VISNode: uma ferramenta gamificada para o aprendizado de processamento digital de imagens

Jonata Daniel Becker

Nicolas Pohren

*Marta Rosecler Bez**

Grupo de Computação Aplicada – Universidade Feevale

Resumo

Este artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento do módulo gamificado para a ferramenta VISNode, visando ao suporte ao aprendizado 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, oferecendo, também, materiais teóricos para complementar o aprendizado. A metodologia foi de natureza quantitativa, do tipo exploratória. A coleta de dados foi realizada por meio de questionário, buscando verificar a aceitação por parte dos alunos na disciplina de PDI. O resultado dos questionários demonstrou boa aceitação dos alunos para o uso da ferramenta como apoio pedagógico.

Palavras-chave: VISNode, Processamento Digital de Imagens, PDI, Gamificação.

VISNode: a gamification tool for the digital image processing learning

Abstract

This article aims to present the development of the module gamified for the tool VISNode, aiming the support to the learning in the area of digital image processing (PDI). VISNode is a tool for prototyping PDI

* Autor correspondente: martabez@gmail.com

techniques, which makes use of nodes and their connections to represent techniques and their connections. Gamification concepts were used to encourage students, also offering theoretical materials to complement learning. The methodology was of a quantitative nature, of the exploratory type. The data collection was done through a questionnaire, seeking to verify the acceptance by the students in the discipline of PDI. The results of the questionnaires showed good acceptance of the students for the use of the tool as pedagogical support.

Keywords: VISNode, Digital Image Processing, DIP, Gamification.

VISNode: una herramienta gamificada para el aprendizaje de procesamiento digital de imágenes

Resumen

Este artículo tiene como objetivo presentar el desarrollo del módulo gamificado para la herramienta VISNode, visando el soporte al aprendizaje en el área de procesamiento digital de imágenes (PDI). VISNode es una herramienta para el prototipado de técnicas de PDI, que hace uso de nodos y sus conexiones para representar técnicas y sus enlaces. Se utilizaron conceptos de gamificación para incentivar a los estudiantes, ofreciendo también materiales teóricos para complementar el aprendizaje. La metodología fue de naturaleza cuantitativa, del tipo exploratorio. La recolección de datos fue realizada por medio de un cuestionario, buscando verificar la aceptación por parte de los alumnos en la disciplina de PDI. El resultado de los cuestionarios demostró buena aceptación de los alumnos para el uso de la herramienta como apoyo pedagógico.

Palavras-chave: VISNode, Procesamiento Digital de Imágenes, PDI, Gamificación.

1. Introdução

Mesmo com o esforço e a dedicação de educadores, estudantes frustram-se com disciplinas de PDI devido à grande complexidade (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, por meio da utilização de

conceitos provenientes dos jogos, como superar desafios, receber recompensas e ganhar pontuação. Busca-se atrair a atenção da pessoa e motivá-la a executar a tarefa proposta, em um ambiente envolvente (KAPP, 2014).

Por sua vez, avanços de pesquisa e a utilização de PDI crescem fortemente nas mais diversas áreas de conhecimento, como saúde (RONNAU, 2015), astronomia (GRICE et al., 2015), biologia (HARDY et al., 2017), aplicações industriais (DAI et al., 2015) e apoio à defesa (MENDOZA; MALIJAN; CALDO, 2016). Devido a essa importância, a disciplina de PDI está presente em quase todos os programas de graduação dos cursos de Ciência da Computação e Sistemas de Informação (GARCIA; GUZMÁN-RAMÍREZ; PACHECO, 2015).

O 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. É composto por procedimentos que são apresentados em forma de algoritmos (GONZALEZ; WOODS, 2008). Por esses algoritmos expressarem funções matemáticas complexas, softwares podem ser úteis para auxiliar alunos a entender esses conceitos sem desconsiderar a teoria matemática (LÓPEZ; PELAYO; FORERO, 2016).

A área de PDI conta com diversas ferramentas para auxiliar tanto na aprendizagem quanto no desenvolvimento de novas soluções, como o OpenCV – biblioteca de visão computacional *open source* (PULLI et al., 2012), o ambiente CoLF-DImaP – ferramenta web para experimentação que faz uso de um paradigma colaborativo (GARCIA; GUZMÁN-RAMÍREZ; PACHECO, 2015) e o Adaptive Vision Studio – ferramenta para a criação de algoritmos de processamento e análise de imagens por meio de um *dataflow* de técnicas de 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 ancorada 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).

Este artigo apresenta o desenvolvimento do módulo gamificado para o VISNode, visando ao auxílio na aprendizagem. Este proporciona aos estudantes um ambiente onde seja possível o aprendizado por meio da experimentação de técnicas de PDI.

Esta introdução do artigo é seguida da seção dois, onde se apresenta o desenvolvimento do módulo gamificado para o VISNode. A seção três demonstra os resultados obtidos com alunos de PDI, e concluindo as considerações finais.

2. Desenvolvimento do módulo de gamificação da ferramenta Visnode

Inicialmente, foi realizado um estudo de sistemas com objetivos semelhantes e os principais conceitos de gamificação que serviram como aporte para o desenvolvimento da proposta. Nesta seção, será apresentado o desenvolvimento e funcionamento da ferramenta, bem como, as tecnologias utilizadas.

Para o desenvolvimento da ferramenta foi utilizada a linguagem Java, a mesma linguagem empregada para o VISNode. Devido à necessidade de armazenar informações sobre o usuário, foi criado um Webservice. Este foi construído usando o *framework* SprintBoot e um Banco de dados Mysql. A comunicação realizada para o acesso a dados é feita utilizando-se o protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*).

2.1 VISNode

Essa ferramenta foi desenvolvida na Universidade Feevale, por alunos de graduação, após concluírem a disciplina de PDI. Eles identificaram dificuldades para realizar a comparação de técnicas com o mesmo objetivo, e escolher o parâmetro adequado para cada situação. Desse modo, foi desenvolvida uma ferramenta que tem por objetivo demonstrar a execução de técnicas de PDI e como elas se conectam.

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

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.

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 a partir da saída de outro nodo, por exemplo, a cor média da imagem.

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 1 mostra a utilização do software VISNode. Nela é possível visualizar um painel, à direita do software, de onde é possível selecionar as técnicas de PDI a serem aplicadas na imagem. Também é demonstrado um fluxo de execução usando 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.

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 desenvolvidos pelo time responsável pelo VISNode, e novos processos são constantemente adicionados à ferramenta.

Figura 1 – Utilização do software VISNode.

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.

2.2 Proposta Gamificada

Tendo como objetivo dar assistência ao aluno no entendimento dos algoritmos, a ferramenta provê informações detalhadas destes, sendo possível visualizar uma explicação textual de seu funcionamento, além do código de sua implementação. Essa funcionalidade também pode servir como material didático, auxiliando na etapa de aprendizado de usuários com pouco conhecimento na área. Para a gamificação, o software conta com elementos como: Desafios, Missões, Narrativas, Recompensas e Rankings.

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. Dessa forma, o usuário deverá conectar as técnicas existentes para obter o resultado esperado. O próprio software realiza a conferência da solução proposta pelo usuário.

Um desafio consiste em um grande objetivo que o usuário deve alcançar. Cada desafio é composto por missões. Dessa forma, para um usuário concluir um desafio, ele deverá concluir primeiramente uma série de pequenas missões. Esses desafios são pensados para que o aluno consiga dividir o problema em partes. Desse modo, 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. Essa narrativa descreve o problema como um todo e demonstra o resultado final esperado.

Recompensas e pontos de experiência são importantes elementos da gamificação. Esses 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 motivar-se a resolver um problema para adquirir determinada recompensa.

Ao utilizar o VISNode, os alunos receberão pontos de experiência ao completar missões e desafios. Cada tarefa tem sua pontuação de acordo com o grau de dificuldade. Dessa forma, desafios com um grau de complexidade maior resultarão em uma quantidade maior de pontos que os de menor complexidade. Cada missão possui um valor máximo de pontos que o usuário pode obter, concedido ao usuário caso ele acerte a missão na primeira tentativa. Caso contrário, receberá um percentual do valor total. O valor mínimo é 70% da pontuação. Desse modo, o usuário é penalizado em até 30%, variando conforme o número de erros. Cada tentativa falha equivale a 10%.

Além dos pontos de experiência, o usuário poderá receber algumas recompensas, representadas por imagens. Estas são vinculadas aos desafios, sendo assim, o usuário receberá a recompensa ao finalizar o desafio. Essa imagem é dividida em pedaços de acordo com o número de missões do desafio. O usuário recebe um pedaço dessa recompensa a cada missão concluída. Na ferramenta, essa recompensa é exibida em formato de quebra-cabeça, onde somente são exibidas as peças que o usuário já adquiriu. Esse formato de atribuição de recompensas, além de proporcionar um fator motivacional, também possibilita que o usuário identifique seu progresso, identificando o quanto falta para ele completar o desafio e, por consequência, o quebra-cabeças.

Tendo em vista a possibilidade do usuário se situar em relação ao seu desempenho comparado com outros usuários, a ferramenta

possui um *ranking*. Este leva em consideração a pontuação que cada usuário conquista para posicioná-lo em suas respectivas colocações. A seção de *ranking* é dividida em duas partes (do aluno em relação à sua turma e em relação ao ranking de todos os usuários do sistema).

A parte gamificada é acessada por meio de um cadastro e *login* no sistema, o que permite controlar o progresso de cada usuário. Após logado, ele tem acesso a todas as funcionalidades referentes à parte gamificada da ferramenta. Logado no sistema, o usuário possui acesso ao menu de desafios. Nesse local, encontra diversas missões com diferentes objetivos e graus de dificuldades. O usuário pode selecionar uma missão para ser realizada e a cada missão cumprida recebe suas respectivas recompensas.

Quando a ferramenta é utilizada em sala de aula, o educador pode criar um grupo de trabalho e definir quais usuários e desafios este irá compor. Dessa forma, o educador poderá controlar o progresso de cada participante do grupo, visualizando quantas tarefas o usuário 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, dessa forma, o uso da ferramenta para mais usuários. A ideia da ferramenta é que ela possa ser empregada dentro da sala de aula, como já descrito, mas também fora. Para isso, a ferramenta conta com áreas que podem ser acessadas por pessoas fora da disciplina. Desse modo, qualquer indivíduo que tenha interesse em usufruir da ferramenta poderá usá-la.

Para auxiliar o aluno na utilização da ferramenta, foi imprescindível a implementação de um processo chamado de *Script Process*. A criação desse processo foi necessário, pois em algumas ocasiões é importante realizar operações que não são técnicas de PDI clássicas. Esse processo não está vinculado a qualquer técnica de processamento digital de imagens. Ele tem por objetivo disponibilizar uma interface para a implementação de algoritmos pela própria ferramenta.

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, sendo possível compartilhar objetos entre Java e JS e invocar funções (ORACLE, 2017). Devido a essa flexibilidade, os processos dinâmicos fazem uso desta API de Script como linguagem JS.

PDI é uma área de estudo que possui forte embasamento teórico e matemático. Em muitas situações, o material teórico é constituído basicamente de notações matemáticas, o que pode dificultar o entendimento dos estudantes. Tendo em vista esse cenário, foi construída uma área que possibilita ao estudante o contato com o referencial teórico de técnicas de PDI por meio de uma apresentação didática.

Para a construção desse material, com uma explicação conceitual de cada técnica de PDI e o funcionamento básico do algoritmo, é disponibilizado o código fonte utilizado para a implementação do processo. Para facilitar a disponibilização do material teórico, foi usado um arquivo no formato *Markdown*, que possibilita a fácil edição e formação de conteúdo a partir de *tags* que são adicionadas em um arquivo de texto.

O acesso a esse conteúdo é realizado por processo. Dessa forma, o usuário seleciona o processo que deseja acessar o material teórico. Na Figura 2 é apresentada, à esquerda, a janela onde o usuário pode visualizar o código fonte de uma técnica de PDI e à direita onde o usuário tem acesso à explicação teórica da mesma.

Além dos dois recursos já apresentados, também foi criada uma seção chamada *script*. Por meio desse recurso, foi possível disponibilizar um script que represente a técnica de PDI consultada. Dessa forma, o aluno pode modificar a implementação do algoritmo para complementar seu aprendizado da técnica estudada.

Figura 2 – Exibição do código fonte de algoritmo de Holt e teoria.

2.3 Interface do aluno

Como já dito anteriormente, o sistema gamificado é ancorado em desafios e missões, onde o usuário recebe recompensas e pontuações a partir da conclusão desses elementos. Quando o aluno seleciona um desafio, a página seguinte exibida é a janela responsável pela contextualização do desafio ao aluno. A Figura 3 demonstra um exemplo dessa contextualização, podendo conter texto e imagens, de forma que facilite o entendimento do aluno em relação ao desafio proposto.

Após a apresentação da narrativa, o usuário é redirecionado para a página das missões do desafio. O aluno deve resolver as missões em ordem. Dessa forma, a segunda missão não poderá ser resolvida antes que a primeira seja solucionada, e assim por diante. Para cada desafio é relacionada uma recompensa, que será adquirida pelo aluno ao cumprir o desafio com êxito. Com o objetivo de transmitir uma ideia de progresso, essa imagem foi dividida em várias partes e em cada conclusão de missão, uma parte da imagem é concedida ao aluno.

Figura 3 – Narrativa de um desafio.

Nessa mesma página, após a conclusão da missão, também é possível que o usuário visualize outras soluções para as missões. Esse recurso possibilita aos alunos aprender novas formas de solucionar um mesmo desafio. Assim que o aluno seleciona uma missão, a contextualização dessa missão é apresentada. A Figura 4 demonstra a resolução de uma missão utilizando a ferramenta VISNode.

Figura 4 – Resolução da missão pelo VISNode.

O *ranking* do usuário pode ser tanto no âmbito geral, ou seja, todos os usuários da ferramenta, como no do seu grupo, contendo somente os integrantes do grupo do usuário. Caso o usuário possua

mais de um grupo, eles serão exibidos em formato de aba. Para que o usuário visualize suas conquistas, foi desenvolvida uma página, onde é possível visualizar todas as conquistas do usuário, mesmo que o desafio não esteja completo (visualização parcial) (Figura 5).

Figura 5 – Ranking do usuário.

2.4 Interface do professor

Com o intuito de possibilitar aos educadores um canal para a criação de novos desafios, foi desenvolvido o cadastro de desafios e missões. Visando uma melhor organização dos usuários, a ferramenta possui uma funcionalidade para a criação de grupos de usuários. Esse recurso possibilita que o educador possa acompanhar a evolução de determinada turma. Um dos objetivos da ferramenta é possibilitar ao educador um mecanismo que permita o acompanhamento do progresso dos estudantes, onde é possível visualizar a quantidade de pontos que cada usuário obteve, além das suas conquistas e desafios concluídos. Esse recurso permite que o educador abra a solução desenvolvida pelo estudante, e identifique as abordagens utilizadas pelos alunos nas resoluções dos desafios.

3. Resultados obtidos – validação da ferramenta VISNode

A etapa de validação da ferramenta foi realizada por meio do monitoramento do uso em sala de aula. Para isso, foram elaboradas aulas onde os alunos da disciplina de PDI da Universidade Feevale utilizassem a ferramenta para a resolução de desafios relacionados ao conteúdo estudado. O fluxo das aulas começa com a apresentação do conteúdo pela professora. Após os alunos conhecerem a teoria, são aplicados desafios empregando a ferramenta VISNode. Nesse momento, os alunos já possuem a compreensão teórica do que está sendo estudado, e também o conhecimento prático, por intermédio da resolução de desafios pelo VISNode. Antes de continuar para o assunto seguinte, os alunos implementam as técnicas aprendidas em alguma linguagem de programação de sua preferência. Nesse momento, os alunos podem utilizar como base o material existente no VISNode para auxiliá-los nessa tarefa.

O processo de validação buscou avaliar a ferramenta em quatro categorias, sendo elas: funcionalidades, usabilidade, confiabilidade e aprendizagem (BEZ, 2013). Para a avaliação, foi aplicado um questionário com 15 perguntas (14 objetivas e uma dissertativa para sugestões) a 9 estudantes com o objetivo de coletar dados referentes às categorias citadas. As questões objetivas variavam entre concordo plenamente (CP), concordo (C), indiferente (I), discordo (D) e discordo totalmente (DT). O questionário foi aplicado no primeiro encontro e no último encontro.

Quando questionado se o VISNode dispõe de funções que permitem a adequada execução de técnicas de PDI, foi possível observar na primeira avaliação 55,6% CP, 33,3% C e 11,1% I. Já na segunda avaliação, o percentual de alunos aumentou para 44,4% em C. Para esse questionamento, não houve grandes alterações em relação à primeira e à segunda avaliação, porém, na segunda não houve qualquer avaliação I ou D, demonstrando uma pequena melhora nesse quesito.

Quando questionado se o aluno percebe no VISNode informações íntegras e confiáveis, na primeira avaliação, obteve-se 66,7% CP e 33,3% C. Já na segunda, o percentual de alunos C aumentou para 44,4% e os CP diminuíram para 55,6%. A primeira e a segunda avaliação foram positivas, pois a maioria foi C ou CP.

Conforme a primeira avaliação, 11,1% dos estudantes indicaram CP no que se refere a apresentar erros com frequência, 44,4% C, 22,2% I e 22,2% D. Já na segunda avaliação, o percentual que concordou diminuiu para 33,3%, os que discordaram o percentual aumentou para 44,4%. Comparando as duas avaliações, o que vale ressaltar é que na segunda não houve CP e o número dos D aumentou, demonstrando uma melhora nesse quesito. Os dados coletados indicam que, em alguns casos, a ferramenta mostra erros e, quando esses erros ocorrem, não são informados de maneira clara. Essas avaliações demonstram uma deficiência da ferramenta, que deve ser aprimorada.

Respostas referentes ao questionamento se a interface do VISNode é de uso intuitivo demonstram que, na primeira avaliação, 33,3% dos estudantes indicaram CP, 55,6% C, e 11,1% D. Na segunda avaliação, o percentual de alunos C diminuiu para 44,4% e apresentou um percentual de 22,2% de I. Comparando as duas avaliações, é possível observar que na segunda não houve D, de modo diferente da primeira.

De acordo com os dados coletados, é possível observar que na primeira avaliação 33,3% dos estudantes indicaram CP para o quesito fácil de aprender a usar, 44,4% C, 11,1% D e 11,1% D'T. Já na segunda, o percentual de alunos CP aumentou para 44,4%, os C o percentual diminuiu para 33,3% e apresentou um percentual de 22,2% de alunos I. O que vale ressaltar é que na segunda avaliação não houve resultado discordando.

Em relação ao questionamento se o VISNode permite que o usuário retenha conhecimento, é possível identificar que, na primeira avaliação, 66,7% responderam CP, 22,2% C e 11,1% I. Já na segunda avaliação, o percentual de CP diminuiu para 55,6%

e o de C aumentou para 44,4%. Pode-se observar que na segunda avaliação não houve avaliação indiferente.

Os resultados coletados demonstram que, na primeira avaliação, 55,6% indicaram CP no quesito ferramenta motivacional para aprendizagem e 44,4% C. Na segunda, o percentual de alunos CP diminuiu para 44,4% e 11,1% foram I. Comparando, é possível constatar que na segunda avaliação houve avaliações indiferentes.

Na primeira, 44,4% indicaram CP sobre o *feedback* ser adequado, 44,4% C e 11,1% I. Já na segunda, o percentual de alunos C diminuiu para 22,2%, o de I aumentou para 22,2% e houve 11,1% D. Na segunda avaliação, alguns alunos discordaram.

Para o questionamento se o VISNode favorece o aluno a estudar de forma autônoma, é possível identificar que, na primeira avaliação, 33,3% indicaram CP, 33,3% C, 22,2% D, e 11,1% I. Já na segunda, o percentual de alunos C aumentou para 44,4% e o percentual de discordância diminuiu para 11,1%. Para esse questionamento, o que vale ressaltar é que na segunda avaliação houve redução no percentual de avaliações que discordaram.

Nas informações referentes ao questionamento se o VISNode pode ser utilizado como recurso efetivo na educação é percebido que, na primeira avaliação, 77,8% indicaram CP e 22,2% C. Na segunda, o percentual de alunos CP diminuiu para 66,7% e houve 11,1 % I. Pode ser constatado que na segunda avaliação houve avaliações indiferentes.

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

Nos comentários e sugestões, foi indicada uma incompatibilidade do VISNode com a versão 10 do Java. Uma das dependências do projeto não é compatível com esta versão. Este comentário já propõe uma solução para esse problema, que é distribuir uma versão do Java com o software. Outros comentários se referem a uma deficiência existente da ferramenta VISNode. Para o

usuário desfazer uma conexão entre dois nodos é necessário conectá-los novamente. Esse comportamento não é intuitivo, uma possível solução para esse problema é a criação de uma ação que permita selecionar conexões e deletá-las com a função delete do teclado.

Por meio dos comentários, é possível observar uma deficiência da ferramenta em relação à sua usabilidade. Segundo os alunos, a primeira experiência com a ferramenta é ruim, devido à falta de documentação do software. Dessa forma, é possível melhorar a ferramenta por intermédio 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 usar.

Considerações finais

Foi apresentado o funcionamento da ferramenta e as tecnologias empregadas na sua construção, com funcionalidades construídas utilizando como base elementos da gamificação. A partir dos desafios, foram construídas funcionalidades com o intuito de engajar o aluno, como o controle de pontuação, *ranking* e recompensas. Também uma área administrativa para o educador, onde é possível administrar desafios, 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 das técnicas existentes no VISNode, e também testar e modificar o algoritmo das mesmas.

Para a validação da ferramenta, foi aplicado um questionário visando coletar informações referentes às funcionalidades existentes na ferramenta, a sua confiabilidade, usabilidade e aprendizagem. Segundo os alunos, a ferramenta apresenta funcionalidades íntegras e confiáveis, é precisa nos resultados e dispõe de funções que permitem a adequada execução de técnicas de PDI. Em relação à confiabilidade, as avaliações identificaram que esse quesito pode

ser melhorado. A ferramenta, em alguns casos, apresenta erros e quando estes ocorrem, não são informados de maneira clara.

Em relação à avaliação de usabilidade, as questões demonstraram um ponto de melhoria. De acordo com os alunos, uma documentação facilitaria explorar todos os recursos oferecidos por ela. A avaliação de aprendizagem foi positiva, pois a maioria concordou que pode ser utilizada como meio para auxiliar no ensino. As avaliações demonstram que o VISNode pode ser usado em sala de aula para apoiar os estudantes, mas ainda devem ser trabalhados alguns aspectos referentes à sua usabilidade e confiabilidade.

Referências

BEZ, M. R. **Construção de um modelo para o uso de simuladores na implementação de métodos ativos de aprendizagem nas escolas de medicina**, 2013.

CANNY, J. A computational approach to edge detection. **IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence**, IEEE, v. 8, n. 1, p. 679-714, 1986.

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.

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. [S.l.]: Prentice Hall, 2008 (3rd. Edition).

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.

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.

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. [S.l.]: Wiley, 2014 (1st. Edition).

- 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. 1.167, p. 187-217, 1980.
- 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**, v. 3, p. 73-84, 2016.
- ORACLE. **Java Scripting Programmer's Guide**, 2017. Disponível em: http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/scripting/programmer_guide.
- PULLI, K. et al. Realtime computer vision with opencv. **Queue, ACM**, v. 10, n. 4, p. 40, 2012.
- 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.
- 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**. Novo Hamburgo: Universidade Feevale. Trabalho de conclusão de curso de Ciência da Computação, 2015.
- 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.
- VISNODE. **VISNode**, 2018. Disponível em: <https://github.com/VISNode/VISNode>.
- 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.