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}$$

Outras máscaras maiores podem ser aplicadas, como máscaras de tamanho 5 x 5 ou 7 x 7 pixel, mas estas abordagens são menos sensíveis a ruído e o tempo para a realização dos cálculos destas máscaras aumenta significativamente (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2jG3HLs>.

3.5.5 Robinson

Robson propôs um conjunto de oito máscaras onde a magnitude é calculada de maneira semelhante a realizada por Kirsh, ou seja, utilizando o valor máximo entre as oito máscaras (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \\ 2 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -2 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -1 & -0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & -1 \\ -0 & -1 & -2 \end{bmatrix}$$

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2HWssSd>.

3.5.6 Frei-Chein

O operador Frei-Chein utiliza um conjunto de nove máscaras de tamanho 3 x 3. As máscara M1 a M4 são utilizadas para realizar a detecção de bordas, já a M5 a M8 realizam a detecção de retas, e a M9 representa a média dos pixels na região da matriz (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

$$M1 \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -\sqrt{2} & -1 \end{bmatrix} M2 \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 \\ \sqrt{2} & 0 & -\sqrt{2} \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} M3 \begin{bmatrix} 0 & -1 & \sqrt{2} \\ 1 & 0 & -1 \\ -\sqrt{2} & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

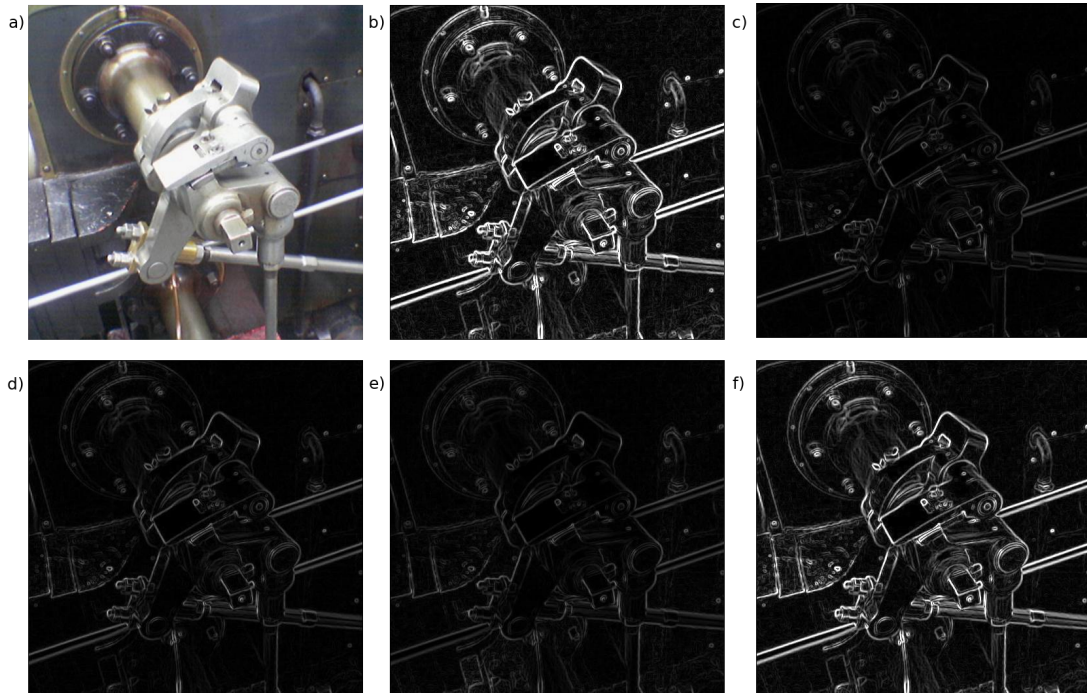
$$M4 \begin{bmatrix} \sqrt{2} & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -\sqrt{2} \end{bmatrix} M5 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} M6 \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$M7 \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} M8 \begin{bmatrix} -2 & 1 & -2 \\ 1 & 4 & 1 \\ -2 & 1 & -2 \end{bmatrix} M9 \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2K227ig>.

A Figura 8 apresenta o resultado da aplicação de detecção de bordas. A primeira imagem (a) representante a imagem original. O primeiro algoritmo aplicado é o Sobel (b), seguido de Kircsh (c), Robinson (d), Frei Chen (e) e Prewitt (f).

Figura 8 – Algoritmos de detecção de bordas



Fonte: elaborado pelo autor

3.5.7 Canny

O operador de Canny (1986) propõem um método que tem como objetivo otimizar a detecção de bordas em uma imagem que possui ruídos. Este método é o mais complexo, mas geralmente tem resultados superiores aos demais métodos com a mesma finalidade. Esta técnica é dividida em etapas. Inicialmente a imagem é suavizada através a aplicação de um filtro Gaussiano. Após esta suavização, são calculadas a magnitude e a direção do gradiente. Após o cálculo do gradiente, a borda é encontrada utilizando apenas os pontos onde a magnitude seja máxima na direção do gradiente, reduzindo assim, a espessura da borda (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

A após a identificação da borda, é possível que a imagem ainda contenha certos fragmentos causadores de ruído. Para solucionar este problema, o operador de Canny (1986) faz uso de dois limiares T_1 e T_2 , constituindo a etapa denominada limiarização com histerese. Desta forma, os pontos da borda que possuem gradiente maiores que T_2 são mantidos na imagem. Pontos que estão conectados a estes pontos e que possuem magnitude de gradiente maior que T_1 também são considerados como pertencentes a borda (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

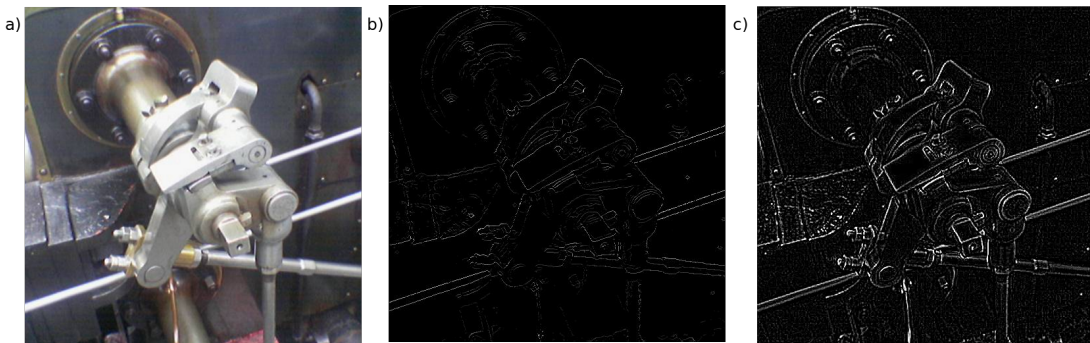
A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2jG3YxY>.

3.5.8 Marr and Hildreth

Segundo Pedrini e Schwartz (2008), o operador de Marr and Hildreth (MARR; HILDRETH, 1980) faz uso de uma máscara de tamanho 7 x 7 onde é realizado um processo de convolução. Esta matriz pode ser descrita por:

$$H \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & -3 & -3 & -3 & -2 & 0 \\ -1 & -3 & 5 & 5 & 5 & -3 & -1 \\ -1 & -3 & 5 & 16 & 5 & -3 & -1 \\ -1 & -3 & 5 & 5 & 5 & -3 & -1 \\ 0 & -2 & -3 & -3 & -3 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Figura 9 – Algoritmos de detecção de bordas de Canny e Marr and Hildreth



Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 9 apresenta o resultado da aplicação de detecção de bordas. (a) representa a imagem original. O primeiro algoritmo aplicado é o de Canny (b), seguido de Marr and Hildreth (c).

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2jDAeSp>.

3.6 MORFOLOGIA MATEMÁTICA

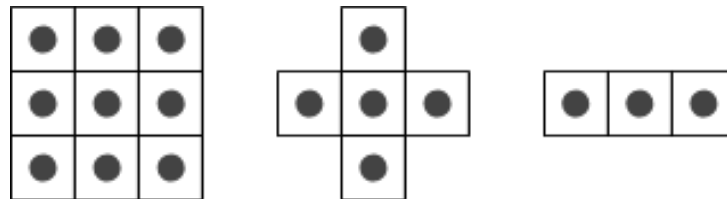
A Morfologia matemática é uma metodologia utilizada para a análise de imagens, permitindo a construção de operações para a descrição de objetos em uma imagem digital. É uma metodologia que tem aplicabilidade em diversas áreas, permitindo a busca de padrões, extração e afinamento de bordas, além do preenchimento de pequenas deformações nas imagens (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

Segundo Gonzalez e Woods (2008), a morfologia matemática utiliza como linguagem a teoria dos conjuntos. Para a realização de uma operação morfológica é realizado um mapeamento entre um conjunto a que define a imagem analisada e um conjunto b chamado

de objeto estruturante, que são pequenos conjuntos utilizados para buscar propriedades de interesse (Figura 10).

As operações de morfologia matemática são realizadas a partir de um elemento estruturante que é utilizado para percorrer a imagem processada. A cada ciclo, é realizada uma operação matemática sobre os pixels do elemento estruturante, alterando a imagem (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

Figura 10 – Exemplos de elementos estruturantes



Fonte: elaborado pelo autor

3.6.1 Erosão

O processo de erosão é responsável por afinar ou diminuir objetos de uma imagem. Pode ser utilizada para remover componentes de uma imagem que não se tem interesse. A erosão pode ser definida como uma operação de filtragem, em que os elementos da imagem menores que o elemento estruturante são removidos (GONZALEZ; WOODS, 2008).

De acordo com Pedrini e Schwartz (2008), a fórmula que representa a operação de erosão em imagens em tons de cinza é definida por:

$$[f \ominus b](x, y) = \min\{f(x + s, y + t)\} \mid (s, t) \in b$$

Onde f representa a imagem de origem e (s, t) pertencem ao elemento estruturante b . Este elemento estruturante é aplicado na imagem e a cada ciclo, o pixel analisado é substituído pelo pixel resultante de menor valor.

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2rrIuI0>.

3.6.2 Dilatação

A dilatação é um processo que, ao contrário da erosão, aumenta os objetos em uma imagem binária. Um exemplo de utilização pode ser a união de lacunas de uma imagem, onde após a aplicação de uma dilatação, a distância entre estas lacunas diminui ou deixa de existir (GONZALEZ; WOODS, 2008).

De acordo com Pedrini e Schwartz (2008), a fórmula que representa a operação de dilatação em imagens em tons de cinza é definida por:

$$[f \oplus b](x, y) = \max\{f(x + s, y + t) \mid (s, t) \in b\}$$

Onde f representa a imagem de origem e (s, t) pertencem ao elemento estruturante b . Este elemento estruturante é aplicado na imagem e a cada ciclo, o pixel analisado é substituído pelo pixel resultante de maior valor.

É importante ressaltar que as operações de dilatação e erosão são contrárias, mas uma não desfaz a outra. Uma operação de erosão, nem sempre, desfaz corretamente outra operação de dilatação, o mesmo ocorre de maneira inversa.

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2HYh7ku>.

3.6.3 Abertura

A abertura é geralmente utilizada para suavizar os contornos de um objeto, eliminando, desta forma, as saliências finas. Na operação de abertura as imagens que são menores que os elementos estruturantes são removidas da imagem (GONZALEZ; WOODS, 2008).

Segundo Pedrini e Schwartz (2008), o processo de abertura consiste na aplicação de uma erosão, seguida de uma dilatação na mesma imagem, utilizando o mesmo elemento estruturante.

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2FUz0Lc>.

3.6.4 Fechamento

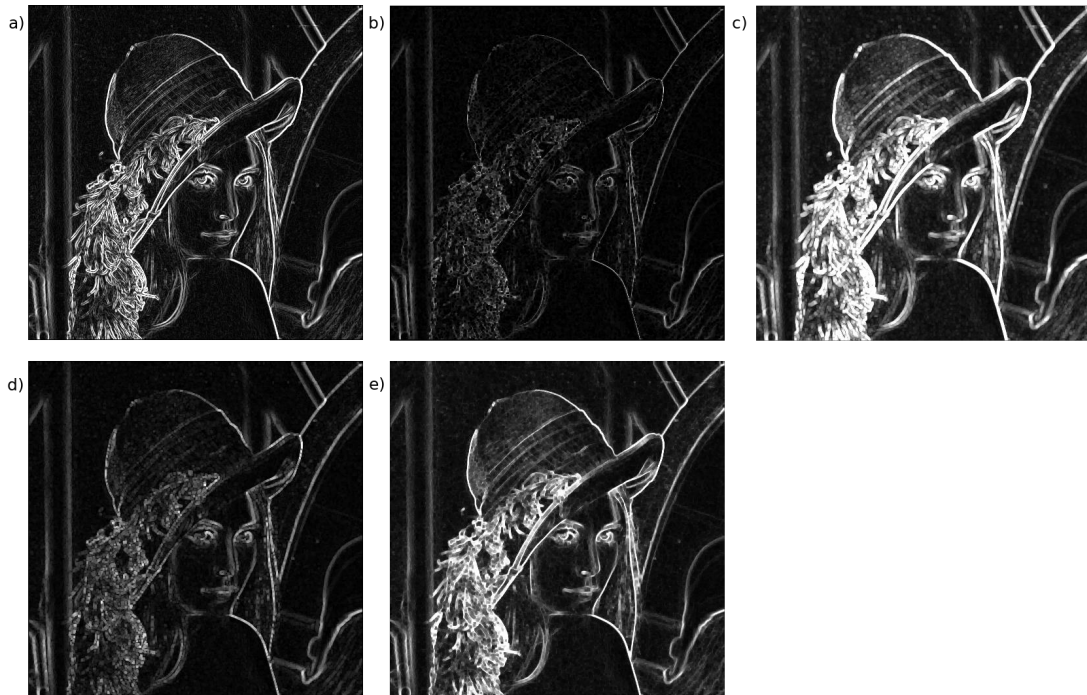
A operação de fechamento também realiza a suavização da imagem, mas ao contrário da abertura, o fechamento elimina os pequenos buracos e preenche as colunas de um contorno. Sendo assim, separações e áreas menores que o elemento estruturante são completadas (GONZALEZ; WOODS, 2008).

Segundo Pedrini e Schwartz (2008), o processo de fechamento consiste na aplicação de uma dilatação, seguida de uma erosão na mesma imagem, utilizando o mesmo elemento estruturante.

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2jFS47r>.

Na imagem 11 é apresentada a aplicação de operações de morfologia matemática, onde (a) representa a imagem original. A primeira operação apresentada é a erosão (b), seguida da operação de dilatação (c), abertura (d) e fechamento (e).

Figura 11 – Aplicações de operações de morfologia matemática em um imagem



Fonte: elaborado pelo autor

3.7 AFINAMENTO DE BORDAS

Os algoritmos de afinamento de bordas tem como objetivo a remoção de pixels redundantes das imagens, produzindo, desta forma, uma simplificação dos objetos da imagem. O principal problema que estes algoritmos enfrentam é determinar com exatidão quais são os pixels redundantes da imagem (GUILHERME, 2007).

Uma das características mais importantes em um processo de afinamento de bordas é a conectividade. O número de conectividade pode ser definido como sendo o número de transições de branco para preto dentro de uma área ao redor do pixel central (GUILHERME, 2007).

3.7.1 Stentiford

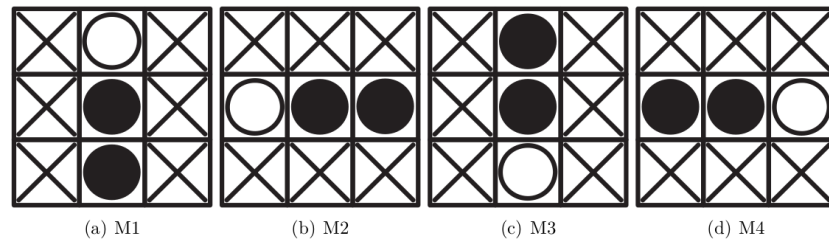
O algoritmo de Stentiford adota uma abordagem baseada na utilização de máscaras para o afinamento de objetos. São utilizadas quatro máscaras que são aplicadas de forma sucessiva e ordenada (GUILHERME, 2007).

Na Figura 12 são demonstradas as máscaras utilizadas pelo algoritmo, os círculos brancos representam pixels de valor zero, os círculos pretos representam os pixels de valor 1 e os X representam os pixels com valores irrelevantes.

Segundo Guilherme (2007), o algoritmo de Stentiford é composto por seis passos:

- Percorrer a imagem até encontrar um pixel que se encaixe na máscara M1;

Figura 12 – Representa máscaras utilizadas pelo algoritmo de Stentiford



Fonte: Guilherme (2007, p. 13)

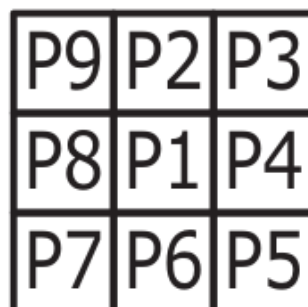
- Marca o ponto como apagado caso o pixel não seja um ponto final e sua conectividade seja igual a 1;
- Repetir os passos 1 e 2 para todos os pixels da imagem que se encaixem na máscara M1;
- Repetir os passos 1, 2 e 3 para as máscaras M2, M3 e M4;
- Apagar todos os pixels que estejam marcados para serem apagados;
- Se algum ponto foi apagado no passo 5, os passos a partir do passo 1 devem ser repetidos.

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2IOu0qf>.

3.7.2 Zhang Suen

O algoritmo de Zhang Suen (ZHANG; SUEN, 1984) tem como base a comparação do pixel em processamento com seus 8 vizinhos. A exclusão de pixel por parte do algoritmo somente é realizada mediante a quatro regras. Estas regras têm como objetivo obter a exclusão segura dos pixels, garantindo, desta forma, que áreas interligadas não percam a conectividade e que a eliminação ocorrerá nas bordas do objeto (GUILHERME, 2007).

Figura 13 – Representa máscaras utilizadas pelo algoritmo de Zhang Suen



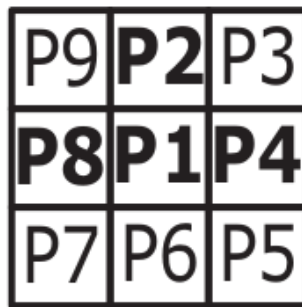
Fonte: Guilherme (2007, p. 15)

O algoritmo é composto por duas iterações que fazem uso das quatro regras descritas na sequência. Na primeira iteração, para as regras C e D, serão utilizadas as máscaras descritas pelas Figuras 14 e 15, respectivamente. Na segunda etapa, serão utilizadas as máscaras descritas pela Figura 16 e Figura 17, respectivamente.

Segundo Guilherme (2007), para que um pixel seja marcado para exclusão ele deve:

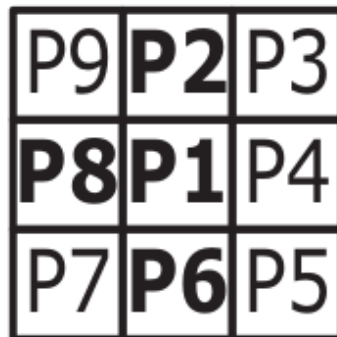
- Possuir sua conectividade maior que 1;
- O objeto deve ser composto de no mínimo dois e no máximo seis pixels pretos;
- Ao menos um dos pixels da primeira máscara deve ser branco;
- Ao menos um dos pixels da segunda máscara deve ser branco;

Figura 14 – pixels P2 ou P8 ou P4 devem ser um pixel branco



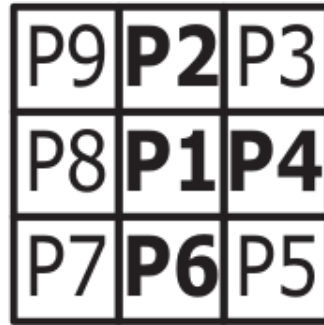
Fonte: Guilherme (2007, p. 16)

Figura 15 – pixels P2 ou P8 ou P4 devem ser um pixel branco



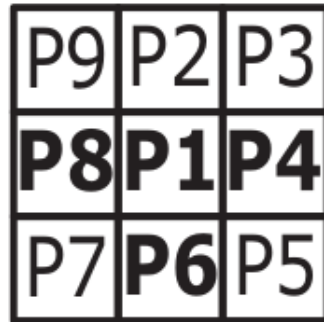
Fonte: Guilherme (2007, p. 16)

Figura 16 – pixels P2 ou P4 ou P6 devem ser um pixel branco



Fonte: Guilherme (2007, p. 16)

Figura 17 – pixels P8 ou P6 ou P4 devem ser um pixel branco



Fonte: Guilherme (2007, p. 16)

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2rrBU5L>.

3.7.3 Holt

O algoritmo de Holt et al. (1987) utiliza uma vizinhança 3 x 3 para a análise dos pixels a serem removidos. O formato da matriz permite que seja feita uma análise do pixel central C e seus vizinhos NO, N, NE, O, L, SO, S e SE.

O algoritmo possui duas funções que são definidas por:

- $v()$: Retorna verdadeiro se o valor do ponto for o mesmo valor do objeto (valor preto) e falso se o valor do ponto for igual ao valor do plano de fundo (valor branco)
- $edge()$: Retorna verdadeiro se o valor processado estiver na borda do objeto e falso se não estiver

Um pixel está na borda quando sua conectividade é igual a 1 e quando possuir de 2 a 6 vizinhos conectados.

Figura 18 – pixels P8 ou P6 ou P4 devem ser um pixel branco

NO	N	NE
O	C	L
SO	S	SE

Fonte: Guilherme (2007, p. 21)

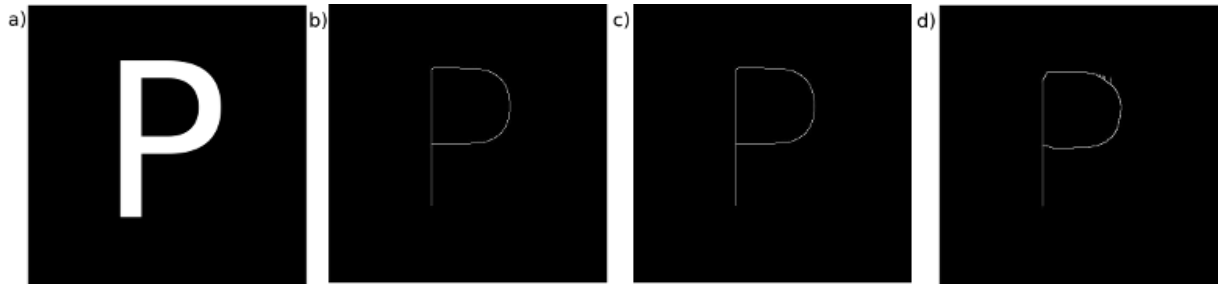
Segundo Guilherme (2007), o algoritmo de Holt é composto por duas expressões lógicas, onde uma é aplicada na primeira iteração do algoritmo e a outra na segunda iteração. Para um ponto ser removido, o resultado das expressões lógicas devem ser verdadeiros.

Primeira iteração: $v(C) \wedge (\sim edge(C) \vee (v(L) \wedge v(S) \wedge (v(N) \vee v(O))))$

Segunda iteração: $v(C) \wedge (\sim edge(C) \vee (v(O) \wedge v(N) \wedge (v(S) \vee v(L))))$

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2rr6e0i>.

Figura 19 – Aplicação de algoritmos de afinamento



Fonte: elaborado pelo autor

Na Figura 19 são apresentadas as aplicações de algoritmos de afinamento. A primeira imagem representa a imagem original (a), seguida do afinamento de Zhang Suen (b), Stentiford (c) e Holt (d).

3.8 SEGMENTAÇÃO

Segmentação é um processo que consiste em dividir a imagem em regiões. O objetivo deste processo é fazer com que os objetos e áreas de interesse de uma imagem tenham seus pixels agrupados e destacados do restante da imagem. A segmentação é um tema de extrema importância na área de análise de imagens, pois a identificação de partes

de imagens que representam elementos de interesse é fundamental (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

A segmentação de imagens é convencionalmente baseada em propriedades dos níveis de cinza de imagens, a descontinuidade e a similaridade. Os métodos da descontinuidade visam a identificação de objetos a partir de mudanças abruptas dos níveis de cinza da imagem, que caracterizam a borda de um objeto. Estes métodos foram tratados na seção 3.5. Os métodos de similaridade tem como objetivo agrupar pontos semelhantes da imagem para um determinado conjunto de características (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008). Estes métodos serão tratados nesta seção.

3.8.1 Segmentação baseada em regiões

Segmentações baseadas em regiões são métodos que detectam diretamente regiões na imagem, ao invés de detectar bordas que delimitam regiões. Estes algoritmos agrupam pontos que possuem propriedades similares, formando, desta forma, regiões. Um dos principais métodos de segmentação baseada em regiões é o método de crescimento de regiões (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

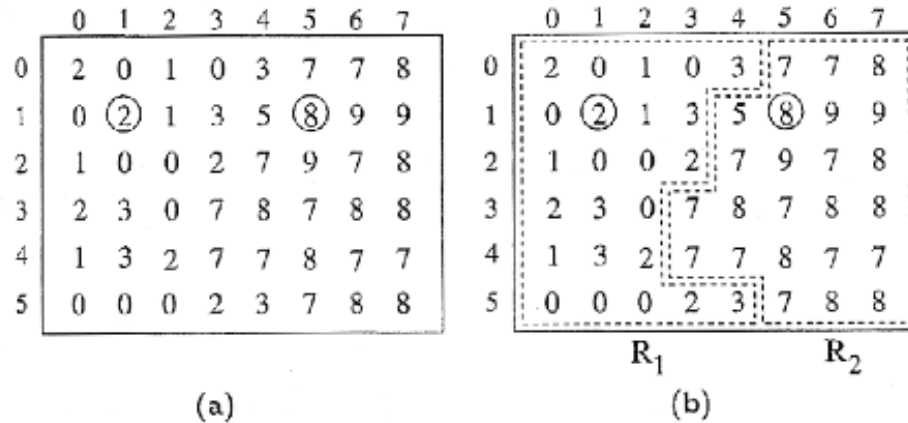
O método de crescimento de regiões é um processo de segmentação que tem como início um pixel ou um conjuntos de pixels, que são denominados sementes. Para cada semente, os pixels vizinhos são analisados, caso possuam um nível de similaridade, os pixels são definidos como pertencentes a região da semente. As regiões devem possuir características em comum, considerando algum fator de tolerância. Além disso, regiões devem estar fechadas, possuindo bordas bem delimitadas, de forma que seu interior esteja separado de outros segmentos. (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

De acordo com Conci, Azevedo e Leta (2008), alguns fatores devem ser considerados na execução do processo de crescimento de regiões. Inicialmente, é necessário que a escolha de semente seja realizada de maneira adequada, representando corretamente a região de interesse, sendo que a semente é o ponto de partida para a execução do método. A definição de critérios de parada do método é outro fator de extrema importância, pois o crescimento deve parar quando não houver mais pixels vizinhos que satisfaçam estes critérios. Estes critérios podem estar relacionados a comparação dos pixels vizinhos, a forma e ao tamanho.

Após a detecção da regiões, comumente é realizada a identificação destas regiões (*label*). Esta identificação consiste em definir um identificador para cada região encontrada na imagem.

Na Figura 20 é apresentado um exemplo de uma aplicação de crescimento de regiões. (a) Representa a imagem origem, (b) representa uma segmentação utilizando como limiar (T) 4, desta forma, a diferença absoluta entre a semente e o valor do pixel

Figura 20 – Exemplo de crescimento de regiões



Fonte: Pedrini e Schwartz (2008)

analisado deve ser menor do que 4 para que o pixel seja considerado pertencente a região da semente. Os pontos (1, 1) e (1,5) representam as sementes utilizadas para o método. O predicado P, utilizado para adicionar um pixel em uma região, pode ser observado na fórmula:

$$P(R) = \begin{cases} \text{VERDADEIRO,} & \text{se } |f(x,y) - f(r,s)| \leq T \\ \text{FALSO,} & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Onde $f(r, s)$ representa a semente e $f(x, y)$ representam os pixels conectados a semente.

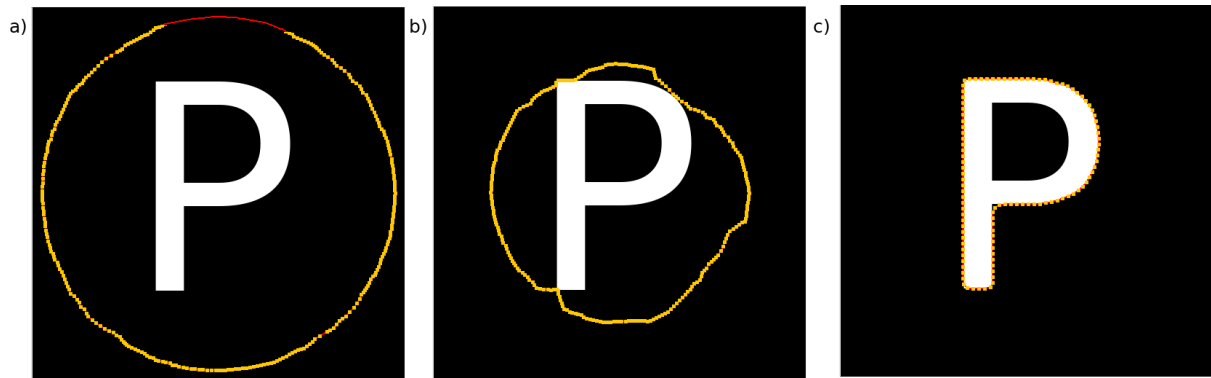
3.8.2 Método de Contornos Ativos

Os métodos de contornos ativos, também conhecidos como Snakes, são técnicas que tem como objetivo a extração das bordas de objetos da imagem. Estas técnicas são caracterizadas para uma curva, que é ajustada de acordo com o contorno do objeto. A técnica é iniciada a partir de um contorno arbitrário que é evoluído até a correta identificação do objeto de interesse (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

O ajuste da curva é realizado levando em consideração forças internas e externas à curva. O objetivo da energia interna é manter a continuidade e suavidade do contorno, levando em consideração o formato do objeto. Já a energia externa é responsável por buscar valores onde há maior variável entre o pixel e seus vizinhos, o que caracteriza uma borda (KASS; WITKIN; TERZOPOULOS, 1988).

Na Figura 21 é demonstrada uma execução do método de Snakes. (a) É o contorno inicial, (b) é o contorno resultante após aplicação de algumas etapas e (c) contorno final.

Figura 21 – Exemplo na execução do método Snakes



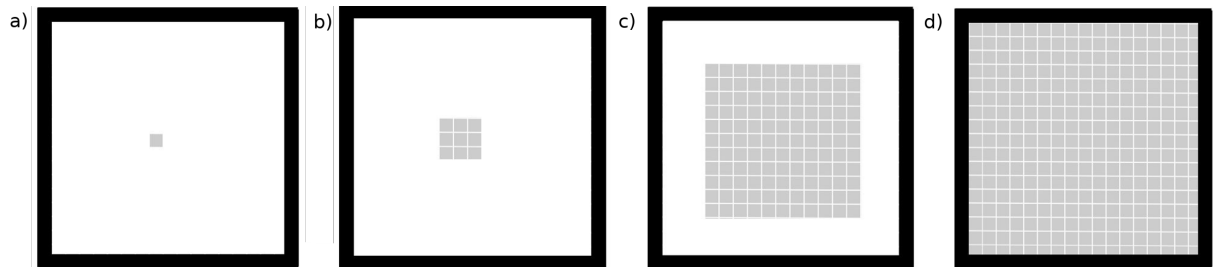
Fonte: elaborado pelo autor

A implementação em java para o algoritmo pode ser acessada através do link: <https://bit.ly/2LsmV43>.

3.8.3 Flood-fill

Flood-fill é um algoritmo que tem por objetivo alterar as cores de pixels de um região. Esta técnica possui três parâmetros: um ponto inicial, uma cor alvo e uma cor de destino. O algoritmo irá percorrer todos os pixels conectados pela cor alvo, a partir do ponto inicial, e irá alterá-los para a cor de destino (TREUENFELS, 1994).

Figura 22 – Exemplo na execução do método *Flood-fill*



Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 22 apresenta um exemplo da execução do *flood-fill*. Partindo de um ponto inicial (a), a vizinhança é preenchida (b). O processo é repetido (c) até que a toda a região seja alterada (d).

3.9 CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo foi apresentado o referencial teórico referente a PDI, cumprindo, desta forma, o primeiro objetivo específico do trabalho, que é apresentar as técnicas de processamento digital de imagens. Foram abordadas as principais técnicas de PDI relacionadas a transformações geométricas, filtros passa-baixa, filtros passa-alta, morfologia matemática, afinamento de bordas e técnicas de segmentação. O capítulo compõem a

etapa metodológica de criação, servindo como aporte teórico para conscientização do problema.

Todas as técnicas apresentadas estão implementadas na ferramenta VISNode, que serão abordadas na seção 6.1. Este referencial teórico teve grande importância, pois foi utilizado para compor a seção de explicação das técnicas existentes na ferramenta, onde é possível acessar o referencial teórico de cada técnica de PDI. Esta funcionalidade será apresentada na seção 6.4.

No próximo capítulo serão abordados conceitos referente a gamificação. Serão identificados temas referente a sua diferença em relação a simulação e jogo, sua aplicação na educação e elementos da gamificação.

4 GAMIFICAÇÃO

A gamificação é um tópico bastante discutido nos últimos anos, estando presente no meio empresarial, acadêmico e nas mais diversas áreas de conhecimento. A gamificação é encarada como uma ferramenta de auxílio para o estímulo e o engajamento de pessoas no desenvolvimento de atividades, fazendo uso de elementos de jogos e suas características (QUADROS, 2016).

A gamificação tem sido aplicada com o objetivo de melhorar a experiência e engajamento de usuários (QUADROS, 2016). Segundo Deterding et al. (2011), a gamificação é um conceito que pode ser aplicado nos mais diversos campos de pesquisa, estando presente em áreas de ciências humanas, computação, finanças, saúde e educação. É um termo que deve ser utilizado para sistemas que utilizam elementos de jogos, e não para cenários que utilizam games.

Levando em consideração este cenário propício, a gamificação se apresenta como uma ferramenta com grande potencialidade de aplicação. Isso se faz possível devido a linguagem e metodologia dos games serem bastante populares, sendo aceitos naturalmente pelas gerações que cresceram interagindo com esse tipo de entretenimento (FARDO, 2013). Segundo Deterding et al. (2011), a gamificação é um fenômeno emergente, que se aproveita da popularidade dos jogos digitais e de suas capacidades de motivar ações, resolver problemas e potencializar aprendizagens em diversas áreas do conhecimento.

Um dos autores precursores na teorização da gamificação foi McGonigal (2011), afirmando que promover o engajamentos das pessoas em atividades do cotidiano, fazendo uso da lógica de jogos na vida real, pode auxiliar no desenvolvimento de um mundo melhor.

Dentre as principais características da gamificação estão a utilização de elementos de jogos digitais, tais como: narrativa, sistema de *feedback*, sistema de recompensas, gerenciamento de conflito, cooperação, competição dirigida, objetivos e regras claras, níveis, tentativa e erro, diversão, interação, interatividade, etc. Estas características são importantes para obter o envolvimento do sujeito, o que pode ser encontrado na relação entre jogadores e jogos (DETERDING et al., 2011).

Este capítulo trata de conceitos referentes a gamificação. É abordada sua diferença em relação a simulação e jogo, sua aplicação na educação e elementos da gamificação.

4.1 JOGO, SIMULAÇÃO E GAMIFICAÇÃO

Jogo, simulação e gamificação são conceitos que muitas vezes são confundidos. Esta confusão acontece por estes conceitos compartilharem características comuns.

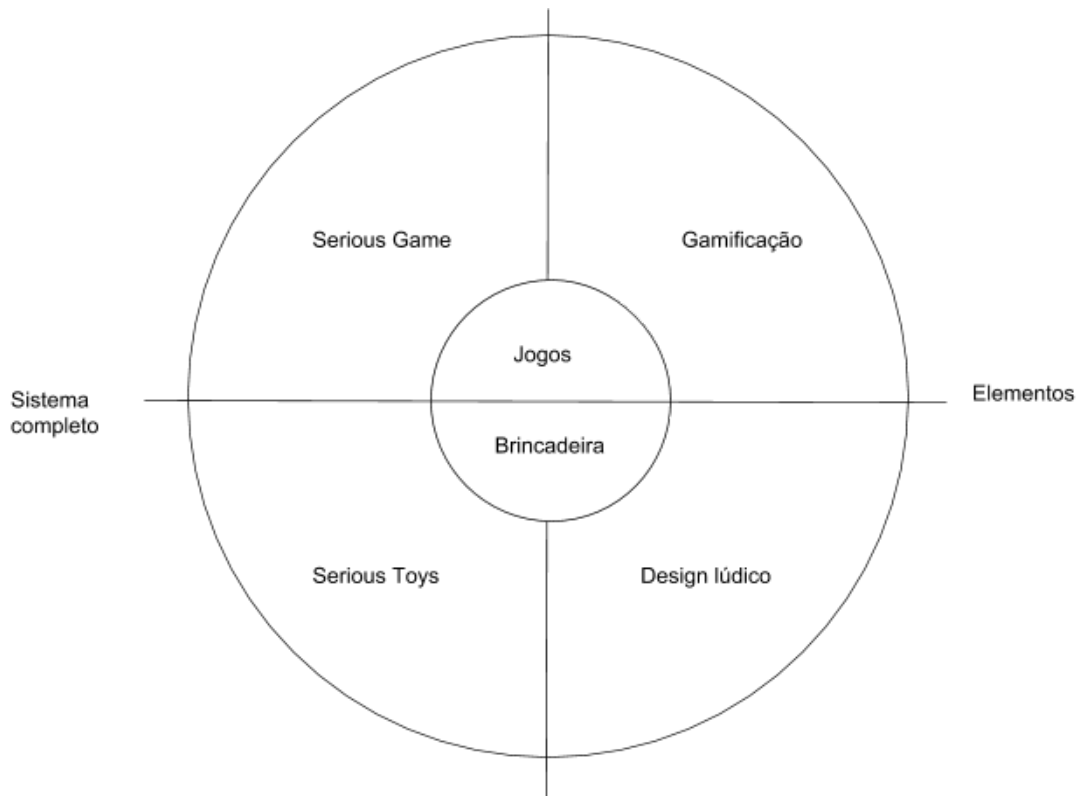
Definir o que é um jogo não é uma tarefa fácil devido a grande quantidade e diversidade de jogos existentes. Há, por exemplo, jogos de tabuleiro, como xadrez e damas, também há jogos digitais, como os de console e computador e também há jogos esportivos como Futebol, Rugby, entre outros. Desta forma, o fato de um produto ser eletrônico não o define como sendo um jogo. Um jogo normalmente é caracterizado pela existência de um objetivo, além de regras específicas. Sendo assim, um jogo pode ser definido como sendo um sistema onde jogadores estão engajados em um desafio que é definido por regras, interatividade e *feedback* (KAPP, 2014).

Dentro da área de jogos existe uma categoria denominada *Serious Game*, que são jogos desenvolvidos com o objetivo de resolver problemas reais. A gamificação e os *serious game* estão relacionadas, pois ambos fazem uso de conceitos de jogos para conquistar algo a mais. Um *Serious Game* é um jogo real, enquanto a gamificação faz uso de uma série de ferramentas relacionadas a jogos, como, por exemplo a mecânica ou dinâmica de jogo, design do jogo, psicologia dos jogos, entre outros (DORLING; MCCAFFERY, 2012).

A simulação também está relacionada com a ideia de jogo. Mas diferente de um jogo, a simulação é um ambiente onde usuários podem praticar ações e comportamentos do mundo real em um mundo virtual. Um simulador de voo é um exemplo, a partir dele é possível que um piloto simule diversas manobras como a decolagem e a aterrissagem de uma aeronave.

A gamificação é uma abordagem que visa facilitar a aprendizagem e incrementar a motivação, através da utilização de conceitos provenientes dos jogos, como superar desafios, receber recompensas e ganhar pontuação. Um dos objetivos da gamificação é atrair a atenção da pessoa e motivá-la a executar a tarefa proposta, criando um ambiente onde haja um maior envolvimento (KAPP, 2014). Semelhante ao que acontece com o uso de *serious game*, a gamificação utiliza jogos para um propósito diferente do uso normal para o entretenimento (DETERDING et al., 2011).

A Figura 23 contextualiza a gamificação, fazendo uma divisão em 4 seções. As seções acima do eixo horizontal compõem abordagens que fazem uso de conceitos de jogos (mais formal), já as seções abaixo do eixo horizontal compõem abordagens que fazem uso de brincadeiras (livre e descontraída). Também há outra divisão realizada no eixo vertical da imagem, onde são separadas abordagens que fazem uso de jogos de abordagens que somente utilizam elementos de jogos.

Figura 23 – Contextualização da gamificação

Fonte: Adaptado de Deterding e Walz (2014)

4.2 GAMIFICAÇÃO NA EDUCAÇÃO

O sistema de educação formal apresenta uma área bastante fértil para a aplicação da gamificação, pois é uma área que apresenta diversas falhas em engajar estudantes que estão cada vez mais inseridos no contexto tecnológico e das mídias sociais. Além disso, estes indivíduos já possuem grande interação com jogos, o que facilitaria na aplicação desta metodologia. Outro fator é o de que os estudantes se mostram desinteressados pelos métodos passivos de ensino, onde os educadores transmitem o conhecimento (FARDO, 2013).

Uma das grandes vantagens de utilizar a gamificação para estudantes é de proporcionar um sistema onde eles consigam visualizar o efeito de suas ações e aprendizagens na medida que vão adquirindo conhecimento. Desta forma, os indivíduos sentem que estão contribuindo para algo maior e de grande importância. Estes objetivos podem ser alcançados através da aplicação de elementos de jogos, se aplicados cuidadosamente (FARDO, 2013). Conforme Kapp (2014), a gamificação pode ser utilizada com a finalidade de encorajar o aprendizado através de todos os elementos de jogos digitais que se demonstrarem apropriados para tal finalidade.

Segundo Fardo (2013), um dos grandes desafios da utilização da gamificação para o ensino é aplicá-la corretamente. Uma prática pedagógica pouco eficaz é focar somente

em um mecanismo de pontuação e recompensas, visando apenas a obtenção de resultados finais, e não levando em consideração a construção da aprendizagem e a experiência obtida por parte dos estudantes. O autor salienta que o importante é buscar práticas pedagógicas que não se limitem a motivar os estudantes na busca por recompensas, sem levar em consideração os processos de reflexão, colaboração e de cooperação.

Segundo Fardo (2013), a utilização da gamificação como uma ferramenta pedagógica não deve ser encarada como a solução de todos os problemas da educação. Sua utilização requer compreensão por parte dos educadores, sendo que estes são responsáveis por sua aplicação e devem identificar se sua utilização está realmente potencializando a aprendizagem e a participação dos estudantes. Para o autor, a gamificação pode ser vista como um caminho na busca por soluções que são necessárias para o atual sistema de educação.

Portanto, a ideia por trás da aplicação da gamificação na educação é adicionar elementos de jogos para envolver os alunos e motivar seu engajamento, permitindo um *feedback* imediato e a oportunidade de fracassar. A abordagem tem como objetivo transformar a aprendizagem passiva em um processo ativo, motivando os alunos a estudar o conteúdo trabalhado.

4.2.1 Motivação intrínseca e extrínseca

Uma questão bastante polêmica em torno da gamificação é a comparação entre motivação intrínseca e motivação extrínseca. É argumentado que a gamificação faz uso de muitos fatores externos (extrínsecos) para motivar os alunos e é deixado de lado os fatores internos (intrínsecos) (FARDO, 2013).

A motivação intrínseca é aquela originada pelo próprio indivíduo. O envolvimento do indivíduo ocorre por vontade própria, pois é motivado por interesse, desafio ou prazer, além da busca por novidades, curiosidade e vontade de aprender algo novo. Desta forma, o indivíduo participa de uma atividade pois ela proporciona satisfação (BUSARELLO, 2016).

De maneira contrária, a motivação extrínseca é baseada no mundo que envolve o indivíduo de forma externa. Tem como origem o desejo em obter alguma recompensa externa, como, por exemplo, pontos, prêmios e classificações ou evitar uma punição. Desta forma, através da motivação extrínseca, um indivíduo não é motivado por fatores internos, em vez disso, é motivado pela recompensa que será obtida por realizar uma determinada tarefa (BUSARELLO, 2016).

Segundo Andre (2018), ao utilizar elementos da gamificação baseados em motivações extrínsecas, o aluno perderá o interesse a partir do momento que a motivação externa for interrompida. Portanto, é importante equilibrar elementos motivacionais intrínsecos e

extrínsecos na implementação da gamificação. O autor apresenta algumas recomendações:

1. Utilizar um sistema de pontos e recompensas (extrínseca) para motivar o aluno e demonstrar *feedback* (intrínseca) sobre a execução das tarefas;
2. Para atividades de baixo interesse para os alunos, fazer um uso maior da motivação extrínseca;
3. Sempre que possível, combinar elementos motivacionais intrínsecos (senso de realização, oportunidade de sucesso) com elementos extrínsecos (pontos, troféus);
4. O uso adequado de ambas as motivação aumenta a probabilidade de envolvimento do aluno.

4.3 ELEMENTOS GAMIFICAÇÃO

Elementos de jogos aplicados a gamificação como narrativas, metas, regras, *feedbacks* e desafios podem contribuir para uma experiência agradável em um ambiente gamificado, pois favorecem a participação de maneira voluntária por parte do indivíduo (BUSARELLO, 2016).

Nesta seção serão apresentados os principais elementos utilizados em soluções gamificadas. Como já foi descrito anteriormente, a gamificação faz uso de elementos de jogos, desta forma, os elementos descritos nesta seção são originários destes mecanismos.

4.3.1 Narrativas

A narrativa é um elemento fundamental no contexto de games, pois este é o elemento chave para o acontecimento de eventos e para justificar as ações de jogadores. Uma boa história pode contribuir para o envolvimento do jogador através da interatividade proporcionada por ela (FARDO, 2013). Sendo Kapp (2014), a utilização de histórias, como um elemento gamificado, fornece relevância e significado para experiências obtidas pelo usuário, fornecendo um cenário propício para a aplicação de tarefas.

Segundo Fardo (2013), é mais agradável aprender novas informações e adquirir novos conhecimentos que estejam relacionados a um determinado contexto, e a narrativa pode ser uma fonte para fornecer contextos. Além disso, envolver o aluno em uma história pode contribuir para que a aprendizagem se torne mais poderosa, sendo que uma história focada em ajudar os alunos a resolver problemas, contribui para a educação do aluno e facilita a memorização do conteúdo abordado.

Segundo Andre (2018), ao construir uma história para o aprendizado gamificado é importante:

1. Os personagens da história devem se assemelhar ao aluno para que os estudantes consigam se relacionar;
2. Fornecer detalhes a ponto que o aluno fique imerso;
3. Histórias utilizadas para aprendizagem devem possuir um final feliz e uma nota positiva.

4.3.2 Metas, Regras e Objetivos

A meta consiste no propósito pelo qual um indivíduo realiza uma determinada tarefa, é aquilo que o indivíduo persegue constantemente. Desta forma, a meta se caracteriza-se como o desejo que um indivíduo possui em realizar uma determinada atividade (BUNCHBALL, 2016). Segundo Kapp (2014), metas contribuem para a visualização de propósitos, foco e resultados.

As regras têm como objetivo restringir ações por parte do indivíduo, desta forma, determinando a maneira de como o indivíduo agirá para completar os desafios do ambiente. As regras buscam equilibrar o nível de complexidade com o nível de conhecimento do sujeito, favorecendo, desta forma, a criatividade e o pensamento estratégico (BUNCHBALL, 2016).

O objetivo é aquilo que o indivíduo deve realizar. Objetivos devem ser apresentados de forma clara, para que não haja confusão e aumento da complexidade devido a ambiguidade do objetivo. Normalmente, um jogo possui mais de um objetivo, que vão sendo organizados ao decorrer da iteração. Quando há objetivos muito complexos, estes podem ser quebrados em objetivos menores, para que o indivíduo consiga atingir o objetivo maior. Esta subdivisão, permite ao indivíduo identificar seu progresso em relação aos objetivos maiores (FARDO, 2013).

Segundo Andre (2018), quando se aplica gamificação na aprendizagem e ensino é importante estabelecer objetivos claros, uma meta com finalidade, foco e resultados que podem ser mensuráveis. O autor define alguns itens importantes para a aplicação de metas, regras e objetivos:

1. Os objetivos devem ser claros e explícitos para que todos tenham entendimento;
2. As regras devem ser simples para que não haja confusão;
3. Metas, regras e objetivos são fundamentais para a aplicação de soluções gamificadas, e, portanto, devem ser cuidadosamente aplicados.

4.3.3 Pontos

Este elemento pode ser utilizado para diversos propósitos. Uma de suas aplicações é demonstrar o progresso do usuário, servindo como *feedback*, de forma que seja possível identificar se o usuário está agindo de maneira correta. Este elemento também pode servir como estímulo, de forma que o usuário buscará uma maior pontuação (KAPP, 2014).

Segundo Andre (2018), sem pontuação, os alunos terão dificuldade para avaliar o desempenho e progresso em um evento gamificado. Para o autor, para aplicar a pontuação é importante considerar:

1. A pontuação e a vitória devem ser transparentes. O aluno precisa ser capaz de criar um vínculo entre suas ações e uma pontuação;
2. A pontuação indica o que é valorizado, desta forma, deve ser atribuída maior pontuação para a atividade de maior importância;
3. Os pontos devem ser relacionados a atividade de aprendizagem.

4.3.4 Medalhas

Medalhas são a comprovação de que uma determinada tarefa foi realizada com mérito ou excelência. Em um sistema gamificado, o uso de medalhas ocorre através de uma indicação visual de que se tenha alcançado um determinado nível ou se tenha cumprido um determinado conjunto de objetivos. Para Deterding et al. (2011), medalhas são apresentadas em algum lugar ou de alguma forma para que outros jogadores possam observar as conquistas e a realização do jogador. O uso de medalhas pode motivar um maior envolvimento por parte dos usuários do sistema, devido a busca por um determinado emblema.

4.3.5 Recompensas e Conquistas

Recompensas apresentadas após a finalização de ações podem estimular o comportamento e o envolvimento da pessoa em um sistema gamificado. Na gamificação, o mecanismo de recompensas ocorre através do ganho de pontos ou algo equivalente (KAPP, 2014). Os seres humanos são motivados pelo recebimento de recompensas, seja pela satisfação pessoal ou através de medalhas ou presentes (QUADROS, 2016).

A conquista é um importante elemento para a motivação, sendo que através da resolução de tarefas de alta dificuldade é possível obter a gratificação e reconhecimento da realização conquistada (QUADROS, 2016). Para Busarello (2016), recompensar é uma forma de medir o desempenho do jogador utilizando pontuação e formas de prêmios, após a finalização de tarefas ou níveis no jogo.

Recompensas podem ser adquiridas após a conclusão de uma tarefa ou através da medição de desempenho do aluno ao completar uma tarefa. De acordo com Quadros (2016), a utilização de recompensas através de uma medição pode aumentar a motivação intrínseca, pois o aluno terá um *feedback* de quão bem ele está. Se as recompensas forem aplicadas corretamente, podem ter um grande efeito motivacional aos alunos.

4.3.6 Níveis e *rankings*

Os níveis são caracterizados por diferentes categorias que envolvem graus de habilidade e conhecimento. Um nível demonstra um grau de realização, comprovando um determinado nível de conhecimento (KAPP, 2014). Segundo Quadros (2016), níveis podem ser definidos como sendo um sistema pelo qual ocorre a recompensa através do acúmulo de pontos.

O uso de níveis é um dos maiores componentes para a ocorrência de motivação. Pessoas conseguem determinar seus esforços para a realização de um determinado desafio e através disso se motivar e se esforçar cada vez mais. Podem ser utilizados para identificar o nível de habilidade e conhecimento do indivíduo no sistema.

A utilização de *rankings* permite aos jogadores uma forma de interagir socialmente em torno dos jogos, podendo comparar seu progresso com o de outros jogadores. Também fornece uma forma para que os jogadores possam se vangloriar quando alcançarem resultados melhores. É importante que este *ranking* esteja inserido dentro do contexto do problema, de forma que ele possa competir com os demais usuários (QUADROS, 2016).

4.3.7 *Feedback*

O *feedback* é um recurso pelo qual jogadores podem visualizar o resultado de suas ações. É um poderoso elemento para tornar o usuário mais focado e permitir a modificação de suas estratégias para melhorar seu desempenho. Este elemento, auxilia na construção do conhecimento através da integração entre o indivíduo e o sistema, onde as informações transmitidas pelo sistema podem aumentar a experiência do aprendizado (FARDO, 2013).

Segundo Andre (2018) o *feedback* pode ser utilizado de diversas formas. Ele pode ser aplicado informando imediatamente se o jogador executou uma ação corretamente ou não, mas não informando a ação que deve ser corrigida ou pode ser aplicado para corrigir algum comportamento errado do jogador, indicando qual ação foi executada errada e qual é a maneira correta de executar a tarefa.

4.3.8 Desafios

Os desafios são impostos aos usuários para direcionar o que deve ser feito dentro do cenário proposto. É importante que o usuário sempre tenha algo interessante para

fazer, contribuindo para uma melhor experiência. Além disso, é interessante disponibilizar diversas opções neste ambiente, pois usuários podem possuir perfis diferentes (FARDO, 2013).

Segundo Busarello (2016), os indivíduos têm interesse em resolver desafios que possuem um nível de dificuldade equilibrado, ou seja, não podem ser nem muito fáceis nem muito difíceis. Este equilíbrio entre os níveis de dificuldade e habilidade podem colaborar para o fluxo da atividade, contribuindo para a motivação.

4.3.9 Competição

As pessoas atingem um nível mais elevado de satisfação ao comparar seu desempenho com o de outras pessoas. Um ambiente competitivo pode aumentar o desempenho de seus usuários. Elementos de jogos instigam esse tipo de desejo, fazendo uso de *rankings*, para exibir os resultados, e celebrando os vencedores (BUNCHBALL, 2016). Alguns jogos fazem uso de uma lista contendo os 10 mais bem classificados, expondo novos níveis e recompensas alcançadas.

Segundo Andre (2018), para a utilização da competição na educação, na maioria dos casos, é melhor manter um grupo pequeno para prover a concorrência. A utilização de um grupo grande, como a escola inteira, pode contribuir para a desmotivação dos alunos.

4.4 CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo foi apresentado o referencial teórico referente a gamificação, abordando o conceito de gamificação, sua aplicabilidade como ferramenta educacional e seus principais elementos. Desta forma, este capítulo cumpre o segundo objetivo específico do trabalho que é indicar os principais conceitos de gamificação. O capítulo compõem a etapa metodológica de criação, servindo como aporte teórico para conscientização do problema.

O conteúdo abordado neste capítulo serviu como base para o planejamento do artefato proposto neste trabalho. Foram utilizados alguns dos elementos da gamificação apresentados neste capítulo, como: desafios, *rankings*, conquistas e pontos. Os elementos utilizados serão descritos na seção 6.2.

No próximo capítulo serão apresentados trabalhos relacionados a pesquisa desenvolvida. O primeiro trabalho apresentado (seção 5.1) é uma ferramenta que tem o objetivo de auxiliar no ensino e aprendizagem de PDI. O segundo trabalho apresentado (seção 5.2) é uma ferramenta que foi desenvolvida visando melhorar o engajamento de estudantes, para isso, ela utiliza elementos da gamificação.

5 TRABALHOS CORRELATOS

Neste capítulo são apresentados trabalhos relacionados à área de pesquisa deste projeto. O objetivo é identificar e avaliar as propostas que outros autores utilizaram para tratar do tema do presente estudo.

5.1 JAVAVIS: AN INTEGRATED COMPUTER VISION LIBRARY FOR TEACHING COMPUTER VISION

A pesquisa de Cazorla e Viejo (2015) propõe o desenvolvimento de um *framework* para estudar visão computacional e tópicos semelhantes. Esta ferramenta foi chamada de JavaVis, sendo dividida em 3 áreas. A primeira é denominada JavaVis2D, por onde o sistema é iniciado. Esta área está relacionada com a visão computacional tradicional, onde é possível utilizar diversos algoritmos já implementados, e também que os próprios alunos criem novos algoritmos.

JavaVisDesktop é outra área do software que permite a conexão de uma sequência de algoritmos e a manipulação de seus parâmetros. Esta foi construída para facilitar a manipulação dos algoritmos por parte do aluno, tendo em vista que a manipulação individual de algoritmos através de um ambiente 2D pode ser difícil, devido a grande quantidade de tentativas para ajustar corretamente os parâmetros. Por final, existe a área 3D, que tem como objetivo permitir a manipulação de imagens 3D.

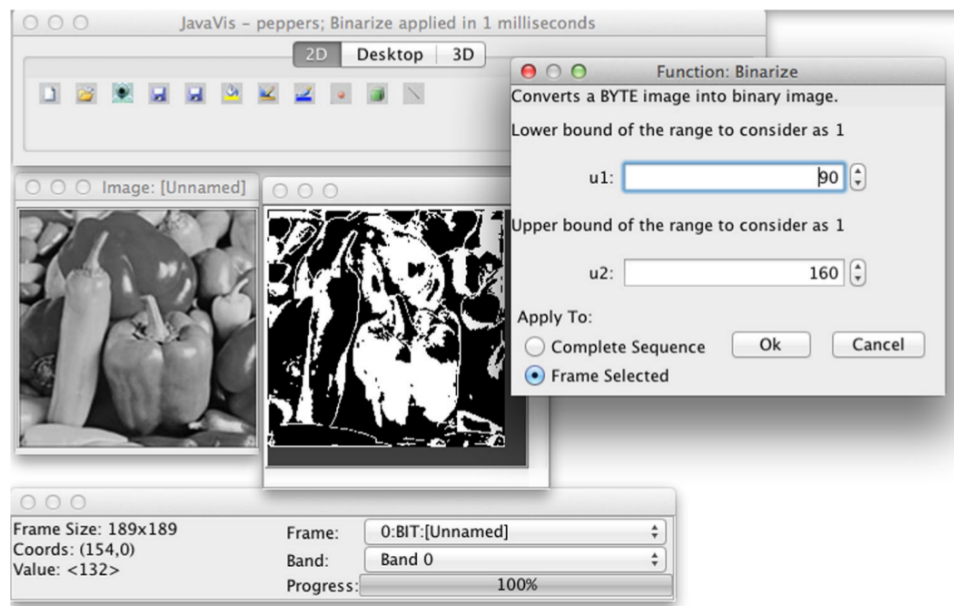
O objetivo do JavaVis é prover uma ferramenta que seja fácil de utilizar e aprender conceitos relacionados à visão computacional, sempre tendo em vista que o desenvolvimento de novos algoritmos deve ser uma tarefa fácil. O JavaVis permite a manipulação de algoritmos através de uma interface gráfica, possibilitando alteração de parâmetros de algoritmos visualmente. É uma ferramenta que foi construída objetivando facilitar a aprendizagem de estudantes.

5.1.1 JavaVis2D

O JavaVis2D é uma área da ferramenta que possui diversos algoritmos de visão computacional implementados. Dentre eles podem ser encontrados funções de manipulação e transformações de cores, rotação, espelhamento, ruído, conversão para tons de cinza, etc. Também são encontrados algoritmos de convolução, ajuste de imagem como brilho e contraste, segmentação, como Binarização e *Kmeans*, manipulação geométrica, detecção de bordas, como Canny, Susan e Grad, morfologia matemática, como erosão e dilatação e também algoritmos de esqueletização.

A biblioteca permite a criação de funções por parte do aluno, isso é possível através da implementação de uma classe Java contendo a implementação de uma função, juntamente com seus parâmetros de entrada e saída. Desta forma, segundo os autores, o aluno precisa somente se concentrar no desenvolvimento da função, a biblioteca se encarrega de exibir as imagens na interface e aceitar os parâmetros de entrada.

Figura 24 – Aplicação do processo de binarização



Fonte: Cazorla e Viejo (2015)

5.1.2 JavaVisDesktop

Está área do projeto tem como objetivo proporcionar ao aluno uma melhor maneira para visualizar partes de um processamento de imagem. Portanto, é possível utilizar diferentes algoritmos em ordem para construir outro de maior complexidade. É possível construir uma sequência de funções, semelhante a um autômato. Cada estado na sequência corresponde a um algoritmo da biblioteca JavaVis2D, e este estado apresenta o resultado de execução de seu algoritmo, possibilitando a visualização de cada etapa do processo.

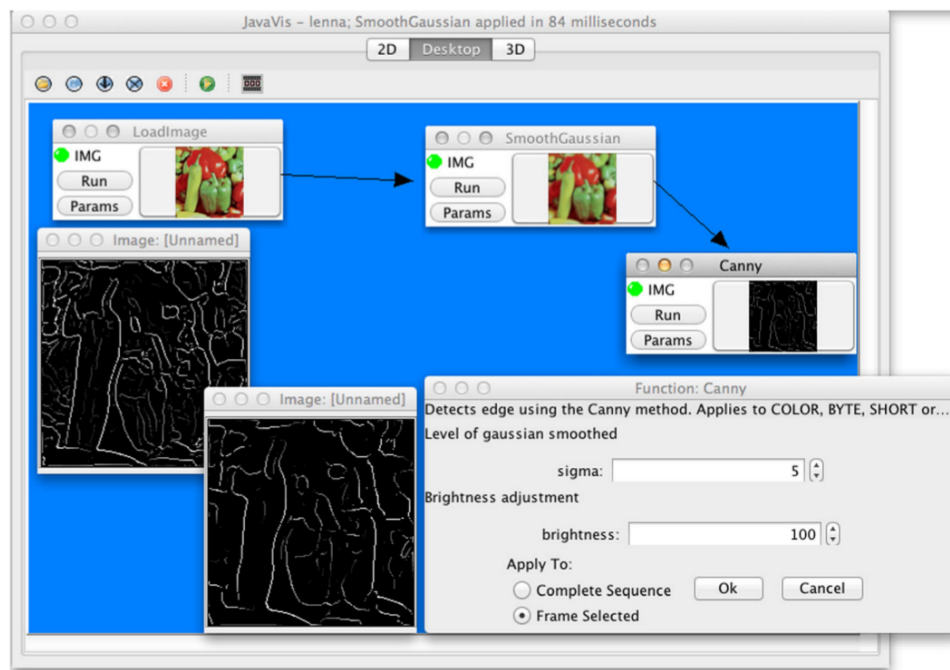
Esta abordagem em etapas permite ao estudante ajustar facilmente os parâmetros de cada algoritmo, sendo possível observar a consequência de cada alteração na sequência completa. Após a conclusão do sequenciamento dos algoritmos e dos ajustes de parâmetros, é possível gerar uma nova função para a biblioteca JavaVis2D. Esta nova função conterá a sequência de funções com seus respectivos parâmetros.

Segundo os autores, JavaVisDesktop é uma ferramenta interessante para identificar os diferentes comportamentos de cada algoritmo. Por exemplo, o estudante é capaz de verificar a diferença da aplicação do algoritmo de Canny utilizando diferentes valores para o parâmetro de sigma, possibilitando, desta forma, a escolha do valor mais adequado

para o problema enfrentado. Os autores relatam que esta funcionalidade é amplamente apreciada pelos estudantes, pois agiliza a implementação de novos algoritmos.

Na Figura 25 é demonstrada a sequência de três funções, que são: carregamento da imagem, suavização Gaussiana e Canny. Na figura existe uma janela que possibilita a alteração dos parâmetros da função de Canny. Também é possível visualizar o resultado da execução de cada função.

Figura 25 – Ambiente JavaVisDesktop



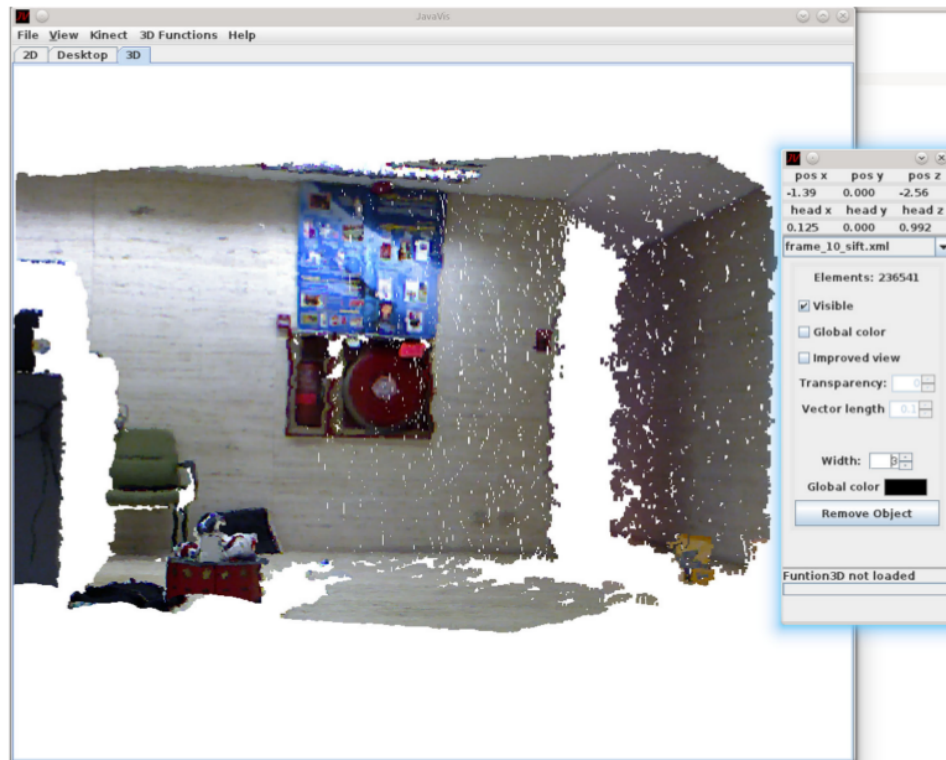
Fonte: Cazorla e Viejo (2015)

5.1.3 JavaVis3D

Esta área da ferramenta tem como objetivo permitir a manipulação de imagens 3D. A maior parte de entidades geométricas estão implementadas no core do JavaVis3D. Entidades como pontos, vetores, segmentos e planos estão incluídos neste pacote, sendo possível utiliza-los para a aplicação de manipulações nas imagens. A interface foi construída utilizando a API 3D do Java, baseada em OpenGL.

A Figura 26 demonstra o JavaVis3D *framework*. A janela a direita controla a posição da cena. O usuário pode navegar pela cena utilizando esta janela.

Figura 26 – Ambiente JavaVis3D



Fonte: Cazorla e Viejo (2015)

5.1.4 Resultados obtidos

Segundo os autores, o JavaVis foi utilizado em diversos cenários relacionados à visão computacional, como inteligência artificial e diversos trabalhos de conclusão da universidade de Alicante (Espanha). Esta ferramenta foi utilizada em dois níveis. O primeiro consiste na utilização dos algoritmos já implementados na biblioteca, possibilitando a observação de seus funcionamentos quando a teoria é apresentada. O segundo nível consiste no desenvolvimento de novos algoritmos pelos alunos.

A ferramenta foi utilizada em sala de aula. Os autores, primeiramente, introduziram a ferramenta para a turma, demonstrando as principais funcionalidades e a aplicação de um exemplo guiado da utilização do JavaVis. Após esta introdução, foi solicitado para os alunos desenvolverem suas próprias funções. Esta abordagem contribuiu para melhorar o entendimento dos algoritmos pelos alunos, sendo que os estudantes puderam identificar o comportamento de diversas funções e tiveram a oportunidade de desenvolver suas próprias funções.

Os autores aplicaram diversas tarefas ao longo de 10 anos. Um exemplo pode ser observado na Figura 27, onde foi proposto para os alunos construir uma função capaz de identificar a quantidade de moedas existentes na imagem. Primeiramente, os estudantes utilizaram a área de Desktop para identificar os melhores métodos e seus respectivos parâmetros. Posteriormente, os alunos criaram uma nova função no JavaVis capaz de

executar a tarefa proposta.

Para os autores, o JavaVis possui algumas funcionalidades que permitem ao estudante uma maneira simples de aprender visão computacional. Uma delas é a simplicidade de implementação de novos métodos. Outra é a possibilidade do estudante visualizar cada etapa do processamento de algoritmos, devido ao sequenciamento de técnicas para a composição de um algoritmo de maior complexidade.

Figura 27 – Exemplos de tarefa aplicada aos estudantes



Fonte: Cazorla e Viejo (2015)

5.2 CLASSROOM LIVE: A SOFTWARE-ASSISTED GAMIFICATION TOOL

A pesquisa de Freitas e Freitas (2013) tem por objetivo engajar os estudantes da US Air Force Academy. Para isso, foi desenvolvido um sistema cliente/servidor para servir como aporte para aulas gamificadas. O sistema é chamado de Classroom Live, e este faz uso de computadores e acesso *wireless* para prover uma experiência *online* e interativa de aprendizagem. Ao acessar o software, o aluno recebe “*quests*” que são preparadas pelo instrutor. O instrutor pode acessar uma aplicação diferente para analisar a performance do estudante e recompensas em tempo real.

Os autores desenvolveram o software visando a utilização em aulas do curso de ciência da computação, e que pudesse utilizar a infraestrutura já existente, como computadores e acesso a internet. O desenvolvimento da aplicação foi influenciado pelo *feedback* de alunos e instrutores, servindo como guia para o desenvolvimento. Os autores citam alguns pontos que foram considerados durante o desenvolvimento do software:

Estética: Alunos possuem uma experiência mais agradável com um ferramenta educacional que possui um apelo visual. Por este motivo, os autores desenvolveram um

sistema de controle de avatares. No começo, os estudantes iniciam com um avatar básico e um limite de customizações possíveis. A medida que os alunos completam as tarefas e desafios, eles são recompensados com itens adicionais que podem ser utilizados para customizar a aparência de seus avatares.

Realizar tarefas em *background*: Os autores perceberam que o Classroom live seria uma das muitas aplicações sendo executadas nos computadores dos alunos. Tendo como objetivo manter os alunos engajados, a aplicação precisa ser capaz de automaticamente baixar novas *quests* criadas pelo instrutor e notificá-las para o aluno. O Classroom Live foi desenvolvido de forma *standalone*, suportando comunicações assíncronas. Os autores optaram por esta abordagem ao invés de construir um sistema web devido a possibilidade dos estudantes ignorar ou até fechar o sistema acidentalmente caso fosse utilizado uma abordagem web.

Fácil de utilizar: O Classroom Live foi projetado para prover uma experiência de aprendizagem que seja tanto divertida quanto intuitiva. Quando o estudante acessa o sistema, ele pode observar quais *quests* ele precisa completar e quais ele já completou. Na visão do instrutor, o sistema foi construído para facilitar a criação de novas *quests*, monitorar o progresso do aluno e monitorar as conquistas dos alunos.

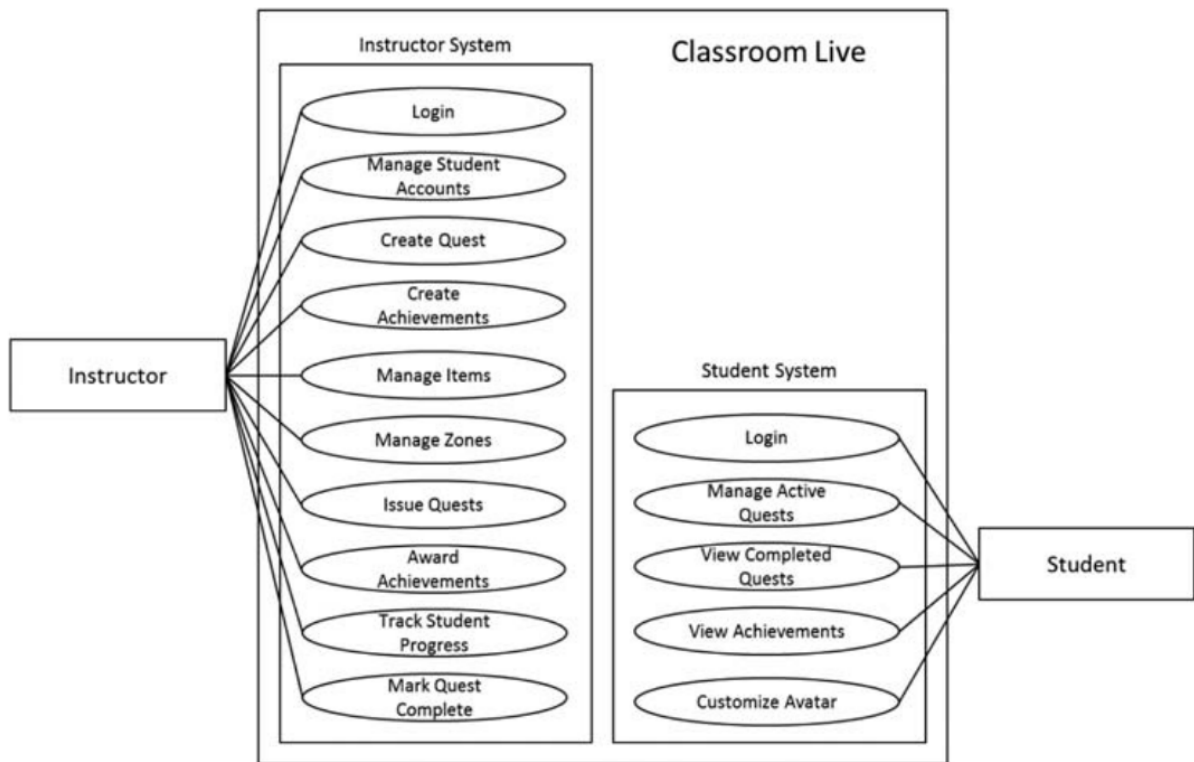
Monitorar todos os eventos: O sistema possui a característica de monitorar a performance do aluno em múltiplas aulas. Estas informações são armazenadas em uma base de dados que serve como repositório de *quests* concluídas, customização de avatares e respostas de usuários. Esta abordagem permite ao instrutor analisar as submissões dos alunos, sendo possível identificar dificuldades individuais de cada aluno.

A Figura 28 demonstra as funcionalidades existentes no sistema para o aluno e para o instrutor. Após o instrutor acessar o sistema, ele utiliza cinco áreas do sistema para planejar uma nova aula. Na área "*Manage Student Accounts*", o instrutor pode criar novas contas de usuário e configurar contas já existentes. A área "*Create Quest*" é onde o instrutor passará a maior parte do tempo, pois é nesta área onde é realizada a criação de novas *quest* a serem completadas pelo alunos. Neste processo, o instrutor tem a possibilidade de relacionar recompensas e pontos de experiência que o aluno receberá ao completar a *quest*.

A área "*Create Achievements*", permite ao instrutor criar uma biblioteca de recompensas e associar pontos de experiência a elas. As áreas "*Manage Items*" e "*Manage zones*" permitem ao instrutor manipular os itens virtuais e os ambientes visuais que o aluno encontrará durante a utilização do sistema.

Durante as aulas, o instrutor terá quatro áreas para gerenciar as atividades dos alunos. Na área "*Issue Quest*", o instrutor poderá controlar as *quests* existentes, podendo inativá-las, definir um tempo limite para a conclusão. Na área "*Award Achievements*", o

Figura 28 – Exemplos de tarefa aplicada aos estudantes



Fonte: Freitas e Freitas (2013)

instrutor tem a possibilidade de definir prêmios para os alunos. Na área “*Track Student Progress*”, o instrutor pode observar o avanço dos alunos. Na última área, “*Mark quest complete*”, o instrutor analisa o trabalho realizado pelo estudante e define se este cumpriu com a especificação determinada ou não.

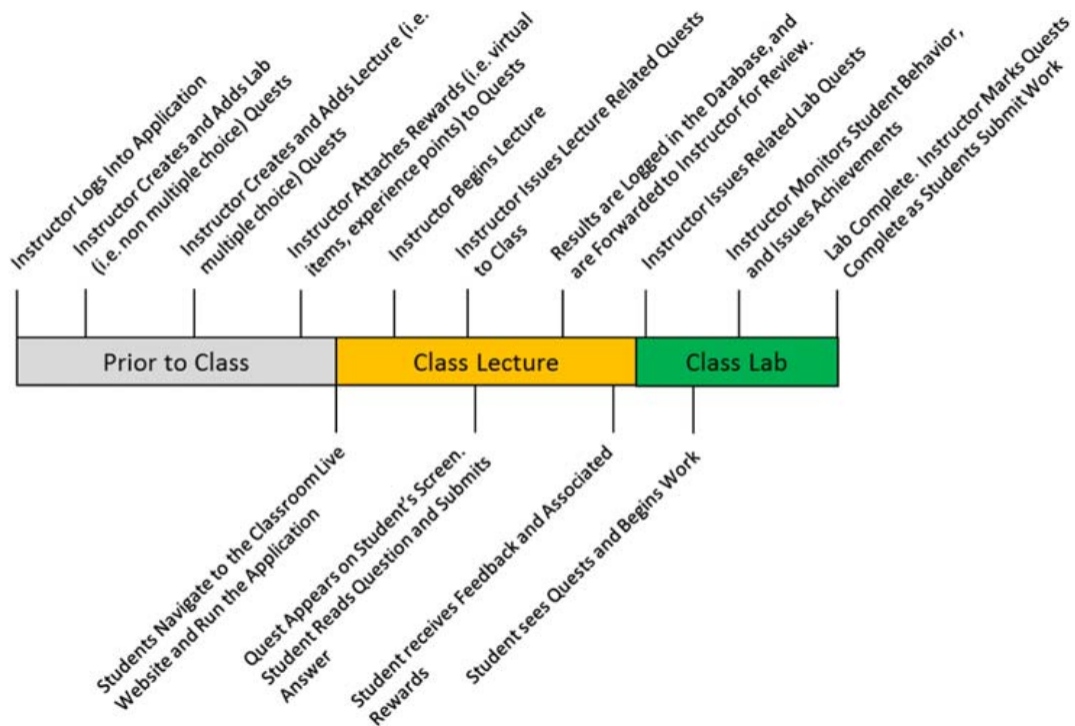
Na seção dos alunos, existem 4 funcionalidades. A principal delas é a “*Manege Active Quests*”, esta é a funcionalidade que permite aos alunos visualizar em suas *quests* e enviar em suas respectivas respostas. A funcionalidade “*View Completed Quests*” possibilita ao aluno visualizar sua própria performance em *quests* já concluídas, e também permite a visualização das respostas corretas para as *quests*. A funcionalidade “*View Achievements*” permite a visualização de todas as conquistas recebidas pelo usuário. Por fim, a funcionalidade “*Customize Avatar*” é onde o aluno pode customizar a aparência de seu avatar a partir dos itens conquistados.

Para avaliar a eficácia do Classroom Live, os autores aplicaram a ferramenta em uma parte do curso de introdução a programação. A Figura 29 demonstra a sequência de eventos utilizados nesta experiência de aplicação em sala de aula. Cada lição começa com a criação de dois tipos de *quests* por parte do instrutor. O primeiro corresponde a uma tarefa onde o aluno deve desenvolver e enviar um trecho de código fonte que corresponda a tarefa atribuída. O instrutor também desenvolve *quests* de múltiplas escolhas relacionadas ao material ensinado na aula daquele dia. O instrutor tem a possibilidade de adicionar

recompensas em ambas as *quests*.

Quando os alunos submetem suas respostas, os resultados são enviados automaticamente para o servidor para que o instrutor possa realizar a revisão do que foi feito. Dependendo da performance dos estudantes, o instrutor pode decidir se deve ou não voltar para a explicação teórica ou mover para o próximo tópico. Enquanto isso, os alunos recebem *feedback* de suas ações realizadas. A atribuição de recompensas é realizada pelo instrutor após ele realizar a revisão da tarefa concluída pelo aluno.

Figura 29 – Sequência de eventos aplicados em sala de aula



Fonte: Freitas e Freitas (2013)

Durante a aplicação do sistema Classroom Live no curso de introdução a programação, durante 5 meses, os autores identificaram diversas lições aprendidas de quão eficiente pode ser a utilização de gamificação na sala de aula. Dentre elas estão:

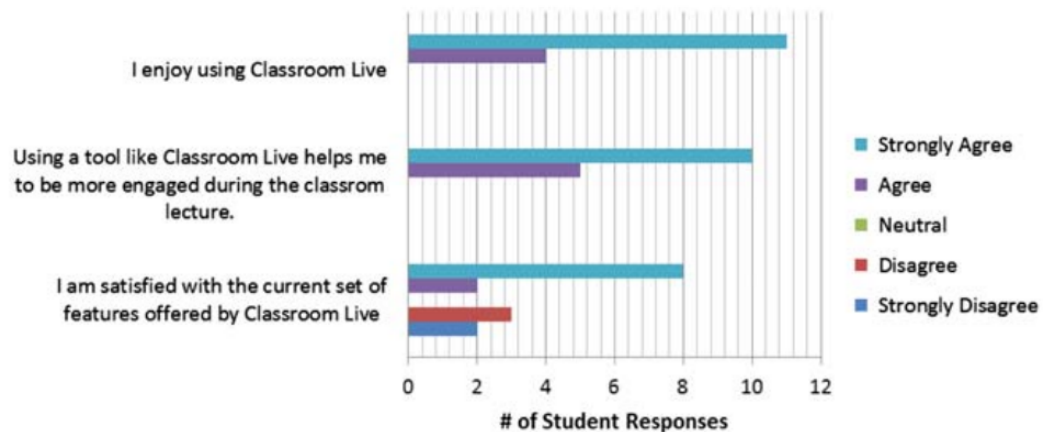
O conteúdo é muito importante: A eficácia da aplicação da ferramenta depende da habilidade de gerar conteúdo atraente para os alunos. Os estudantes demonstram um maior interesse quando as *quest* eram instigantes e recompensadoras. Os autores encontraram uma relação entre o engajamento dos alunos e o conteúdo, como grandes volumes de *quests* e recompensas os alunos demonstravam maior participação.

Gamificação demanda tempo: Segundo os autores, a utilização de gamificação na sala de aula aumentou o tempo necessário para a preparação das aulas, mesmo com a utilização de um software como Classroom Live para auxiliar. Para estas aulas, os instrutores tiveram que popular o sistema com itens e *quests* que deveriam ser atraentes para os alunos e relevantes para o curso. Os autores acreditam que este tempo diminuirá

à medida que é construída uma base de dados de *quests* que possam ser reutilizadas em outros semestres.

Para avaliar a aplicação, foi solicitado aos alunos que respondessem algumas questões referente a utilização do Classroom Live, como pode ser visualizado na Figura 30. O estudo foi realizado com 15 alunos.

Figura 30 – Avaliação da ferramenta



Fonte: Freitas e Freitas (2013)

Segundo os autores, aparentemente os alunos gostaram de utilizar o Classroom Live. As respostas das duas primeiras questões indicam que os alunos acharam o Classroom Live divertido e acreditam que o software auxiliou a mantê-los engajados na aula. Levando em consideração que o uso do software foi totalmente voluntário, os autores constataram o entorno de 85% dos alunos utilizaram a aplicação e participaram de *quests* durante todas as aulas.

Os autores não conseguiram constatar se a utilização da ferramenta aumentou a performance dos estudantes, mas eles observaram que a aplicação obteve êxito em relação a melhorar o interesse e engajamento dos estudantes nas aulas.

5.3 CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo foram apresentadas soluções relacionadas ao trabalho desenvolvido, cumprindo, desta forma, o terceiro objetivo específico da pesquisa que é analisar as ferramentas de ensino existentes no mercado ou em projetos acadêmicos. Foi abordado o funcionamento das ferramentas e como elas foram utilizadas em sala de aula. O capítulo compõem a etapa metodológica de criação, servindo como aporte teórico para conscientização do problema.

A partir das informações coletas neste capítulo e nos capítulos anteriores, foi possível definir o artefato do trabalho. Este processo foi realizado através de um *brainstorming* com algumas pessoas interessadas no trabalho. As experiências apresentadas

neste capítulo demonstraram que uma ferramenta gamificada pode auxiliar no engajamento de estudantes em sala de aula, como apresentado na pesquisa de Freitas e Freitas (2013), e que uma ferramenta para o ensino de PDI pode proporcionar um ambiente que potencialize o aprendizado, como apresentado na pesquisa de Cazorla e Viejo (2015).

No próximo capítulo será apresentada a proposta deste trabalho de conclusão. Será demonstrando o principal objetivo e o que será feito para cumpri-lo, abordando quais elementos da gamificação serão utilizados e como serão implementados na ferramenta.

6 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de uma ferramenta gamificada para o auxílio ao ensino de processamento digital de imagens. Primeiramente foi realizado um estudo de sistemas com objetivos semelhantes e os principais conceitos de gamificação que serviram como aporte para o desenvolvimento da proposta. Estes estudos foram apresentados nos capítulos anteriores.

Este trabalho fará uso da ferramenta VISNode (apresentada na seção 6.1). Esta ferramenta já se encarrega de proporcionar um ambiente para a prototipação e experimentação de técnicas de PDI, possuindo diversas técnicas já implementadas.

Neste capítulo será abordado o desenvolvimento do trabalho, sendo apresentado o funcionamento da ferramenta e as tecnologias utilizadas para o seu desenvolvimento. Também serão apresentadas as adaptações realizadas na ferramenta para torna-la gamificada.

6.1 VISNODE

O VISNode foi desenvolvida por alunos da Universidade Feevale após concluírem a disciplina de Processamento Digital de Imagem. Eles identificaram uma dificuldade para realizar a comparação de técnicas com o mesmo objetivo, e escolher o parâmetro adequado para cada situação. Desta forma, foi desenvolvida uma ferramenta que tem por objetivo demonstrar, de forma visual, a execução de técnicas de PDI e como elas se conectam (VISNODE, 2018).

A ferramenta utiliza o conceito de processos, que consiste em operações que podem ser executados em entradas (*inputs*) e gerar saídas (*outputs*). Estas saídas podem ser imagens, valores numéricos, ou qualquer outra estrutura de dados necessária para a execução do processo. Estes processos podem ser qualquer função que possa ser aplicada a um *input* e gerar um *output*, como, por exemplo: de manipulação da imagem, como desfoque de Gauss, limiarização ou de inversão de cores; obtenção de informações, como a obtenção de estatísticas de cor; extração de objetos, entre outros (VISNODE, 2018).

Cada processo da ferramenta é considerado um nodo, como em uma árvore ou grafo. Cada nodo possui entradas e saídas que podem ser conectadas a entradas e saídas de outros nodos para a execução sequencial. Para um processo de *Threshold*, por exemplo, a imagem de origem e o limiar numérico são os parâmetros de entrada, enquanto a imagem resultante da operação consiste no parâmetro de saída (VISNODE, 2018).

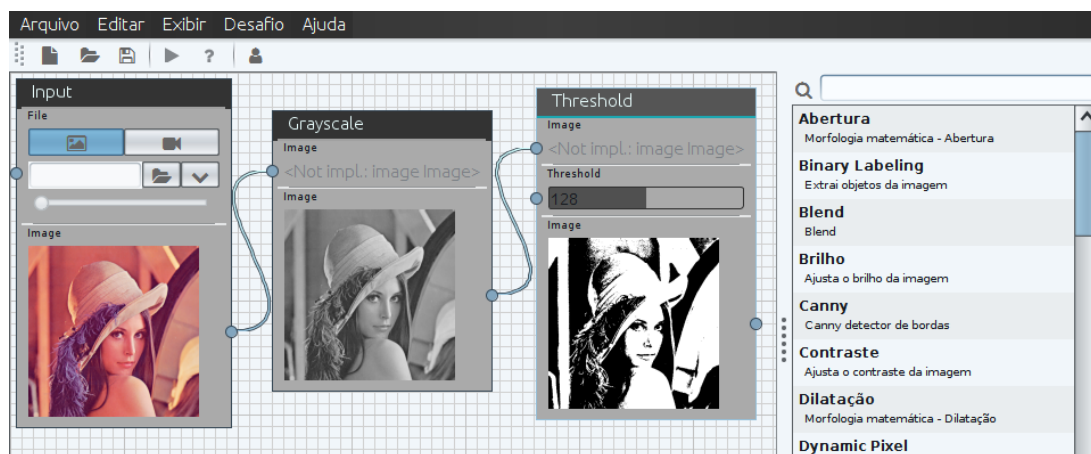
Para determinados tipos de entrada é possível informar o valor manualmente no

nodo ou via conexão. Por exemplo, para o nodo de limiarização é possível informar um valor numérico para o limiar diretamente no nodo, utilizando a interface gráfica, ou obtê-lo à partir da saída de outro nodo, como, por exemplo, a cor média da imagem (VISNODE, 2018).

Segundo os criadores, a estrutura em nodos foi utilizada com o intuito de facilitar a compreensão em relação a como diversos processos podem ser executados de forma sequencial para chegar a um objetivo final. Na tela principal de edição do software, o usuário pode mover, inserir e remover nodos de processos, criar e remover conexões entre as entradas e saídas de forma visual e realizar ajustes nos parâmetros dos processos, visualizando em tempo real o resultado de suas modificações.

A Figura 31 demonstra a utilização do software VISNode. Nesta figura é possível visualizar um painel do software, à direita, de onde é possível selecionar as técnicas de PDI a serem aplicadas na imagem. Também é demonstrado um fluxo de execução utilizando duas técnicas: *Grayscale* e *Threshold*. No processo de *Threshold* é possível observar um *input slider*, por onde é realizada a mudança do parâmetro do limiar.

Figura 31 – Demonstrativo do VISNode



Fonte: elaborado pelo autor

O VISNode possui diversos processos e técnicas de PDI implementadas, entre eles, algoritmos de detecção de borda, desfoque, transformação, ajustes de cores, manipulação de imagens binárias, afinamento, operações aritméticas, extração de objetos e preenchimento. Todos os processos atualmente presentes na ferramenta foram desenvolvidas pelo time responsável pelo VISNode, e novos processos são constantemente adicionados a ferramenta.

Os métodos de detecção de bordas implementados são Sobel, Roberts, Prewitt, Laplace (GONZALEZ; WOODS, 2008), Robinson (ROBINSON, 1977), Kirsch (KIRSCH, 1971), Frei-Chen (CHEN et al., 1977), Marr-Hildreth (MARR; HILDRETH, 1980) e Canny (CANNY, 1986). Na categoria de desfoque tem-se as operações de Gauss, média, mediana e moda (GONZALEZ; WOODS, 2008). Redimensionamento, rotação, translação

e espelhamento vertical e horizontal (GONZALEZ; WOODS, 2008) formam a categoria de processos de transformação. Os processos de ajuste de cores são: brilho, contraste, tons-de-cinza (média simples e ponderada), inversão de cor e limiarização (*threshold*) (GONZALEZ; WOODS, 2008).

Para a manipulação de imagens binárias tem-se os algoritmos de dilatação, erosão, abertura e fechamento (GONZALEZ; WOODS, 2008). Os algoritmos implementados da categoria de afinamento são Zhang-Suen (ZHANG; SUEN, 1984), Holt (HOLT et al., 1987) e Stentiford (STENTIFORD; MORTIMER, 1983). Na categoria de operações aritméticas tem-se a obtenção da média, mediana e moda dos valores da imagem e também histograma (GONZALEZ; WOODS, 2008). Para a categoria de extração de objetos tem-se o *Binary Labeling* (GONZALEZ; WOODS, 2008) e extração de objetos, que trabalham em conjunto. Para preenchimento de regiões o algoritmo de Snakes (KASS; WITKIN; TERZOPOULOS, 1988) e o *Flood Fill* (GONZALEZ; WOODS, 2008) foram implementados.

6.1.1 Arquitetura

O software VISNode foi construído utilizando a arquitetura modular proposta por Reis et al. (2018), onde é construída uma linha de produtos de software (*Software Product Line* ou SPL) SEI (2018) para a extração e apresentação de características em exames médicos por imagem. Na arquitetura existem cinco módulos, cada um com um objetivo específico, que podem ser usados de forma independente para diversos tipos de aplicações que trabalham com imagens. Dos módulos construídos, três foram utilizados no desenvolvimento do VISNode, descritos a seguir:

1. PDI: implementações de algoritmos de processamento de imagens, que são aplicados aos exames médicos no processo de extração de características, como, por exemplo: histograma, limiarização, remoção e redução de ruídos, operações de convolução, métodos de classificação, entre outros (REIS et al., 2018);
2. Uso Comum: classes de uso comum por todos os outros módulos, como classes utilitárias ou estruturas de dados utilizados na troca de informações entre módulos;
3. Acesso a Arquivos: camada de acesso a arquivos do tipo DICOM.

6.2 PROPOSTA GAMIFICADA

O presente trabalho se propõe a desenvolver uma ferramenta que faça uso de conceitos de gamificação visando auxiliar o ensino e aprendizagem. Este trabalho foca no ensino de processamento digital de imagens, pretendendo servir como aporte para alunos de disciplinas que abordam esses conceitos.

Tendo como objetivo dar assistência ao usuário no entendimento dos algoritmos utilizados, a ferramenta provê informações detalhadas dos algoritmos implementados, sendo possível visualizar uma explicação textual de seu funcionamento, além do código de sua implementação. Esta funcionalidade também pode servir como material didático, auxiliando na etapa de aprendizado de usuários como pouco conhecimento na área.

6.2.1 Elementos

O principal objetivo do trabalho é apresentar o desenvolvimento de uma ferramenta que motive os alunos a participarem das aulas e engaja-los na busca por conhecimentos relacionados a área de estudo. Para isso foi utilizada a gamificação. A ferramenta conta com elementos como: Desafios, Missões, Narrativas, Recompensas e Rankings.

6.2.1.1 Missões

Uma missão consiste em uma tarefa que o usuário deverá realizar. Cada missão possui uma narrativa, na qual deve contextualizar o problema visando motivar o usuário à resolução do mesmo.

A resolução da missão deve ser efetuada utilizando o VISNode, desta forma, o usuário deverá conectar as técnicas existentes para obter o resultado esperado. O próprio software realiza a conferência se a solução proposta pelo usuário condiz com o resultado esperado.

6.2.1.2 Desafios

Um desafio consiste em um grande objetivo que o usuário deve alcançar. Cada desafio é composto por missões, desta forma, para um usuário concluir um desafio, ele deverá concluir primeiramente uma série de pequenas missões. Estes desafios são pensados para que o aluno consiga dividir o problema em partes, desta forma, a resolução de um problema de maior complexidade é mais facilmente alcançada.

Cada desafio possui uma narrativa para que seja apresentado ao aluno a problemática a ser trabalhada. Esta narrativa descreve o problema como um todo e demonstra o resultado final esperado.

Um desafio pode ser exemplificada por: uma loja procura uma maneira mais simples de calcular o valor em moedas existentes em suas caixas registradoras. A cada encerramento de caixa, fica a cargo do operador realizar a conferência de quanto em valor existe em cada caixa. Levando em consideração este cenário, foi desenvolvido um equipamento que possui uma câmera fotográfica acima de um tablado. Pede-se para desenvolver um algoritmo de processamento digital de imagens que seja capaz de identificar cada moeda

e calcular o valor existente no tablado. A Figura 32 apresenta um exemplo da imagem capturada do tablado.

Figura 32 – Imagem capturada do equipamento de cálculo de valor monetário



Fonte: elaborado pelo autor

As missões deste desafio podem ser:

1. **Pré-processamento:** Nesta missão os usuários devem trabalhar para melhorar a qualidade da imagem para que seja possível realizar o processo de segmentação. Como resultado espera-se que seja retornada uma imagem binária, onde os pixels com valor 0 correspondam ao fundo da imagem, e os pixels com valor 1 correspondam as moedas.
2. **Cálculo do valor:** Nesta missão os usuários precisam executar algum procedimento que realize a segmentação das imagens. Após este procedimento, devem extrair características de cada objeto para que seja possível identificar qual é o valor monetário de cada imagem.

6.2.1.3 Recompensas e pontos de experiência

Recompensas e pontos de experiência são importantes elementos da gamificação. Estes elementos podem transmitir diversas informações aos usuários, uma delas é o *feedback* de como ele está em relação ao seu progresso. Outra característica é de ser um fator de motivação extrínseca, pois o aluno pode se motivar a resolver um problema para adquirir uma determinada recompensa.

Ao utilizar o VISNode, os usuários receberão pontos de experiência ao completar missões e desafios. Cada tarefa terá sua pontuação de acordo com o grau de dificuldade imposto ao usuário, desta forma, desafios com um grau de complexidade maior resultarão em uma quantidade maior de pontos se comparados com desafios de menor complexidade.

Cada missão possui um valor máximo de pontos que o usuário pode obter. Este valor somente será concedido ao usuário caso ele acerte a missão na primeira tentativa. Caso contrário, o usuário receberá um percentual do valor total. O valor mínimo que o usuário receberá é 70% da pontuação. Desta forma, o usuário é penalizado em até 30%, variando de acordo com o número de erros. Cada tentativa falha equivale a 10%.

Além dos pontos de experiência, o usuário poderá receber algumas recompensas. Estas recompensas são vinculadas aos desafios, sendo assim, o usuário receberá a recompensa ao finalizar o desafio. Para o VISNode, uma recompensa é uma imagem. Esta imagem é dividida em pedaços de acordo com o número de missões do desafio. O usuário recebe um pedaço desta recompensa a cada missão concluída.

Na ferramenta, esta recompensa é exibida em formato de quebra-cabeça, onde somente são exibidas as peças que o usuário já adquiriu. Este formato de atribuição de recompensas, além de proporcionar um fator motivacional, também possibilita que o usuário identifique seu progresso, pois é possível que ele identifique o quanto falta para ele completar o desafio, e, por consequência, o quebra-cabeças.

6.2.1.4 *Rankings*

Tendo em vista a possibilidade do usuário se situar em relação ao seu desempenho comparado com outros usuários, a ferramenta possui um *ranking*. Este ranking leva em consideração a pontuação conquistada por cada usuário para posicioná-los em suas respectivas colocações.

A seção de *ranking* é dividida em duas partes. A primeira é referente ao *ranking* do aluno em relação a sua turma, desta forma, o aluno pode identificar sua colocação em comparação com seus colegas de turma. A segunda é referente ao *ranking* geral, onde este é composto por todos os alunos do sistema, podendo conter alunos de outros semestre ou instituições.

6.2.2 Utilização

A parte gamificada da ferramenta é acessada através de um cadastro e *login* no sistema. Isso se torna necessário para identificar o usuário que está acessando o sistema, e também para controlar o progresso de cada usuário. Após o usuário logado, ele terá acesso a todas as funcionalidades referentes a parte gamificada da ferramenta.

Logado no sistema, o usuário possui acesso ao menu de desafios. Neste local o usuário encontrará diversas missões com diferentes objetivos e graus de dificuldades. O usuário poderá selecionar uma missão para ser realizada e a cada missão cumprida receberá suas respectivas recompensas.

O usuário terá acesso a mais dois menus responsáveis pelo *ranking* e uma lista das recompensas conquistadas pelo usuário. Também haverá uma página onde o usuário poderá visualizar seu progresso em cada missão, sendo possível visualizar o quanto ele já cumpriu de cada missão.

Quando a ferramenta for utilizada dentro da sala de aula, o educador poderá criar um grupo de trabalho e definir quais usuários e quais desafios este grupo irá compor. Desta forma, o educador poderá controlar o progresso de cada participante do grupo, podendo visualizar quantas tarefas o usuário já realizou, como ele solucionou os desafios e quais recompensas ele já ganhou.

Visando ser utilizada em outras instituições, a ferramenta permite a criação de novas missões e desafios. Ampliando, desta forma, o uso da ferramenta para mais usuários. A ideia da ferramenta é que possa ser utilizada dentro da sala de aula, como já descrito, mas também fora. Para isso, a ferramenta contará com áreas que podem ser acessíveis por pessoas fora da disciplina. Desta forma, qualquer indivíduo que tenha interesse em usufruir da ferramenta poderá utilizá-la.

6.3 PROCESSOS

Para auxiliar o aluno na utilização da ferramenta, foi necessária a implementação de um novo processo. Este processo foi chamado de *Script Process*. A criação deste processo foi necessário pois em algumas ocasiões é importante realizar operações que não são técnicas de PDI clássicas. Este processo não está vinculado a nenhuma técnica de processamento digital de imagens, é um processo que tem por objetivo disponibilizar uma interface para a implementação de algoritmos pela própria ferramenta. Como exemplo, pode ser levado em consideração um cenário apresentado em 6.2.1.2, onde é necessário calcular o valor total das moedas.

A linguagem Java possui em sua arquitetura uma API (*Application Program Interface*) para execução de *scripts*, possibilitando escrever customizações para aplicações. JavaScript (JS) é uma das linguagens suportadas por esta API, permitindo o rápido

desenvolvimento e extensão de partes da aplicação. A API permite a execução de código fonte, sendo possível compartilhar objetos entre Java e JS e invocar funções (ORACLE, 2017). Devido a esta flexibilidade, os processos dinâmicos fazem uso desta API de Script como linguagem o JS.

6.4 MATERIAL TEÓRICO

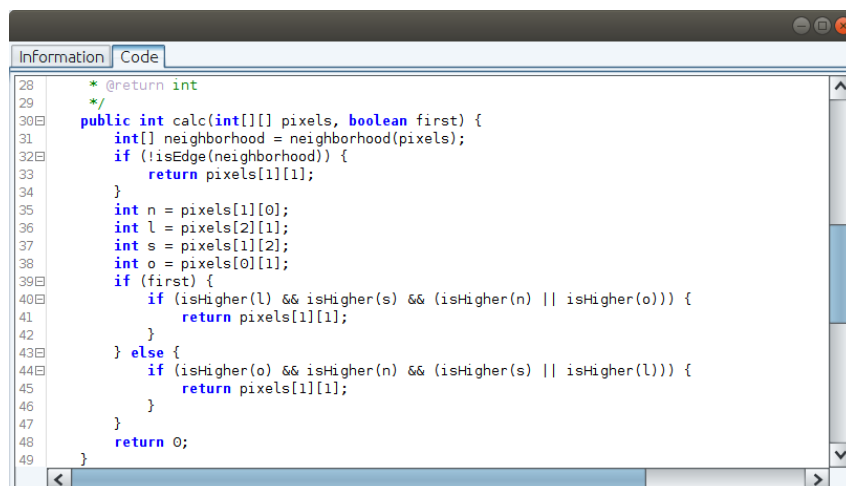
O processamento digital de imagens é um área de estudo que possui forte embasamento teórico. Em muitas situações, o material teórico é constituído basicamente de notações matemáticas, o que pode dificultar o entendimento dos estudantes. Tendo em vista este cenário, foi construída uma área na ferramenta que possibilita ao estudante o contato com o referencial teórico de técnicas de PDI através de uma apresentação didática.

Para a construção deste material teórico, foi utilizada como base a pesquisa apresentada no Capítulo 3. Este material consiste basicamente de uma explicação conceitual de cada técnica de PDI e o funcionamento básico do algoritmo. Também é disponibilizado ao estudante o código fonte utilizado para a implementação do processo.

Para facilitar a disponibilização do material teórico, foi utilizado um arquivo no formato *Markdown*. Este formato possibilita a fácil edição e formação de conteúdo a partir de *tags* que são adicionadas em um arquivo de texto.

O acesso a este conteúdo é realizado por processo, desta forma, o usuário selecionará o processo que deseja acessar o material teórico. Na Figura 33 é apresentada a janela onde o usuário pode visualizar o código fonte de uma técnica de PDI. Já na Figura 34, é apresentada a janela onde o usuário tem acesso a explicação teórica da técnica de PDI.

Figura 33 – Exibição do código fonte de algoritmo de Holt



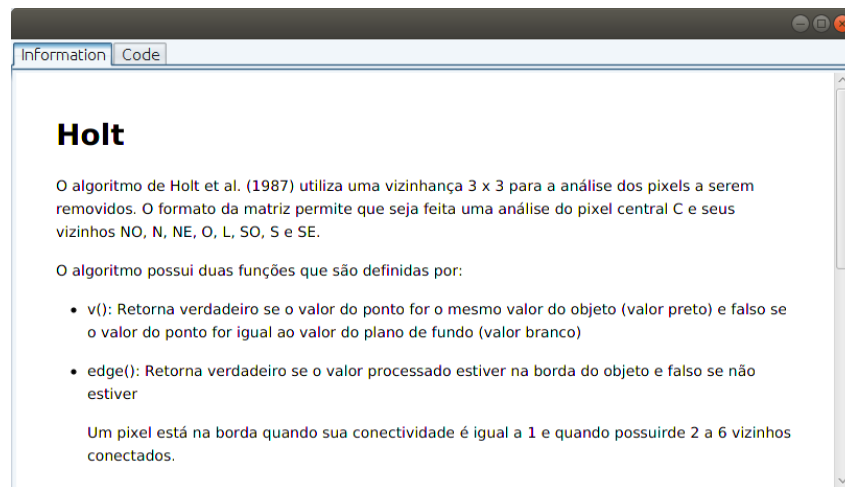
```

28      * @return int
29      */
30      public int calc(int[][] pixels, boolean first) {
31          int[] neighborhood = neighborhood(pixels);
32          if (!isEdge(neighborhood)) {
33              return pixels[1][1];
34          }
35          int n = pixels[1][0];
36          int l = pixels[2][1];
37          int s = pixels[1][2];
38          int o = pixels[0][1];
39          if (first) {
40              if (isHigher(l) && isHigher(s) && (isHigher(n) || isHigher(o))) {
41                  return pixels[1][1];
42              }
43          } else {
44              if (isHigher(o) && isHigher(n) && (isHigher(s) || isHigher(l))) {
45                  return pixels[1][1];
46              }
47          }
48          return 0;
49      }

```

Fonte: elaborado pelo autor

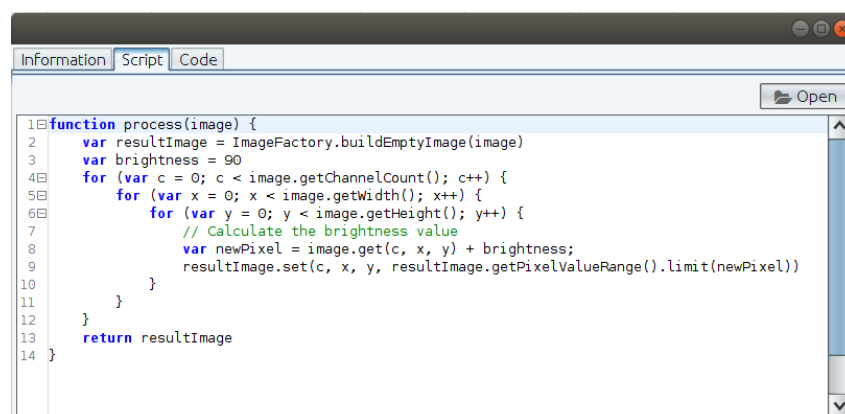
Figura 34 – Exibição da explicação do algoritmo de Holt



Fonte: elaborado pelo autor

Além dos dois recursos apresentados acima, também foi criada uma seção chamada *script*. Esta seção faz uso do processo apresentado na seção 6.3. Através deste recurso, foi possível disponibilizar para o aluno um *script* que represente a técnica de PDI consultada. Desta forma, o aluno pode modificar a implementação do algoritmo para complementar seu aprendizado da técnica estudada.

Figura 35 – Exibição do *script* do algoritmo de Brilho



Fonte: elaborado pelo autor

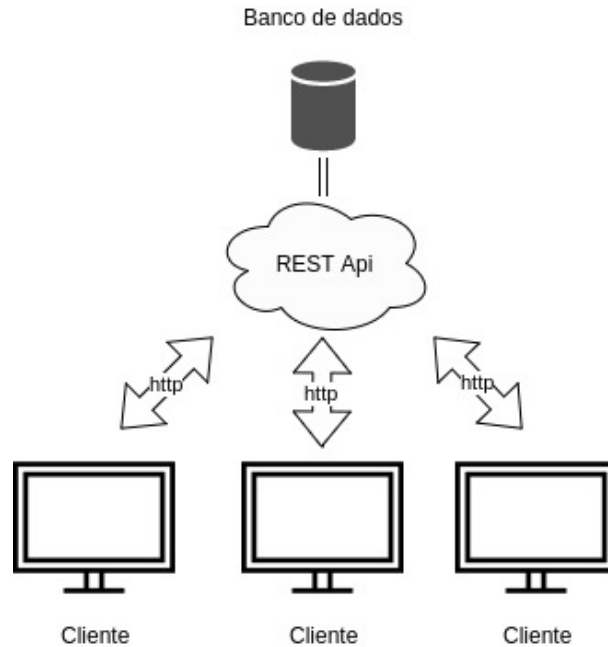
Na Figura 35 é apresentada a exibição do *script* que representa o algoritmo de brilho. Também é possível visualizar um botão "Open", no qual ao acioná-lo, o usuário abrirá o algoritmo em forma de processo na ferramenta.

6.5 ARQUITETURA

Para o desenvolvimento da ferramenta foi utilizada a linguagem Java, mesma linguagem utilizada para o desenvolvimento do VISNode. Devido a necessidade de armazenar informações do usuário, foi criado um *WebService* para esta finalidade. Este *WebService* foi construído utilizando o *framework SprintBoot* e um Banco de dados MySQL.

A Figura 36 demonstra a arquitetura do projeto. É possível visualizar que a comunicação realizada para o acesso a dados é feita utilizando o protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*).

Figura 36 – Arquitetura VISNode



Fonte: elaborado pelo autor

6.6 INTERFACE DO ALUNO

Nos próximos tópicos são apresentadas as interfaces que o aluno possui acesso. A partir delas, o aluno pode realizar desafios, consultar seu *ranking* e visualizar suas conquistas.

6.6.1 Desafios e missões

O sistema gamificado é baseado em desafios e missões, onde o usuário recebe recompensas e pontuações a partir da conclusão destes elementos. A Figura 37 demonstra a página onde os alunos podem acessar os desafios disponíveis na ferramenta. No Quadro 1 é explicado cada elemento desta janela.

Quadro 1 – Elementos da listagem de desafios

(A) <i>Max Score</i>	Tipo: Numérico. Descrição: Pontuação máxima para o desafio.
(B) Missões	Tipo: Texto. Descrição: Demonstra a quantidade de missões do desafio.

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 37 – Listagem de desafios



Fonte: elaborado pelo autor

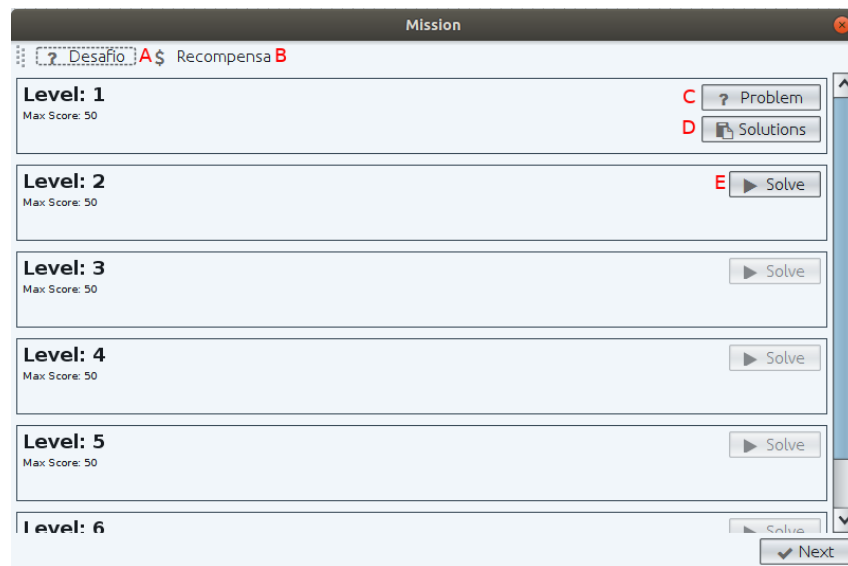
Quando o aluno seleciona um desafio a ser resolvido, a próxima página exibida é a janela responsável pela narrativa do desafio ao aluno. A Figura 38 demonstra um exemplo desta contextualização, podendo conter texto e imagens, de forma que facilite o entendimento do aluno em relação ao desafio proposto.

Figura 38 – Narrativa de um desafio



Fonte: elaborado pelo autor

Após a apresentação da narrativa do desafio, o usuário é redirecionado para a página que contém as missões do desafio, que é representada pela Figura 39. O aluno deverá resolver as missões em ordem, desta forma, a segunda missão não poderá ser resolvida antes que a missão 1 seja solucionada. No Quadro 2 é explicado cada elemento desta janela.

Figura 39 – Missões

Fonte: elaborado pelo autor

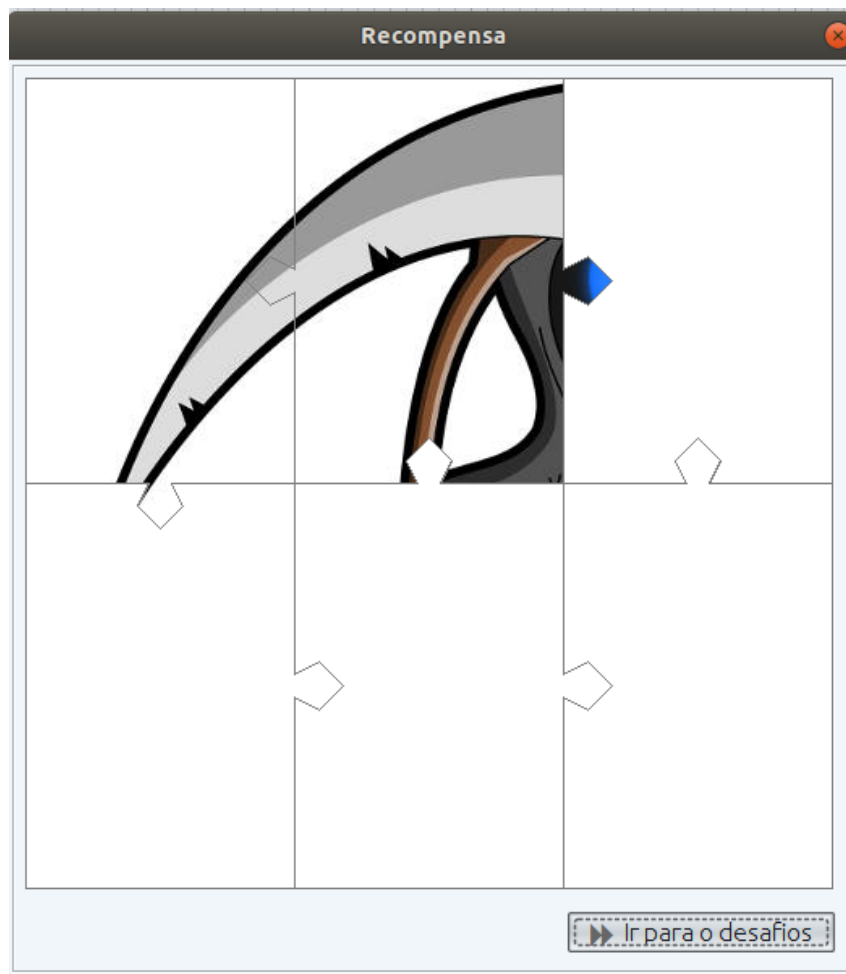
Quadro 2 – Elementos da listagem de missões

(A) Desafios	Tipo: Botão. Descrição: Exibe a narrativa do desafio.
(B) Recompensas	Tipo: Botão. Descrição: Exibe as recompensas já adquiridas.
(C) Problema	Tipo: Botão. Descrição: Exibe a narrativa da missão.
(D) Resolver	Tipo: Botão. Descrição: Exibe soluções de outros usuários.
(E) Resolver	Tipo: Botão. Descrição: Inicia a resolução de desafios.

Fonte: elaborado pelo autor

Para cada desafio é relacionada uma recompensa, que será adquirida pelo aluno ao cumprir o desafio com sucesso. As recompensas da ferramenta são imagens, como demonstrado na Figura 40. Com o objetivo de transmitir uma ideia de progresso, esta imagem foi dividida em várias partes e em cada conclusão de missão, uma parte da imagem é concedida ao aluno.

Figura 40 – Desafios recompensa



Fonte: elaborado pelo autor

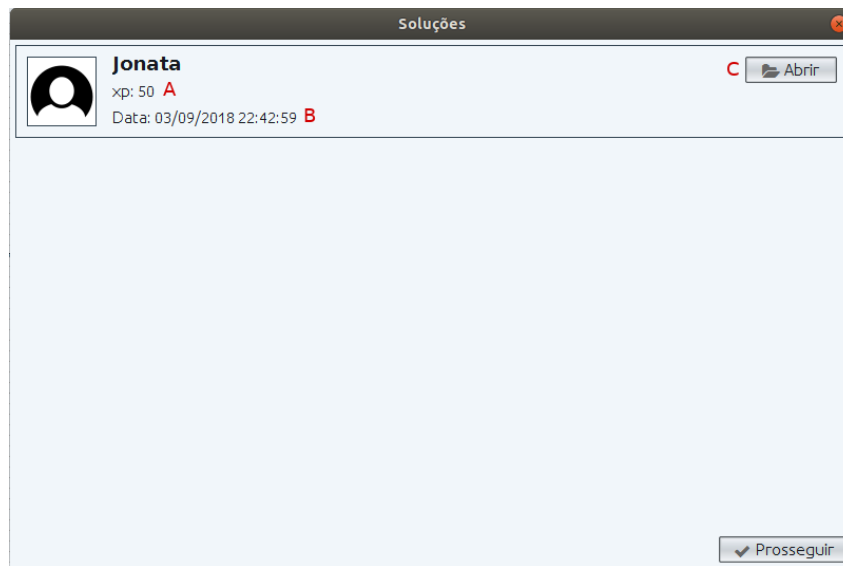
Nesta mesma página, também é possível que o usuário visualize outras soluções para as missões. Este recurso possibilita que os alunos possam aprender novas formas de solucionar um mesmo desafio. Para que o aluno não copie outras soluções, este recurso somente esta disponível após a conclusão da missão. Esta página é demonstrada na Figura 41.

Quadro 3 – Elementos da listagem de missões concluídas

(A) XP	Tipo: Texto. Descrição: Pontuação ganha com a resolução da missão.
(B) Data da resolução	Tipo: Texto. Descrição: Data em que a missão foi submetida.
(C) Abrir	Tipo: Botão. Descrição: Abre a solução submetida no VISNode.

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 41 – Soluções de Missões



Fonte: elaborado pelo autor

Assim que o aluno seleciona uma missão, a contextualização desta missão é apresentada. Este recurso é demonstrado na Figura 42.

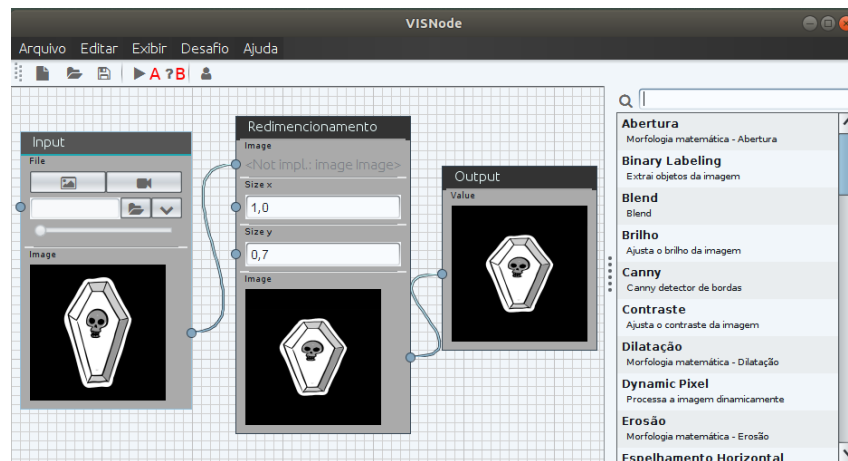
Figura 42 – Narrativa de uma missão



Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 43 demonstra a resolução de uma missão utilizando a ferramenta VIS-Node. No Quadro 4 são apresentadas as funcionalidades desta tarefa.

Figura 43 – Resolução da missão pelo VISNode



Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 4 – Elementos da listagem de missões concluídas

(A) Resolver	Tipo: Botão. Descrição: Submete missão para validação.
(B) Narrativa	Tipo: Botão. Descrição: Exibe a narrativa da missão.

Fonte: elaborado pelo autor

6.6.2 Ranking

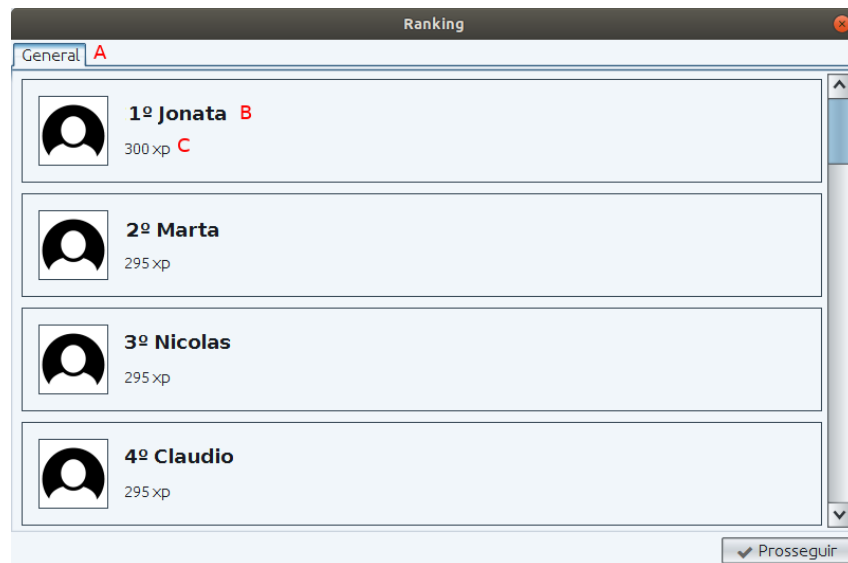
A Figura 44 demonstra a página de visualização de *ranking* de usuários. Este *ranking* pode ser tanto no âmbito geral, ou seja, todos os usuários da ferramenta, ou no âmbito de seu grupo, contendo somente os integrantes do grupo do usuário. Caso o usuário possua mais de um grupo, estes serão exibidos em formato de aba. No Quadro 5 é explicado cada elemento desta janela.

Quadro 5 – Elementos da listagem de *Rankings*

(A) Grupo	Tipo: Texto. Descrição: Grupo do usuário. Cada grupo será uma aba.
(B) Usuário	Tipo: Texto. Descrição: Nome do usuário com sua respectiva colocação.
(C) XP	Tipo: Texto. Descrição: Quantidade de pontos do usuário.

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 44 – Ranking



Fonte: elaborado pelo autor

6.6.3 Conquistas

Para que o usuário visualize suas conquistas foi desenvolvida a página representada pela Figura 45. Nesta página, é possível visualizar todas as conquistas do usuário, mesmo que o desafio não esteja completo. Nestes casos, o usuário poderá visualizar o quanto do desafio foi concluído. No Quadro 6 é explicado cada elemento desta janela.

Figura 45 – Conquistas



Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 6 – Elementos da listagem de missões concluídas

(A) XP	Tipo: Texto. Descrição: Barra de progresso.
(B) Recompensa	Tipo: Imagem. Descrição: Recompensas adquiridas.

Fonte: elaborado pelo autor

6.7 INTERFACE DO PROFESSOR

Nós próximos tópicos são apresentadas as interfaces que o professor possui acesso. A partir delas, o educador pode criar novos desafios e acompanhar o progresso de seus alunos.

6.7.1 Manutenção de Desafios

Com o intuito de possibilitar aos educadores um canal para a criação de novos desafios, foi desenvolvido na ferramenta o cadastro de desafios e missões. As Figuras 46 e 47 demonstram tais funcionalidades. Os Quadros 7 e 8 demonstram os elementos destas janelas.

Figura 46 – Cadastro de desafios

The screenshot shows a 'New challenge' window. It includes a text input for 'Nome' (labeled A), a larger text area for 'Descrição' (labeled B), and two radio buttons for 'Narrativa' (labeled C) and 'Recompensa' (labeled D). Below these is a 'Missão' section with a '+ Novo' button (labeled E). At the bottom, there is a list of five levels: 'Level: 1', 'Level: 2', 'Level: 3', 'Level: 4', and 'Level: 5'. Each level has a trash icon and an edit icon. At the very bottom right is a 'Create' button with a checkmark icon.

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 7 – Elementos da manutenção de desafios

(A) Nome	Tipo: Texto. Descrição: Nome de identificação do desafio.
(B) Descrição	Tipo: Texto. Descrição: Descrição resumida do desafio.
(C) Narrativa	Tipo: Texto no formato <i>Markdown</i> . Descrição: Narrativa do desafio. É nesta seção que é descrito o cenário do desafio.
(D) Recompensa	Tipo: Image Descrição: Recompensa que o aluno irá receber ao completar o desafio.
(E) Missões	Tipo: Botão Descrição: Adiciona nova missão ao desafio.

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 47 – Cadastro de missões

Fonte: elaborado pelo autor

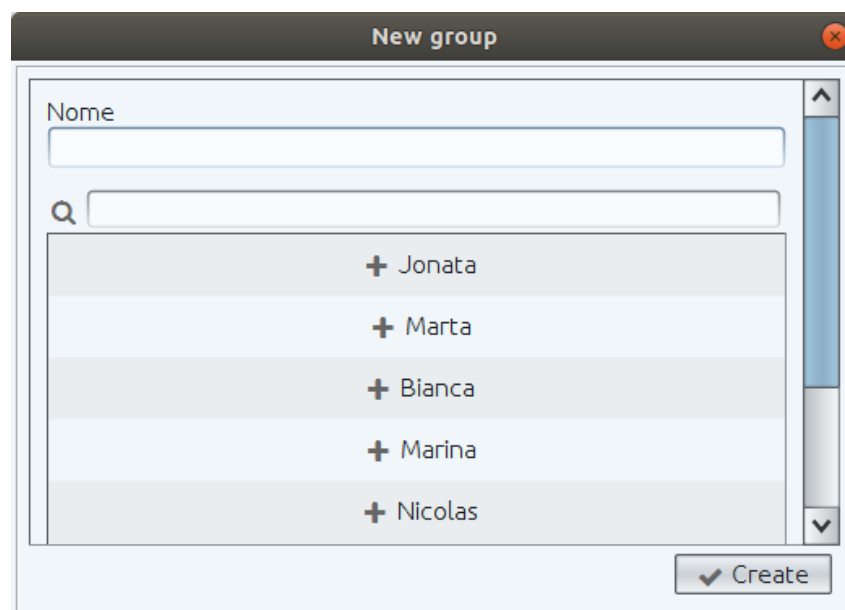
Quadro 8 – Elementos da manutenção de missões

(A) XP	Tipo: Numérico. Descrição: Pontuação máxima da missão.
(B) Narrativa	Tipo: Texto no formato <i>Markdown</i> . Descrição: Narrativa da missão.
(C) Parâmetros	Tipo: Botão. Descrição: Adiciona os parâmetros da missão.
(D) <i>Input</i>	Tipo: Imagem Descrição: Parâmetro de entrada.
(E) <i>Output</i>	Tipo: Imagem Descrição: Parâmetro de saída.
(F) <i>Output text</i>	Tipo: Texto Descrição: Parâmetro de saída em formato texto

Fonte: elaborado pelo autor

6.7.2 Manutenção de grupos

Visando uma melhor organização dos usuários, a ferramenta VISNode possui uma funcionalidade para a criação de grupos de usuários. Este recurso possibilita que o educador possa acompanhar a evolução de uma determinada turma. A Figura 48 demonstra a janela pela qual o educador pode criar novos grupos e relacionar os respectivos usuários.

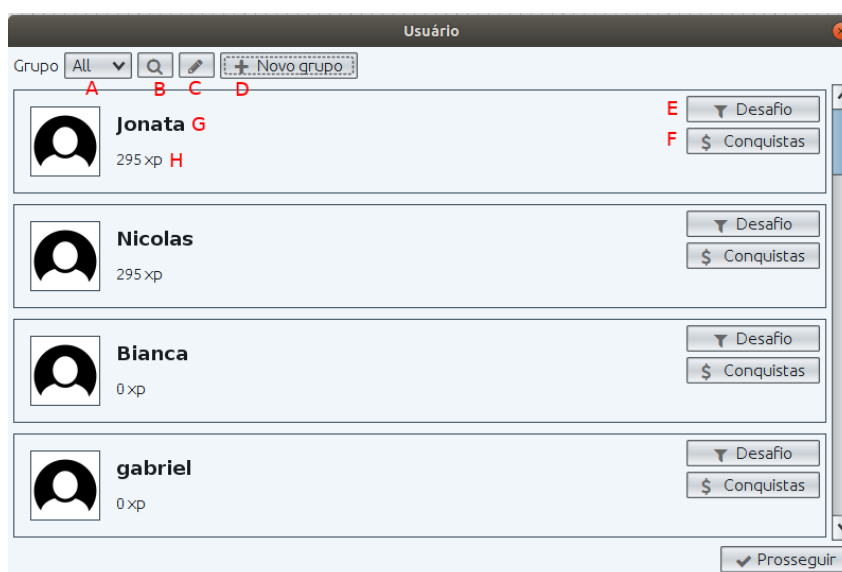
Figura 48 – Cadastro de grupos

Fonte: elaborado pelo autor

6.7.3 Acompanhamento de usuários

Um dos objetivos da ferramenta é possibilitar ao educador um mecanismo que permita o acompanhamento do progresso dos estudantes. A Figura 49 demonstra uma página onde é possível visualizar a quantidade de pontos obtidos por cada usuário, além de visualizar suas conquistas e desafios concluídos. Este recurso permite que o educador abra a solução desenvolvida pelo estudante, e identifique as abordagens utilizadas pelos alunos nas resoluções dos desafios. No Quadro 9 é explicado cada elemento desta janela.

Figura 49 – Acompanhamento de usuários



Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 9 – Elementos do acompanhamento de usuários

(A) Grupo	Tipo: Combo-Box. Descrição: Seleção de grupo a ser filtrado.
(B) Pesquisar	Tipo: Botão. Descrição: Pesquisa de usuários pelo grupo.
(C) Alterar	Tipo: Botão. Descrição: Alteração do grupo selecionado.
(D) Incluir	Tipo: Botão Descrição: Inclusão de novos grupos.
(E) Desafio	Tipo: Botão Descrição: Consulta de desafios concluídos pelo usuário.
(F) Conquistas	Tipo: Botão Descrição: Consulta de conquistas obtidas pelo usuário.

(G) Usuário	Tipo: Texto Descrição: Nome do usuário.
(H) XP	Tipo: Texto Descrição: Pontuação obtida pelo usuário.

6.8 CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo foi apresentado o desenvolvimento do trabalho, sendo abordado o funcionamento da ferramenta e as tecnologias utilizadas na sua construção. Também foram apresentadas as adaptações realizadas na ferramenta para torna-la gamificada. Desta forma, este capítulo cumpre o quarto objetivo específico do trabalho que é propor uma ferramenta para o auxílio ao aprendizado na área de processamento digital de imagens. O capítulo compõem a finalização da etapa metodológica de criação, onde é concluído o processo de planejamento e desenvolvimento do artefato.

No próximo capítulo será apresentado o formato de validação da ferramenta. São abordados temas referentes as etapas de validação e os resultados obtidos através das aplicações em sala de aula.

7 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

A etapa de validação da ferramenta foi realizada através do monitoramento do uso do artefato desenvolvido em sala de aula. Para isso, foram elaboradas aulas onde os alunos, da disciplina de Processamento Digital de Imagens da Universidade Feevale, utilizassem a ferramenta para a resolução de desafios relacionados ao conteúdo estudado. O Quadro 10 apresenta o cronograma de avaliações da ferramenta.

Quadro 10 – Cronograma de avaliações

15/05/2018	Apresentação da ferramenta em sala de aula.
07/08/2018	Apresentação em sala de aula para a turma avaliadora da ferramenta.
04/09/2018	Aplicação de desafio referente aos conteúdos de aplicação de brilho e contraste, transformação para tons de cinza, filtros passa-baixa e passa-alta.
02/10/2018	Aplicação de desafio referente ao conteúdo de transformações geométricas.
16/10/2018	Aplicação de desafio referente aos conteúdos de morfologia matemática e esqueletização.

O fluxo das aulas começa com a apresentação do conteúdo pela professora. Após os alunos conhecerem a teoria, são aplicados desafios utilizando a ferramenta VISNode. Neste momento, os alunos já possuem a compreensão teórica do que está sendo estudado, e também o conhecimento prático, através da resolução de desafios pelo VISNode. Antes de seguir para o próximo assunto, os alunos implementam as técnicas aprendidas em alguma linguagem de programação de sua preferência. Neste momento, os alunos podem utilizar como base o material existente no VISNode para auxiliá-los nesta tarefa, estes materiais são descritos na seção 6.4.

O processo de validação buscou avaliar a ferramenta em quatro categorias, sendo elas: funcionalidades, usabilidade, confiabilidade e aprendizagem. Para a avaliação foi aplicado um questionário aos estudantes com o objetivo de coletar dados referentes às categorias citadas. Mais informações referentes a esta etapa serão apresentadas na seção 7.7.

7.1 ENCONTRO DE AVALIAÇÃO DO VISNODE

Nesta seção serão apresentados relatos dos encontros de avaliação da ferramenta. Estes encontros foram realizados para turmas da disciplina de PDI da Universidade Feevale. As turmas eram compostas por estudantes dos cursos de Ciência da Computação e Sistemas da Informação. Foram realizados 5 encontros, um deles para a turma do primeiro semestre de 2018 e outros 4 para a turma do segundo semestre de 2018.

7.2 PRIMEIRA APRESENTAÇÃO DO VISNODE

No dia 15/05/2018, foi realizada a primeira apresentação do VISNode. O objetivo foi apresentar o VISNode e coletar *feedbacks* dos estudantes. Neste momento, a ferramenta não possuía nenhuma implementação relacionada a gamificação, foi demonstrado o funcionamento do VISNode. A turma em questão, do primeiro semestre de 2018, já possuía conhecimentos em PDI, sendo que os alunos já haviam cursado mais da metade da disciplina.

Para dar uma maior dinâmica a apresentação, foi proposto aos estudantes a realização de um desafio utilizando a ferramenta VISNode. O desafio escolhido é o mesmo descrito na seção 6.2.1.2, que tinha como objetivo calcular o valor total presente em uma imagem que continha moedas. Participaram da apresentação e da resolução do desafio 5 estudantes.

Ao término do desafio, foi solicitado aos estudantes que contribuíssem com um *feedback* sobre a utilização da ferramenta. Segundo os estudantes, a utilização da ferramenta permitiu a aplicação da teoria na prática, onde normalmente os estudantes tinham contato com as técnicas separadamente, foi possível aplicá-las em sequência. A ferramenta contribuiu, segundo eles, para o entendimento de como compor um solução utilizando diversas técnicas.

A aplicação do desafio teve um *feedback* positivo. De acordo com os estudantes, o desafio possibilitou a resolução de um problema real. Esta abordagem tornou a dinâmica da aula mais interativa, instigando os estudantes a resolver um problema de aplicação de técnicas de PDI e não de implementação de técnicas.

Nesta apresentação foram identificadas algumas melhorias para a ferramenta VISNode. A ferramenta utiliza tonalidades escuras na construção de suas janelas. Estas tonalidades dificultaram a visualização da ferramenta na projeção da tela, utilizando um projetor. Para a resolução deste problema, foi disponibilizado, na ferramenta, uma opção para a mudanças do *Skin*, sendo possível alternar entre tonalidades escuras e claras.

Neste mesmo cenário, outro ponto de melhoria identificado foi em relação as janelas que possuíam código fonte. Nestes casos, para facilitar a visualização de todos os

estudantes, a ferramenta passou a permitir a mudança do tamanho da fonte.

7.3 SEGUNDA APRESENTAÇÃO DO VISNODE

A segunda apresentação da ferramenta foi realizada no dia 07/08/2018. Diferente da primeira apresentação da ferramenta (seção 7.2), onde a turma possuía conhecimento em PDI, estes alunos possuíam pouco conhecimento, pois nesta data foi apenas a segunda aula da turma. Este e os próximos relatos correspondem aos encontros realizados para a turma do segundo semestre de 2018.

O objetivo do encontro foi apresentar o VISNode e coletar *feedbacks* dos estudantes. Desta forma, a aula consistiu em demonstrar as funcionalidades da ferramenta, apresentando aos alunos o que é possível fazer utilizando o VISNode. Ao final da demonstração do software, foi solicitado aos alunos que realizassem um desafio de PDI utilizando a ferramenta. O desafio aplicado é apresentado no Apêndice B. O módulo de gamificação não foi apresentado, somente foram utilizados os recursos existentes na aplicação.

Ao término do desafio, foi solicitado aos estudantes que contribuíssem com um *feedback* da utilização da ferramenta. De acordo com alunos, esta apresentação permitiu que eles vislumbrassem aplicações reais da disciplina. A ferramenta permitiu que estudantes, com o mínimo de conhecimento na área, pudessem desenvolver uma solução para problemas reais de PDI.

Uma dificuldade encontrada pelos estudantes foi em relação a utilização do processo *Script process* descrito na seção 6.3. Segundo os alunos, as funcionalidades oferecidas por estes processos não estavam bem documentadas, e por este motivo, foi difícil utilizá-lo. Para a resolução deste problema, a documentação deste processo foi revista, disponibilizando todos os métodos disponíveis para cada parâmetro de entrada do processo, e da mesma forma, foram adicionados exemplos de utilização deste processo.

7.4 PRIMEIRO ENCONTRO DE VALIDAÇÃO COM A FERRAMENTA GAMIFICADA

Este encontro teve como objetivo apresentar os módulos gamificados do VISNode, demonstrando o funcionamento do processo de resolução de desafios, sistema de *ranking* e conquistas. Este encontro foi realizado no dia 04/09/2018. Após a familiarização dos alunos com a ferramenta, foi proposto que resolvessem um desafio fazendo uso do sistema gamificado.

O desafio abordava técnicas de transformação geométrica, que foram apresentadas na seção 3.3 deste trabalho. Para a escolha do assunto do desafio, foi levado em consideração o conhecimento da turma no momento da aplicação. Os alunos estavam iniciando seus estudos de técnicas de transformações geométricas. O desafio é composto por

seis missões, cada qual abordando um técnica de transformação. Mais informações sobre o desafio podem ser acessadas no Apêndice C.

No total 14 alunos participaram deste experimento, destes, 13 completaram o desafio até o final e 1 completou parcialmente, concluindo 2 das 6 missões. Somente 1 aluno completou as 6 missões sem cometer erro. O experimento foi composto por 154 submissões de missões, destas, somente 74 foram assertivas. Desta forma, 48% das submissões falharam.

Aprofundando esta análise, a missão 3 foi a missão com maior número de submissões falhas, o que contabiliza 46 submissões e representa 62% do total de falhas. Este número excessivo de falhas da missão 3 pode ser justificado pela forma com que sua narrativa foi apresentada. A missão apresenta um objeto em uma posição x, y e pede-se para que este objeto seja movido para a posição i, j . Na maioria da submissões, os alunos realizaram a translação utilizando como parâmetro as coordenadas i, j e não para a posição resultante da variação das duas posições. Este fato demonstra uma dificuldade na interpretação da missão proposta.

7.5 SEGUNDO ENCONTRO DE VALIDAÇÃO COM A FERRAMENTA GAMIFICADA

No dia 02/10/2018, foi realizada a segunda aplicação da ferramenta gamificada. Neste encontro foi solicitado para os alunos realizarem um desafio referente aos conteúdos de ajustes de brilho e contraste, filtro passa baixa e passa-alta. Este desafio é apresentado na Apêndice D.

No total 15 alunos participaram deste experimento, destes, 11 completaram o desafio até o final. Dentre os alunos que não concluíram o desafio, 3 não conseguiram solucionar a missão 6 e um desistiu antes de iniciar a missão 3. Somente 3 alunos completaram o desafio sem cometer erros. O experimento foi composto por 141 submissões de missões, destas, somente 89 foram assertivas, contabilizando 63% de acerto.

Aprofundando esta análise, a missão 6 foi a missão com maior número de submissões falhas, o que contabiliza 25 submissões e representa 48% do total de falhas. Este número de falhas pode ser explicado devido a formatação de sua narrativa. Nesta missão, é necessário aplicar o filtro de *Threshold* e o filtro de média. A narrativa solicitava a utilização de um determinado limiar para o filtro, mas os alunos não conheciam este termo, somente tinham conhecimento do termo em inglês *Threshold*. Esta alternância de termos, que possuem o mesmo significado, causou confusão entre os estudantes.

Outro equívoco comum foi a utilização do filtro de mediana ao invés do filtro de média. Ao observar a utilização por parte dos estudantes, foi possível observar que ao realizar a procura pela técnica utilizando o termo "media", somente a técnica da mediana

estava sendo retornada. Após verificar o funcionamento da ferramenta, foi percebido que a funcionalidade de busca de técnicas considera caracteres acentuados, desta forma, a técnica de suavização de média não era filtrada, pois os estudantes realizam a busca sem o acento. Em função deste cenário, foi alterada a ferramenta para realizar a busca ignorando a acentuação.

7.6 ENCONTRO FINAL DE VALIDAÇÃO COM A FERRAMENTA GAMIFICADA

A terceira aplicação da ferramenta gamificada foi realizada no dia 02/10/2018. Neste encontro foi solicitado para os alunos realizarem um desafio referente aos conteúdos de erosão, dilatação e esqueletização. Este desafio é apresentado na Apêndice E.

Neste dia poucos alunos estavam presentes, no total 4 alunos participaram deste experimento. Todos os estudantes completaram o desafio até o final. Somente 1 aluno completou o desafio sem cometer erros. O experimento foi composto por 28 submissões de missões, destas, somente 14 foram assertivas, contabilizando 50% de acerto.

As missões 3 e 4 foram as que tiveram o maior número de falhas, contabilizando 5 e 6 respectivamente. Este desafio foi baseado em missões que necessitavam a aplicação de algoritmos de esqueletização e algoritmos de dilatação e erosão. Estes algoritmos, normalmente são executados em imagens binárias, que são imagens com duas cores. As submissões falhas foram em função da não correta binarização da imagem.

7.7 RESULTADOS OBTIDOS

Tendo em vista a coleta de informações e *feedbacks* de alunos, foi desenvolvido um questionário adaptando de Bez (2013). O questionário é composto por 15 perguntas relacionadas a funcionalidades do sistema, usabilidade, confiabilidade e questões referentes ao aprendizado dos alunos. Quatorze questões são objetivas, variando entre concordo plenamente, concordo, indiferente, discordo e discordo totalmente. Uma questão é dissertativa, que possibilita aos alunos descrever um comentário sobre a ferramenta.

O questionário foi aplicado no primeiro encontro de avaliação, descrito na seção 7.4, e no último encontro, descrito na seção 7.6. A primeira e a segunda avaliação foram compostas por 9 avaliações.

Para a avaliação da ferramenta optou-se por realizar a aplicação do questionário em dois momentos. Esta abordagem visa identificar se houve mudanças em relação a percepção dos estudantes após adquirirem maiores experiências na utilização do VIS-Node e no conteúdo da disciplina. Nesta seção serão apresentados os dados obtidos nestas avaliações.

7.7.1 Avaliação de funcionalidades da ferramenta

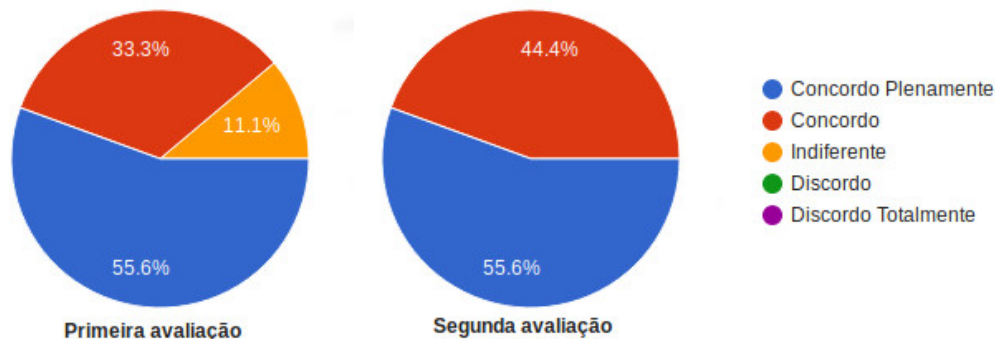
Nesta seção serão apresentados os dados obtidos referentes a avaliação das funcionalidades da ferramenta. Esta avaliação tem como objetivo identificar, segundo a percepção dos alunos, se as funcionalidades existentes na ferramenta são precisas, possuem informações confiáveis e se ela permite a adequada execução de técnicas de PDI. O Quadro 11 contém os dados obtidos na primeira e na segunda aplicação do questionário.

Quadro 11 – Primeira avaliação de funcionalidades

	Concordo Plenamente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo Totalmente
Primeira avaliação					
O VISNode dispõe de funções que permitem a adequada execução de técnicas de PDI	5	3	1		
Percebo no VISNode informações íntegras e confiáveis	6	3			
O VISNode é preciso nos resultados apresentados	4	4		1	
Segunda avaliação					
O VISNode dispõe de funções que permitem a adequada execução de técnicas de PDI	5	4			
Percebo no VISNode informações íntegras e confiáveis	5	4			
O VISNode é preciso nos resultados apresentados	5	4			

Figura 50 – Avaliação de funcionalidades - Pergunta 1

O VISNode dispõe de funções que permitem a adequada execução de técnicas de PDI

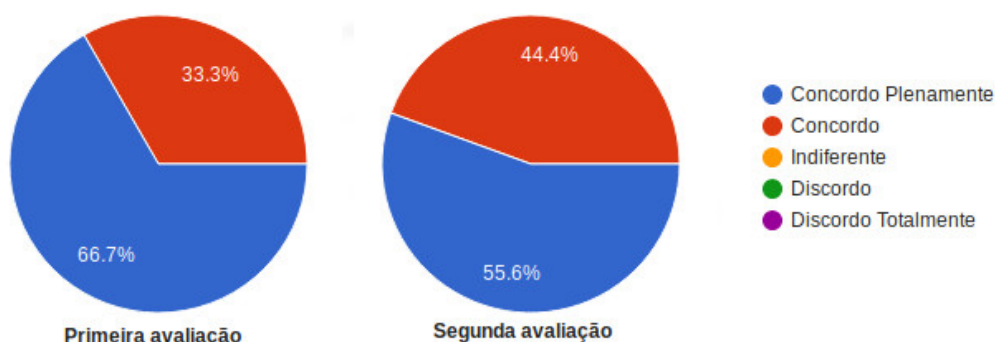


Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 50 apresenta os dados coletados nas duas avaliações referentes ao questionamento se o VISNode dispõe de funções que permitem a adequada execução de técnicas de PDI. É possível observar que na primeira avaliação, 55,6% dos estudantes concordam plenamente, 33,3% concordam e 11,1% estão indiferentes. Já na segunda avaliação, o percentual de alunos que concordam aumentou para 44,4%. Para este questionamento não houve grandes alterações em relação a primeira e a segunda avaliação, o que vale ressaltar é que na segunda avaliação não houve nenhuma avaliação indiferente ou discordando, demonstrando uma pequena melhora neste questionamento.

Figura 51 – Avaliação de funcionalidades - Pergunta 2

Percebo no VISNode informações inteiras e confiáveis



Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 51 demonstra as respostas referentes ao questionamento se aluno percebe no VISNode informações íntegras e confiáveis. Na primeira avaliação, 66,7% concordam plenamente e 33,3% concordam. Já na segunda avaliação, o percentual de alunos que concordam aumentou para 44,4% e os que concordam plenamente diminuíram para 55,6%. A primeira e a segunda avaliação foram positivas, pois a maioria de suas avaliações foram concordo ou concordo plenamente.

Figura 52 – Avaliação de funcionalidades - Pergunta 3

Fonte: elaborado pelo autor

Resultados sobre o questionamento se o VISNode é preciso nos resultados são apresentados na Figura 52. Os dados indicam que na primeira avaliação, 44,4% concordam plenamente, 44,4% concordam e 11,1% discordam. Na segunda avaliação, o percentual de alunos que concordam aumentou para 44,4% e os que concordam plenamente aumentou para 55,6%. Comparando a primeira e a segunda avaliação, o possível identificar que na segunda avaliação não houve nenhuma avaliação negativa.

Analisando os resultados da avaliação das funcionalidades da ferramenta, é possível constatar que a maioria das avaliações foram positivas, variando entre Concordo e Concordo plenamente. Houve somente uma avaliação Discordo em relação a precisão dos resultados apresentados, e uma avaliação indiferente em relação a correta execução de técnicas de PDI na primeira avaliação. Na segunda avaliação, todas as respostas foram positivas.

7.7.2 Avaliação de confiabilidade

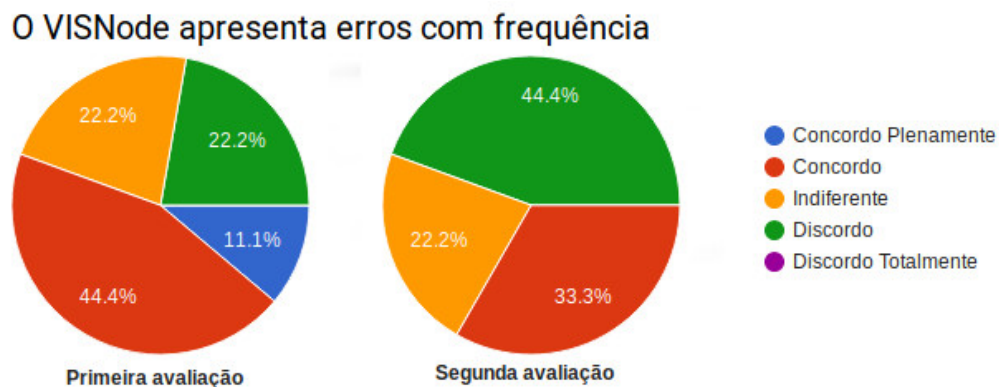
Os resultados obtidos referentes a avaliação de confiabilidade da ferramenta serão apresentados nesta seção. Esta avaliação tem como objetivo identificar, de acordo com a percepção dos alunos, se a ferramenta apresenta erros com frequência e quando estes erros ocorrem, se apresenta uma mensagem de forma clara. O Quadro 12 contém os dados obtidos na primeira e na segunda aplicação do questionário.

Quadro 12 – Avaliação de confiabilidade

	Concordo Plenamente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo Totalmente
Primeira avaliação					
O VISNode apresenta erros com frequência	1	4	2	2	

O VISNode informa de forma clara quando ocorrem erros			5	4	
Segunda avaliação					
O VISNode apresenta erros com frequência		3	2	4	
O VISNode informa de forma clara quando ocorrem erros		2	2	5	

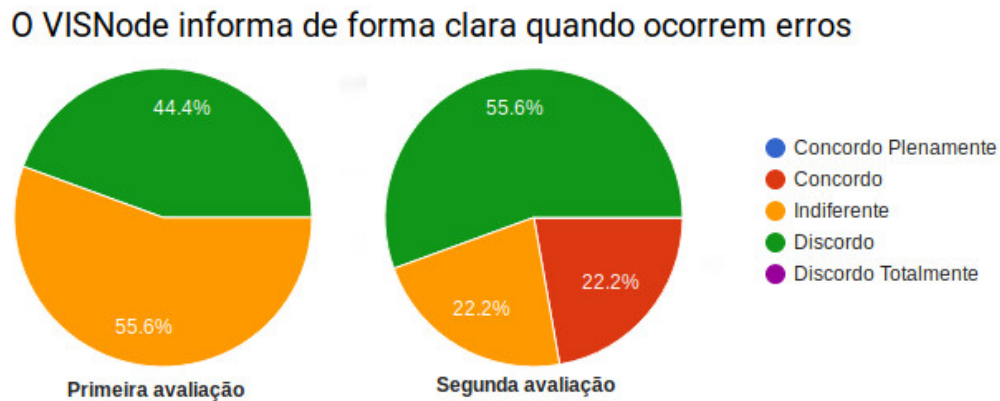
Figura 53 – Avaliação de confiabilidade - Pergunta 1



Fonte: elaborado pelo autor

Conforme a avaliação, 11,1% dos estudantes concordam plenamente que o VISNode apresenta erros com frequência, 44,4% concordam, 22,2% estão indiferentes e 22,2% discordam. Já na segunda avaliação, o percentual de alunos que concordam diminuiu para 33,3%, os que discordam aumentou para 44,4%. Este dados são apresentados na Figura 53. Comparando as duas avaliações, o que vale ressaltar é que na segunda avaliação não houve nenhuma avaliação concordando plenamente e o número dos que discordam aumentou, demonstrando uma pequena melhora neste questionamento.

Figura 54 – Avaliação de confiabilidade - Pergunta 2



Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 54 apresenta os dados referentes ao questionamento se o VISNode informa de forma clara quando ocorrem erros. Na primeira avaliação, 44,4% dos estudantes discordam e 55,6% estão indiferentes. Já na segunda avaliação, 22,2% dos alunos concordam, o percentual de indiferentes diminuiu para 22,2% e os que discordam aumentou para 55,6%. Para este questionamento houve algumas alterações em relação a primeira e a segunda avaliação, o que vale ressaltar é que na segunda avaliação alunos concordaram que o VISNode informa de forma clara quando ocorrem erros, demonstrando uma mudança de percepção.

Os dados coletados indicam que, em alguns casos, a ferramenta apresenta erros e quando estes erros ocorrem, não são informados de maneira clara. Estas avaliações demonstram uma deficiência da ferramenta, que deve ser aprimorada.

7.7.3 Avaliação de usabilidade

Nesta seção serão apresentados os dados coletados referentes a avaliação da usabilidade da ferramenta. Esta avaliação tem como objetivo identificar, segundo a percepção dos alunos, se a ferramenta é de uso intuitivo, fácil de utilizar e o tempo de resposta das interações é adequado. O Quadro 13 contém os dados obtidos na primeira e na segunda aplicação do questionário.

Quadro 13 – Avaliação de usabilidade

	Concordo Plenamente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo Totalmente
Primeira avaliação					
A interface do VISNode é de uso intuitivo	3	5		1	

O VISNode é fácil de aprender a usar	3	4		1	1
O tempo de resposta nas interações com o VISNode é adequado	6	2	1		
Segunda avaliação					
A interface do VISNode é de uso intuitivo	3	4	2		
O VISNode é fácil de aprender a usar	4	3	2		
O tempo de resposta nas interações com o VISNode é adequado	7	2			

Figura 55 – Avaliação de usabilidade - Pergunta 1



Fonte: elaborado pelo autor

Respostas referentes ao questionamento se a interface do VISNode é de uso intuitivo são apresentados na Figura 55. Analisando esta Figura, é possível identificar que na primeira avaliação, 33,3% dos estudantes concordam plenamente, 55,6% concordam e 11,1% discordam. Na segunda avaliação, o percentual de alunos que concordam diminuiu para 44,4% e apresentou um percentual de 22,2% de alunos indiferentes. Comparando as duas avaliações, é possível observar que na segunda avaliação não houve nenhuma avaliação discordando, diferente do que ocorreu na primeira.

Figura 56 – Avaliação de usabilidade - Pergunta 2

O VISNode é fácil de aprender a usar



Fonte: elaborado pelo autor

De acordo com os dados coletados, é possível observar que na primeira avaliação 33,3% dos estudantes concordam plenamente que o VISNode é fácil de aprender a usar, 44,4% concordam, 11,1% discordam e 11,1% discordam totalmente. Já na segunda avaliação, o percentual de alunos que concordam plenamente aumentou para 44,4%, os que concordam diminuiu para 33,3% e apresentou um percentual de 22,2% de alunos indiferentes. Para este questionamento, o que vale ressaltar é que na segunda avaliação não houve nenhum resultado discordando. Este dados são apresentados na Figura 56.

Figura 57 – Avaliação de usabilidade - Pergunta 3

O tempo de resposta nas interações com o VISNode é adequado



Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 57 apresenta os dados referentes ao questionamento se o tempo de resposta nas interações com o VISNode é adequado. É possível observar que na primeira avaliação, 66,7% concordam plenamente que é adequado, 22,2% concordam e 11,1% foram indiferentes. Na segunda avaliação, o percentual de alunos que concordam plenamente aumentou para 77,8%. Comparando as duas avaliações, é possível perceber que na segunda avaliação não houve nenhum resultado indiferente.

Analisando os resultados da avaliação de usabilidade é possível verificar que a maior parte dos resultados concordam que o VISNode é de uso intuitivo e fácil de aprender.

Houve um percentual baixo de avaliações discordando que o uso da ferramenta é intuitivo e que o VISNode é fácil de aprender a utilizar, na primeira avaliação. Estas avaliações negativas demonstram um ponto de melhoria no sistema que pode ser explorado.

7.7.4 Avaliação de aprendizagem

Os dados obtidos referentes a avaliação da aprendizagem da ferramenta serão apresentados nesta seção. Esta avaliação tem como objetivo identificar, de acordo com a percepção dos alunos, se a ferramenta tem potencial para ser utilizada como aporte ao ensino de PDI. O Quadro 14 contém os dados obtidos na primeira e na segunda aplicação do questionário.

Quadro 14 – Avaliação de aprendizagem

	Concordo Plenamente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo Totalmente
Primeira avaliação					
O VISNode permite que o usuário retenha conhecimento	6	2	1		
O VISNode é uma ferramenta motivacional para aprendizagem	5	4			
O <i>feedback</i> do VISNode ao aluno é adequado	4	4	1		
O VISNode permite maior participação do aluno, interferindo na relação pedagógica professor x aluno	2	4	3		
O VISNode favorece o aluno a estudar de forma autônoma	3	3	1	2	
O VISNode pode ser utilizado como um recurso efetivo na educação de PDI	7	2			
Segunda avaliação					

O VISNode permite que o usuário retenha conhecimento	5	4			
O VISNode é uma ferramenta motivacional para aprendizagem	4	4	1		
O <i>feedback</i> do VISNode ao aluno é adequado	4	2	2	1	
O VISNode permite maior participação do aluno, interferindo na relação pedagógica professor x aluno	5	1	2	1	
O VISNode favorece o aluno a estudar de forma autônoma	3	4	1	1	
O VISNode pode ser utilizado como um recurso efetivo na educação de PDI	6	2	1		

Figura 58 – Avaliação de aprendizagem - Pergunta 1

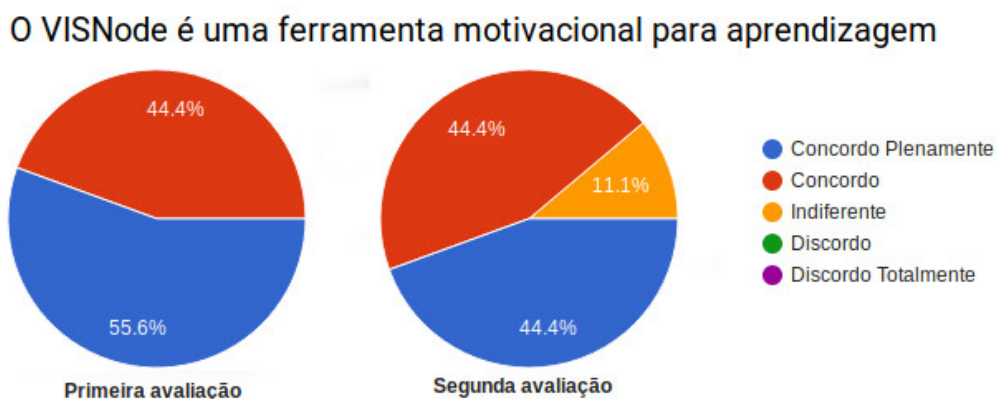


Fonte: elaborado pelo autor

Em relação ao questionamento se VISNode permite que o usuário retenha conhecimento, é possível identificar que na primeira avaliação, 66,7% dos estudantes concordam plenamente, 22,2% concordam e 11,1% foram indiferentes. Já na segunda avaliação, o percentual de alunos que concordam plenamente diminuiu para 55,6% e o percentual de

concordo aumentou para 44,4%. Para este questionamento, o que vale ressaltar é que na segunda avaliação não houve nenhuma avaliação indiferente. Estes dados são apresentados na Figura 58.

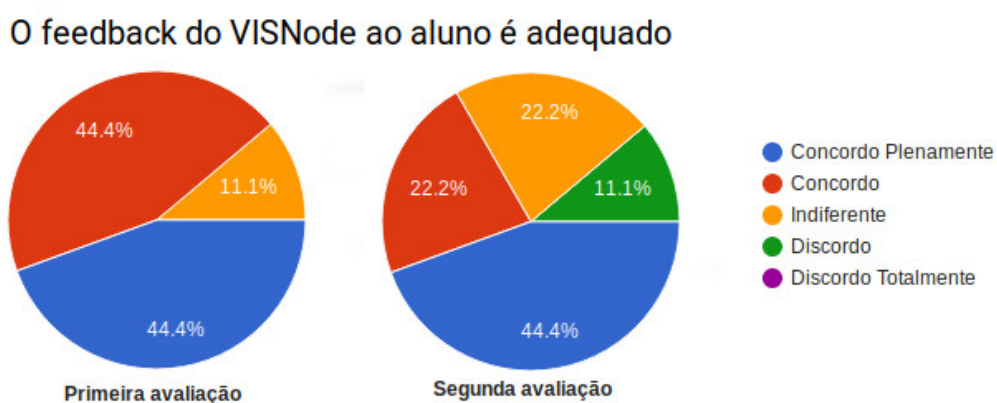
Figura 59 – Avaliação de aprendizagem - Pergunta 2



Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados coletados demonstram que na primeira avaliação 55,6% concordam plenamente que o VISNode é uma ferramenta motivacional para aprendizagem e 44,4% concordam. Na segunda avaliação, o percentual de alunos que concordam plenamente diminuiu para 44,4% e 11,1% foram indiferentes. Comparando a primeira e a segunda avaliação, é possível constatar que na segunda avaliação houve avaliações indiferentes. Este dados são apresentados na Figura 59.

Figura 60 – Avaliação de aprendizagem - Pergunta 3



Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 60 apresenta os dados coletados nas duas avaliações referentes ao questionamento se o *feedback* do VISNode ao aluno é adequado. É possível observar que na primeira avaliação, 44,4% concordam plenamente, 44,4% concordam e 11,1% foram indiferentes. Já na segunda avaliação, o percentual de alunos que concordam diminuiu para 22,2%, o percentual de indiferentes aumentou para 22,2% e houve 11,1% que discordaram.

Para este questionamento, o que vale ressaltar é que na segunda avaliação alguns alunos discordaram.

Figura 61 – Avaliação de aprendizagem - Pergunta 4

O VISNode permite maior participação do aluno, interferindo na relação pedagógica professor x aluno



Fonte: elaborado pelo autor

De acordo com os dados coletados, é possível identificar que na primeira avaliação, 22,2% concordam plenamente que o VISNode permite maior participação do aluno, 44,4 % concordam e 33,3% foram indiferentes. Na segunda avaliação, o percentual de alunos que concordam plenamente aumentou para 55,6%, o percentual de concordo diminuiu para 11,1%, o percentual de indiferentes diminuiu para 22,2% e 11,1% discordaram. Analisando as duas avaliações, é possível observar que na segunda avaliação houve avaliações que discordaram. Este dados são demonstrados na Figura 61.

Figura 62 – Avaliação de aprendizagem - Pergunta 5

O VISNode favorece o aluno a estudar de forma autônoma



Fonte: elaborado pelo autor

Para o questionamento se o VISNode favorece o aluno a estudar de forma autônoma, é possível identificar que na primeira avaliação, 33,3% concordam plenamente, 33,3% concordam, 22,2% discordam e 11,1% foram indiferentes. Já na segunda avaliação, o percentual de alunos que concordam aumentou para 44,4% e o percentual de discordân-

cia diminuiu para 11,1%. Para este questionamento, o que vale ressaltar é que na segunda avaliação houve redução no percentual de avaliações que discordaram.

Figura 63 – Avaliação de aprendizagem - Pergunta 6



Fonte: elaborado pelo autor

Informações referentes ao questionamento se o VISNode pode ser utilizado como recurso efetivo na educação de PDI, são apresentados na Figura 63. É demonstrado que na primeira avaliação, 77,8% concordam plenamente e 22,2% concordam. Na segunda avaliação, o percentual de alunos que concordam plenamente diminuiu para 66,7% e houve 11,1% de avaliações indiferentes. Comparando a primeira e a segunda avaliação, é constatado que na segunda avaliação houve avaliações indiferentes.

Na avaliação de aprendizagem da ferramenta, foram obtidos resultados positivos. A maior parte das avaliações foram concordando que o VISNode pode auxiliar neste quesito. Houve poucas avaliações discordando e nenhuma discordando totalmente.

7.7.5 Comentários

O Quadro 15 apresenta os comentários recebidos através do questionário de validação da ferramenta.

Quadro 15 – Comentário recebidos no questionário sobre o VISNode

1	"A ideia da ferramenta é boa e o layout é agradável, porém, falta instruções nos desafios e funcionalidades da ferramenta, bugs são frequentes na ferramenta tendo que reiniciar para poder utilizar de forma coesa, o redimensionamento das funcionalidade como entrada, redimensionamento e saída entre outros devem permitir redimensionamento da imagem, não há descrição das funcionalidades ou manual da ferramenta tornando que o usuários descubra como funciona, o que torna uma experiência ruim, documentação da ferramenta inexistente."
---	--

2	"Necessário documentação para parte de criação dos <i>scripts</i> em Javascript dentro da plataforma. Também um pouco confusa a parte do código fonte das funções executadas, por utilizarem bibliotecas e <i>frameworks</i> desconhecidos, se fosse de uma maneira mais genérica seria interessante. Um pequeno tutorial na própria ferramenta também seria algo bem interessante para maior utilização do software. Versão totalmente em português acredito ser algo necessário também. No mais o software está muito bom, surpreendeu positivamente!"
3	"O <i>launcher</i> da ferramenta poderia ser melhorado, incluir a versão do java junto ao <i>release</i> , ou algo dessa forma. Pois tive dificuldade de executa-lo no meu <i>notebook</i> . Ao instalar o Java 8 x32 solucionou o problema. "
4	"Disponibilizar a documentação completa no github"
5	"Ajustar o desfazer ligações"

O comentário 3 é referente a uma incompatibilidade do VISNode com a versão 10 do Java. Uma das dependências do projeto não é compatível com esta versão. Este comentário já propõem uma solução para este problema, que é distribuir uma versão do Java junto com o software. O comentário 5 descreve uma deficiência existente da ferramenta VISNode. Para o usuário desfazer uma conexão entre dois nodos é necessário conecta-los novamente. Este comportamento não é intuitivo, uma possível solução para este problema é a criação de uma ação que permita selecionar conexões e deleta-las com a função *delete* do teclado.

Através dos comentários é possível observar uma deficiência da ferramenta em relação a sua usabilidade. Segundo os alunos, a primeira experiência com a ferramenta é ruim devido a falta de documentação do software. Desta forma, é possível melhorar a ferramenta neste quesito, através da construção de materiais que auxiliem na utilização e exploração dos recursos disponíveis. Os comentários também evidenciam um *feedback* positivo do VISNode. De acordo com os alunos, o software os surpreendeu positivamente possuindo um layout agradável de utilizar.

7.8 CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo foram abordadas as etapas realizadas durante a avaliação do trabalho, sendo descritos os processos aplicados para esta etapa. Desta forma, este capítulo cumpre o quinto objetivo específico do trabalho que é validar a ferramenta desenvolvida. O capítulo compõem a etapa metodológica de avaliação, onde o uso do artefato foi monitorado e validado.

A partir dos dados coletados, é possível identificar, segundo os alunos, que o VISNode dispõe de funções que permitem a adequada execução de técnicas de PDI, que apresenta informações íntegras e confiáveis e é preciso nos resultados apresentados.

Em relação a confiabilidade da ferramenta, é possível identificar que neste quesito o *software* pode ser melhorado. As avaliações indicaram que a ferramenta, em alguns casos, apresenta erros e quando estes erros ocorrem, em poucos casos, não são informados de maneira clara.

Analisando a avaliação de usabilidade, é possível identificar pontos de melhoria neste quesito. Houve um pequeno percentual de avaliações discordando que o uso da ferramenta era intuitivo e fácil de aprender a utilizar na primeira avaliação. Este quesito também foi abordado de forma negativa nos comentários da ferramenta, sendo a documentação da ferramenta um ponto de melhoria.

A avaliação de aprendizagem foi positiva, a maioria as avaliações concordam que o VISNode pode ser utilizado como ferramenta de aprendizagem, sendo uma ferramenta motivacional, que permite que o usuário retenha conhecimento.

A partir de todos estes dados, foi possível verificar que o VISNode é uma ferramenta que pode auxiliar no ensino de PDI. Ainda é necessário trabalhar aspectos referentes a usabilidade e confiabilidade da ferramenta.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processamento digital de imagem pode ser aplicado em diversos ramos, tanto acadêmicos quanto mercadológicos. O estudo desta área não é, muitas vezes, atrativo, devido a forma com que o embasamento teórico é apresentado, sem que este seja entusiasmante para o aluno. A computação pode contribuir para auxiliar alunos e educadores na aquisição de conhecimento, através de ferramentas que façam o uso de abordagens motivacionais, como a gamificação. Nesta linha, o objetivo principal deste trabalho foi adaptar a ferramenta VISNode para sua aplicação em sala de aula, fazendo uso de técnicas de gamificação. Para alcançar este objetivo, é fundamental conhecer técnicas de processamento digital de imagens que a ferramenta contempla e os principais elementos na gamificação e como aplica-los.

Desta forma, a pesquisa foi iniciada com a apresentação de diferentes técnicas de processamento digital de imagens. Foram abordadas técnicas relacionadas principalmente ao realce, remoção de ruído, segmentação e morfologia matemática. A definição de quais técnicas seriam estudadas foi realizada com base nas técnicas disponíveis na ferramenta VISNode.

O capítulo 4 abordou conceitos relacionado a gamificação. Foram abordados seus principais elementos, as motivações por utilizar esta metodologia e como ela pode ser aplicada. Este estudo foi de vital importância para o correto entendimento do assunto, contribuindo para que este trabalho alcançasse o objetivo proposto.

No capítulo 5 foram apresentados dois trabalhos relacionados à área deste projeto. O primeiro trata da utilização de uma ferramenta para auxiliar no ensino de processamento digital de imagens. A segunda expõe a utilização de uma ferramenta gamificada para o ensino utilizando elementos da gamificação. A união dos dois trabalhos contribuiu para o escolha dos elementos da gamificação a serem utilizados neste estudo.

O capítulo 6 apresentou o desenvolvimento do trabalho, abordando o funcionamento da ferramenta e as tecnologias utilizadas na sua construção. Foram apresentadas as novas funcionalidades construídas na ferramenta VISNode utilizando como base elementos da gamificação. Com o desenvolvimento deste trabalho, a ferramenta VISNode passou a conter um novo módulo, chamado desafios. A partir destes desafios, foram construídas funcionalidades com o intuito de engajar o aluno, como o controle de pontuação, *ranking* e recompensas. Também foi construída uma área administrativa para o educador, com ela, o educador pode administrar desafios, criando novos, e acompanhar a evolução dos seus estudantes. A ferramenta também ganhou uma área que contempla a parte teórica da disciplina, possibilitando ao aluno visualizar uma explicação teórica das técnicas existentes

no VISNode, e também testar e modificar o algoritmo das mesmas.

No capítulo 7 foram abordadas as etapas realizadas durante o processo de avaliação do trabalho. O capítulo tem início com os relatos das avaliações presenciais da ferramenta. A primeira apresentação da ferramenta foi realizada para um turma de final de semestre, da disciplina de PDI, sem a utilização das funcionalidades gamificadas, mas simulando sua utilização. O *feedback* dos alunos foi positivo, demonstrando que o conceito de desafios poderia ser bem aceito pelos estudantes. Os próximos encontros foram realizados em outra turma, sendo iniciado no começo do semestre.

Como apresentado no capítulo 7, para a validação da ferramenta foi aplicado um questionário visando coletar informações referentes as funcionalidades existentes na ferramenta, a sua confiabilidade, usabilidade e aprendizagem. Os dados coletados foram positivos, segundo os alunos, a ferramenta apresenta funcionalidades íntegras e confiáveis, é precisa nos resultados apresentados e dispõem de funções que permitem a adequada execução de técnicas de PDI. Em relação a confiabilidade da ferramenta, as avaliações identificaram que este quesito pode ser melhorado. Segundo os alunos, a ferramenta, em alguns casos, apresenta erros e quando estes erros ocorrem, não são informados de maneira clara.

Em relação a usabilidade, as avaliações demonstraram outro ponto de melhoria. De acordo com os alunos, se a ferramenta possuísse uma documentação, facilitaria explorar todos os recursos oferecidos por ela. A avaliação de aprendizagem foi positiva, sendo que a maioria das avaliações concordaram que a ferramenta pode ser utilizada como meio para auxiliar no ensino de PDI. Desta forma, as avaliações demonstram que o VISNode pode ser utilizado em sala de aula para apoiar os estudantes, mas ainda devem ser trabalhados alguns aspectos referentes a sua usabilidade e confiabilidade da ferramenta.

Como trabalho futuro, pode-ser expandir o uso da ferramenta para fora da sala de aula. Para isso, pode-se construir módulos que permitam, ao interessado na área, adquirir o conhecimento de forma autônoma. O resultado final poderia se assemelhar a um "livro iterativo", onde seria possível acompanhar uma sequência lógica de materiais referentes a PDI e possibilitar a prototipação e experimentação pelo VISNode. Para este novo módulo, seria possível também a utilização de elementos da gamificação, relacionando conteúdos a desafios.

O uso da ferramenta também pode ser expandido para outras disciplinas. Como por exemplo, pode-se utilizar esta ferramenta na área da saúde, possibilitando que estudantes desta área possam trabalhar com a manipulação de imagens médicas. O VISNode já permite a manipulação de arquivos DICOM(*Digital Imaging and Communications in Medicine*), sendo possível replicar resultados semelhantes aos do trabalho Ronnau (2015).

Outras pesquisas podem utilizar este trabalho como base para para construções de

outras soluções gamificadas. Pode-se utilizar das experiências aqui descritas e os resultados obtidos para a elaboração de novos trabalhos.

REFERÊNCIAS

- ANDRE, C. F. Gamificação na educação: elementos, dinâmicas, mecânicas e teorias dos jogos aplicados ao design de experiências de aprendizagem – uma proposta com a participação de membros da cplp. 2018. No prelo.
- BEZ, M. R. Construção de um modelo para o uso de simuladores na implementação de métodos ativos de aprendizagem nas escolas de medicina. Proposta de Tese (Doutora em Informática na Educação), Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2013.
- BUNCHBALL. Winning with gamification: tips from the expert's playbook. Disponível em: < http://go.bunchball.com/rs/906OKP425/images/Bunchball_WP_Winning_With_Gamification_Experts_Playbook_2016.pdf >. Acesso em: 07 mai. 2018, 2016.
- BUSARELLO, R. I. Gamificação em histórias em quadrinhos hipermídia. Proposta de Tese (Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- CANNY, J. A computational approach to edge detection. *EEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, IEEE, v. 8, n. 1, p. 679–714, 1986.
- CAZORLA, M.; VIEJO, D. Javavis: An integrated computer vision library for teaching computer vision. *Computer Applications in Engineering Education*, Wiley Online Library, v. 23, n. 2, p. 258–267, 2015.
- CHEN, C.-C. et al. Fast boundary detection: A generalization and a new algorithm. *IEEE Transactions on Computers*, IEEE, v. 100, n. 10, p. 988–998, 1977.
- CONCI, A.; AZEVEDO, E.; LETA, F. *Computação Gráfica: Teoria e Prática*. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2008. 407 p.
- DAI, Q. et al. Advances in feature selection methods for hyperspectral image processing in food industry applications: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, Taylor & Francis, v. 55, n. 10, p. 1368–1382, 2015.
- DETERDING, S. et al. From game design elements to gamefulness: Defining “gamification”. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments (MindTrek '11)*, 2011.
- DETERDING, S.; WALZ, S. P. The gameful world: Approaches, issues, applications. Londres: MIT Press, 2014.
- DORLING, A.; MCCAFFERY, F. Software process improvement and capability determination communications in computer and information science. *The Gamification of SPICE*, 2012.
- DRESCH A; LACERDA, D. P. A. J. J. A. V. *Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. 1. ed. [S.l.]: Bookman, 2015. (1rd Edition).

- FARDO, M. L. A gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem. *RENOTE*, v. 11, n. 1, 2013.
- FREITAS, A. A. D.; FREITAS, M. M. de. Classroom live: a software-assisted gamification tool. *Computer Science Education*, Taylor & Francis, v. 23, n. 2, p. 186–206, 2013.
- GARCIA, I.; GUZMÁN-RAMÍREZ, E.; PACHECO, C. Colfdimap: A web-based tool for teaching of fpga-based digital image processing in undergraduate courses. *Computer Applications in Engineering Education*, Wiley Online Library, v. 23, n. 1, p. 92–108, 2015.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. *Digital Image Processing*. 3. ed. São Paulo, SP: Prentice Hall, 2008. 624 p.
- GRICE, N. et al. 3d printing technology: A unique way of making hubble space telescope images accessible to non-visual learners. *Journal of Blindness Innovation & Research*, v. 5, n. 1, 2015.
- GUILHERME, L. R. W. Uma abordagem de afinamento por aprendizagem através de exemplos. *PUCPR- Brasil. Disponível em:* <<http://www.ppgia.pucpr.br/teses/DissertacaoPPGIa-LuisRenato-2007.pdf>>. Acesso em: 25/03/2018, v. 10, 2007.
- HARDY, N. et al. Advanced digital image analysis method dedicated to the characterization of the morphology of filamentous fungus. *Journal of microscopy*, Wiley Online Library, v. 266, n. 2, p. 126–140, 2017.
- HENDERSON, M.; SELWYN, N.; ASTON, R. What works and why? student perceptions of ‘useful’ digital technology in university teaching and learning. *Studies in Higher Education*, Routledge, v. 42, n. 8, p. 1567–1579, 2017.
- HOLT, C. M. et al. An improved parallel thinning algorithm. *Communications of the ACM*, ACM, v. 30, n. 2, p. 156–160, 1987.
- KAPP, K. *The Gamification of Learning and Instruction Fieldbook: Ideas into Practice*. 1. ed. San Francisco: Wiley, 2014. 480 p.
- KASS, M.; WITKIN, A.; TERZOPOULOS, D. Snakes: Active contour models. *International journal of computer vision*, Springer, v. 1, n. 4, p. 321–331, 1988.
- KIRSCH, R. A. Computer determination of the constituent structure of biological images. *Computers and biomedical research*, Elsevier, v. 4, n. 3, p. 315–328, 1971.
- LÓPEZ, A. F. J.; PELAYO, M. C. P.; FORERO, Á. R. Teaching image processing in engineering using python. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, IEEE, v. 11, n. 3, p. 129–136, 2016.
- MARR, D.; HILDRETH, E. Theory of edge detection. *Proc. R. Soc. Lond. B*, The Royal Society, v. 207, n. 1167, p. 187–217, 1980.
- MCGONIGAL, J. *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. New York: Penguin, 2011. 402 p.

MENDOZA, R.; MALIJAN, B.; CALDO, R. B. Development of smart farm security system with alarm mechanism using image processing. *Lpu-Laguna Journal of Engineering and Computer Studies.*, Vol3, p. 73–84, 2016.

MOSSMANN, S. R. Extração e análise de características de imagens digitais para construção de um modelo de reconhecimento de padrões. Trabalho de conclusão de curso de Sistemas de Informação, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2010.

ORACLE. *Java Scripting Programmer's Guide*. 2017. Disponível em: <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/scripting/programmer_guide>. Acessado em 22 mai. 2018.

PEDRINI, H.; SCHWARTZ, W. R. *Análise de Imagens Digitais*. 1. ed. São Paulo, SP: Thomson, 2008. 508 p.

PULLI, K. et al. Realtime computer vision with opencv. *Queue*, ACM, v. 10, n. 4, p. 40, 2012.

QUADROS, G. B. F. de. A gamificação no ensino de línguas online. Universidade Católica de Pelotas, 2016.

RADLAK, K. et al. Adaptive vision studio—educational tool for image processing learning. In: IEEE. *Frontiers in Education Conference (FIE), 2015 IEEE*. [S.l.], 2015. p. 1–8.

REIS, A. N. et al. Ferramenta para extração de múltiplas características em exames médicos por imagem. *XXXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*, 2018.

ROBINSON, G. S. Edge detection by compass gradient masks. *Computer graphics and image processing*, Elsevier, v. 6, n. 5, p. 492–501, 1977.

RONNAU, R. F. Segmentação automática de órgãos em imagens de tomografia computadorizada do tórax. Trabalho de conclusão de curso de Ciência da Computação, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2015.

SEI. *Software Product Lines*. Disponível em: <<http://www.sei.cmu.edu/productlines/>>. Acessado em 24 ago. 2018, 2018.

STENTIFORD, F.; MORTIMER, R. Some new heuristics for thinning binary handprinted characters for ocr. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, IEEE, v. 1, n. 1, p. 81–84, 1983.

TREUENFELS, A. An efficient flood visit algorithm. *C/C++ Users J.*, CMP Media, Inc., USA, v. 12, n. 8, p. 39–62, ago. 1994. ISSN 1075-2838. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=187649.187654>>.

VISNODE. *VISNode*. 2018. Disponível em: <<https://github.com/VISNode/VISNode>>. Acessado em 22 abr. 2018.

ZHANG, T.; SUEN, C. Y. A fast parallel algorithm for thinning digital patterns. *Communications of the ACM*, ACM, v. 27, n. 3, p. 236–239, 1984.

ZIN, Z. M.; SALLEH, T. S.; BAKRI, N. Transforming teaching and learning approach of mathematics and image processing. *Journal of Science and Engineering Technology JSET*, v. 2, n. 2, 2015.

Apêndices

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NAS AVALIAÇÕES EM SALA DE AULA

Nome _____

Perguntas referentes as Funcionalidades presentes no VISNode

O VISNode dispõe de funções que permitem a adequada execução de técnicas de PDI

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo
- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

Percebo no VISNode informações íntegras e confiáveis

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo
- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

O VISNode é preciso nos resultados apresentados

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo
- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

Perguntas referentes a confiabilidade quanto ao uso do VISNode

O VISNode apresenta erros com frequência

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo
- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

O VISNode informa de forma clara quando ocorrem erros

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo
- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

Perguntas referentes a usabilidade do VISNode

A interface do VISNode é de uso intuitivo

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo
- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

O VISNode é fácil de aprender a usar

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo

- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

O tempo de resposta nas interações com o VISNode é adequado

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo
- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

Perguntas referentes a aprendizagem do VISNode

O VISNode permite que o usuário retenha conhecimento

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo
- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

O VISNode é uma ferramenta motivacional para aprendizagem

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo
- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

O feedback do VISNode ao aluno é adequado

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo
- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

O VISNode permite maior participação do aluno, interferindo na relação pedagógica professor x aluno

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo
- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

O VISNode favorece o aluno a estudar de forma autônoma

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo
- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

O VISNode pode ser utilizado como um recurso efetivo na educação de PDI

- ☐ Concordo plenamente
- ☐ Concordo
- ☐ Indiferente
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo totalmente

Sugestões para ferramenta _____

APÊNDICE B – DESAFIOS DE EXTRAÇÃO DE ESTATÍSTICAS DA IMAGEM

A empresa Chocolates “Melhor Cacau” está com uma promoção para este mês. As embalagens são todas floridas com imagens como esta 64:

Figura 64 – Imagem de entrada para o desafio



Fonte: elaborado pelo autor

Os primeiros 20 clientes que apresentarem um software que conte a quantidade de pixels com cada tonalidade de cinza na imagem de forma correta receberão um quilo de chocolate.

Você gosta de chocolate? Um quilo é pouco? Então amplie para um quilo por mês nos próximos 12 meses respondendo as questões:

- Qual a média de tonalidades de cinza da imagem?
- Qual a mediana?
- Qual a moda?
- Qual a variância?

APÊNDICE C – DESAFIO FUNERÁRIA “PESADELO ETERNO”

Neste período de crise, os negócios estão difíceis até para a Funerária “Pesadelo eterno”. Após uma pesquisa de mercado, percebeu que deveria ampliar seus negócios, oferecendo caixões sob encomenda e de acordo com as exigências de seus clientes.

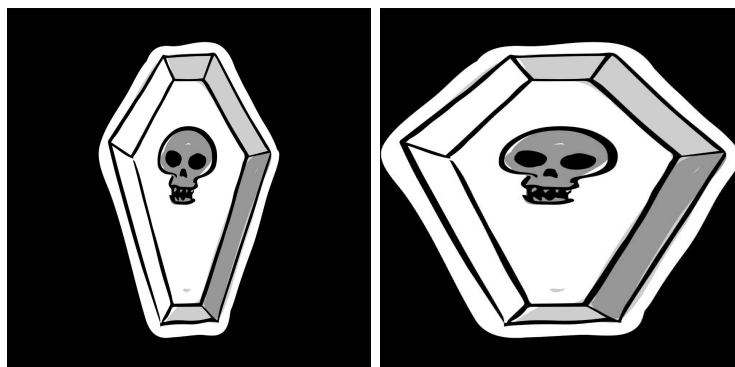
Para tanto, tem recebido encomendas adiantadas e construído caixões que os clientes podem levar para casa, de acordo com sua preferencia e daí, sossegadamente, aguardar o sonho eterno. Outra opção é ficar aguardando o pesadelo final, quando a família pode comprar qualquer caixão de pinos onde o defunto pode cair e se machucar, indo parar em um pronto-socorro, perturbando inclusive o grande evento do velório e enterro.

O Desafio é informatizar este processo, seguindo as missões deixadas pelos proprietários, que já passaram para uma melhor.... viajaram para o Caribe.

C.0.1 Missão 1

Seu Pipo, também conhecido como Baleia, precisa de um caixão que suporte seus 187 quilos e 1 metro e 75 de altura. Está com 46 anos, mas o médico disse que desta forma, sem se cuidar, explodirá. A largura do caixão padrão deve ser ampliada em duas vezes, para Pipo dormir confortavelmente seu último sono.

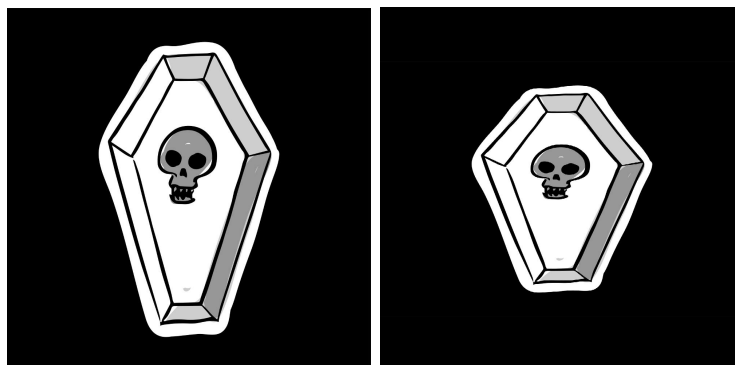
Desenvolva a rotina que aumente a largura do caixão, deixando Pipo sentir-se confortável para o sono eterno.



C.0.2 Missão 2

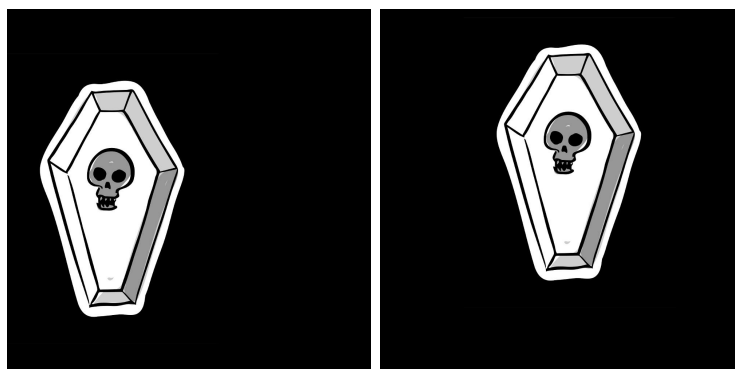
Mariquinha tem este apelido pela altura... não cresceu, apesar dos seus 98 anos, continua com 1 metro e 40 centímetros. Disse ao vendedor da funerária que nunca gostou de sapato grande e com folga depois do calcanhar. Da mesma forma, quer um caixão onde

ela caiba de maneira que se sinta acolhida. É necessário, para tanto, diminuir em 30% o comprimento do caixão.



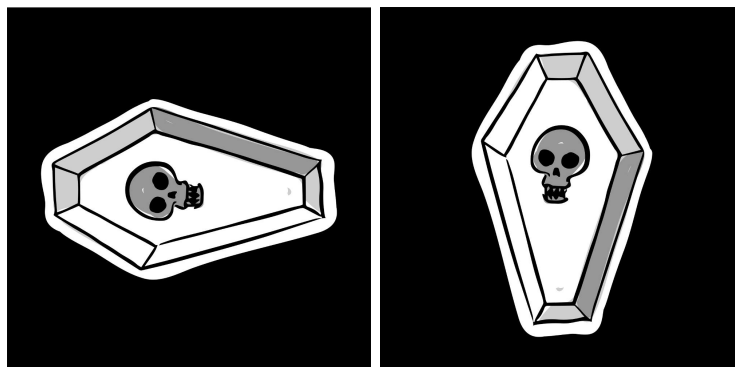
C.0.3 Missão 3

O Hospital “Último Suspiro” quer inspirar algumas pessoas que estão em estado terminal, pois precisa desocupar alguns leitos. Para isso convidou a Funerária “Pesadelo eterno” para uma exposição em frente a UTI. A mesa onde o caixão está exposto na funerária é na altura 150 e largura 100. A mesa no hospital onde será disposto o caixão está na altura 250 e largura 330. Desloque o caixão no plano cartesiano de forma a colocá-lo na mesa do hospital e inspirar pacientes e familiares a deixarem a UTI.



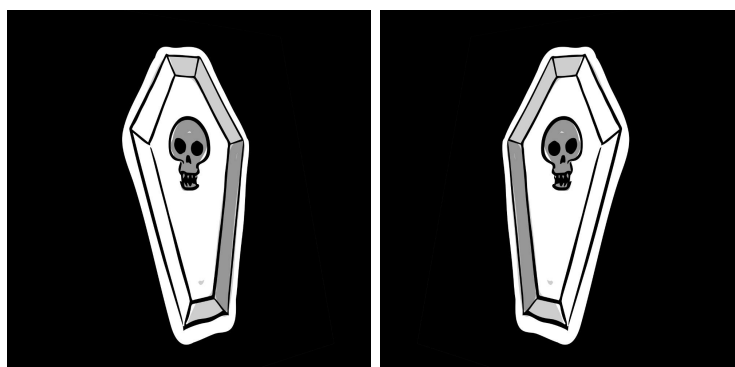
C.0.4 Missão 4

Cada pessoa tem sua mania... alguns tem medo do escuro, outros de passar embaixo de escadas. Dona Marta tem pânico de pensar que estará deitada eternamente. Solicitou que o caixão que lhe foi entregue fique na posição vertical, assim se sentirá na ativa. Rotacione o caixão de forma a atender ao último desejo de Marta.



C.0.5 Missão 5

Jonata e Nicolas estão sempre juntos... amigos fieis, ou como dizem na funerária, “Amigos para Sempre”. O sonho deles é ter caixões iguais, porém, espelhados, de forma que eles possam ficar se olhando para todo o sempre. Execute uma rotina que espelhe o caixão vendido ao Jonata realizando o desejo do Nicolas.



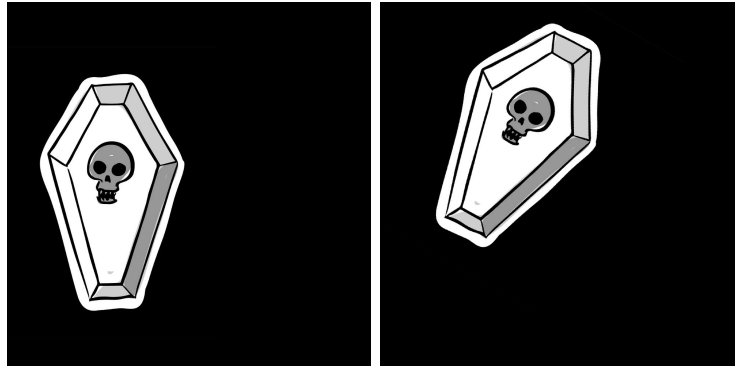
C.0.6 Missão 6

O Cemitério “Cova Rasa” está com pouco espaço e precisa reorganizar sua coleção de defuntos. Quem poderia atende-lo de forma tão macabra quanto a ocasião exige?

O Cemitério “Cova Rasa” está com pouco espaço e precisa reorganizar sua coleção de defuntos. Quem poderia atende-lo de forma tão macabra quanto a ocasião exige? Certo, só poderia ser a Funerária “Pesadelo Eterno”?

Como existem caixões de diferentes tamanho e pesos, foi contratada a empresa de guindastes “O Céu é o Limite” para tirar os caixões do caminhão e colocar no cemitério.

Para tanto, é necessário mover o caixão para cima 80 pixels na tela e para a lateral direita 40. Além disso, como as covas foram feitas inclinadas, para que seja depositada exatamente no “Fundo da Grota” é necessário rotacionar em 30 graus para a esquerda cada caixão. Faça a rotina que permita que o guindaste deposite o caixão no local correto.



APÊNDICE D – DESAFIO ESTÚDIO FOTOGRÁFICO

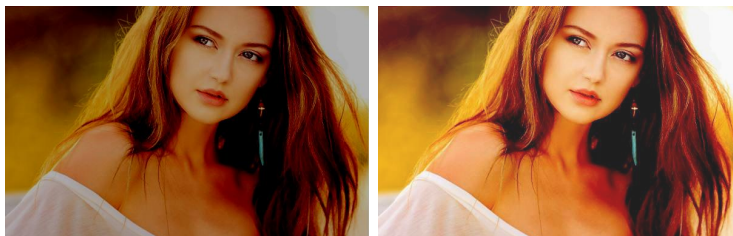
O estúdio “Imagem é tudo” tem um grande diferencial para os demais. Muito além de fazer fotos, eles fazem milagres com fotos problemáticas que recebem dos seus clientes.

Trabalhavam com o Corel Draw, porém, pirata. Como bateu uma fiscalização, tiveram que desinstalar todas as cópias e decidiram contratar um programador que tenha feito a disciplina de PDI na Feevale para resolver seus problemas.

Marinalvo, o novo programador, recebeu uma lista de tarefas, que aqui estão definidas como missões:

D.0.1 Missão 1

Laureta, uma cliente bem exigente, levou uma foto que não está em boa qualidade. É necessário melhorar o brilho e o contraste da Foto. Desenvolva uma rotina que aumente em 50 o brilho e 1,25 o contraste.



D.0.2 Missão 2

Armandinho tirou uma foto de seu cachorro para fazer um Banner. Porém, a foto está cheia de ruídos. Faça uma rotina que limpe a imagem, eliminando os ruídos e deixando tão bonita que possa ser ampliada e impressa. Para isso, utilize o filtro Gaussiano.



D.0.3 Missão 3

Juliano está arrumando o túmulo dos seus pais. Na lápide, quer colocar as fotos dos mesmos. Porém, as fotos que tem são velhas e estragadas. Para este procedimento

é necessário ajustar brilho da imagem em 40, o contraste em 1,4 e suavizar a imagem através do filtro de mediana.



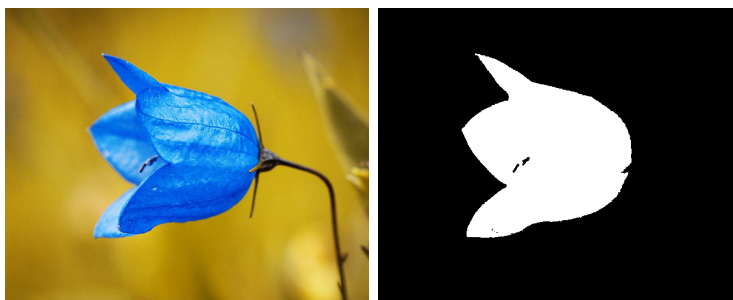
D.0.4 Missão 4

Claudiomiro quer dar a sua namorada de presente uma caricatura sua, onde apareçam só os contornos da imagem. Utilize a imagem de entrada e aplique o detector de bordas de Sobel de forma que a foto fique como a demonstrada abaixo.



D.0.5 Missão 5

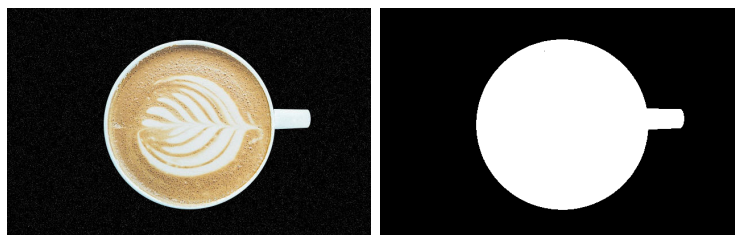
Mendes, apaixonada por flores, pegou uma imagem na internet para decorar seu álbum de imagens em preto e branco. Solicitou que fosse retirado o fundo da imagem, permanecendo somente a flor. Para isso, utiliza o algoritmo de threshold com o limiar de 150.



D.0.6 Missão 6

Ruídos são encontrados normalmente em imagens. O programador Marinalvo recebeu uma imagem com ruído, e ele precisa remover o fundo desta imagem. Abaixo

estão a imagem original e imagem de saída. Utilizar como filtro de suavização o de média e o limiar como 60.

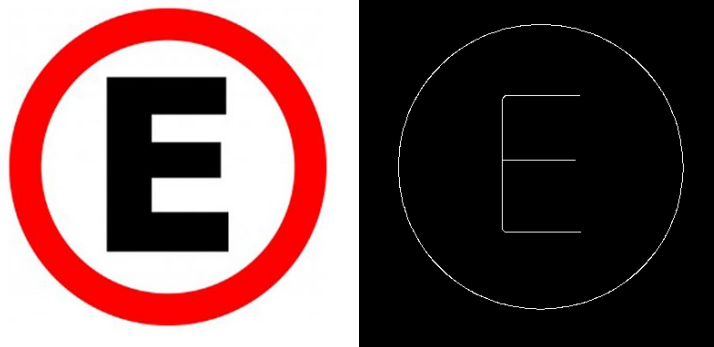


APÊNDICE E – DESAFIO DE TRÂNSITO

Alunos da escola Técnica de Design fazem um trabalho voluntário para auxiliar a comunidade no que se refere a imagens. Para tanto recebe as mais diversos demandas, e aqui, cada demanda gera uma missão... algumas são missões quase impossíveis!

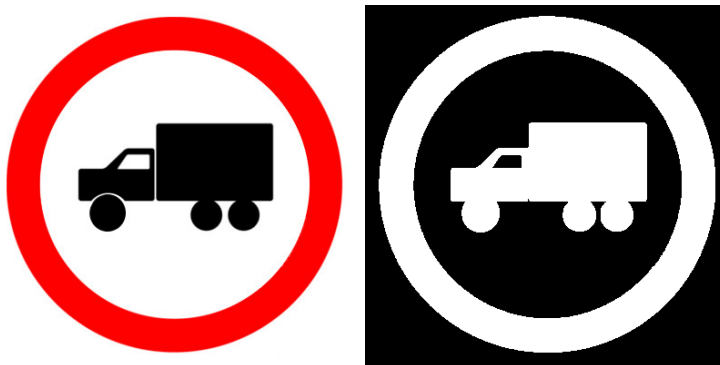
E.0.1 Missão 1

É solicitado que esta placa fique da largura de um pixel, sendo afinada ao máximo possível para ser usada em um sistema de que identifica e descreve a placa para cegos. Para tanto, a rotina deve constar de uma transformação em tonalidades de cinza, uma inversão de cores, um *threshold* de 150 e na sequência utilizar o afinamento de Holt.



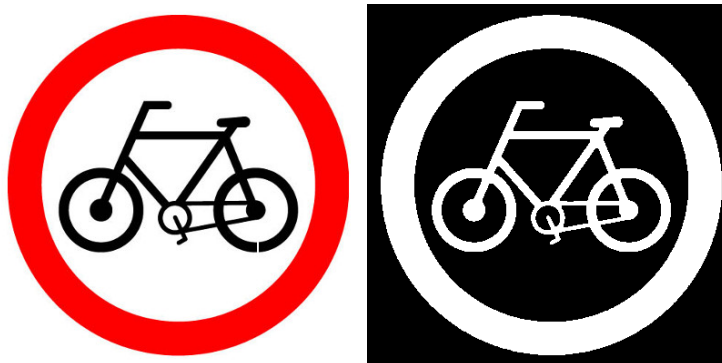
E.0.2 Missão 2

Na placa apresentada abaixo, por um problema de impressão, o pneu dianteiro está muito longe da cabine do caminhão. Da mesma forma, a carroceria está separada. Use o processo de dilatação para aproximar o pneu e unir a carroceria com a cabine do caminhão. Utilize 150 como *threshold*.



E.0.3 Missão 3

Observe que nesta placa existe uma falha no pneu de trás da bicicleta. Use o fechamento para corrigir a falha, deixando a placa perfeita. Utilize 150 como *threshold*.



E.0.4 Missão 4

Utilizando a placa de PARE mostrada abaixo, faça com que a mesma fique somente com o texto PARE escrito em branco. Para isso utilize *threshold* 230 e 3 processos de erosão.

