

HEDEG - Heurísticas para Avaliação de Jogos Educacionais Digitais

Pedro Henrique Dias Valle, Ricardo Ferreira Vilela, Paulo Afonso Parreira Júnior, Ana Carolina Gondim Inocêncio

Curso de Bacharelado em Ciências da Computação - Universidade Federal de Goiás (UFG)/Câmpus Jataí
Jataí - GO, Brasil

pedrohenriquevalle@hotmail.com, ricardo.ufg@live.com, {paulojunior, anacarolina_inocencio}@jatai.ufg.br

ABSTRACT

The Digital Educational Games (DEG) have been intensively used as tools that can help teachers and students in teaching and learning process. However, knowing whether or not a DEG is fitted to be placed in an educational environment is not a trivial task. Among the many techniques for evaluating existing software, heuristic evaluation has achieved better results, because of its numerous advantages. However, some existing heuristics for evaluation of DEGs have some limitations, such as they do not include essential features of DEGs and are described in a subjective way, hindering the application of heuristics by evaluators with little expertise. Thus, the aim of this work is to propose a new set of heuristics to evaluate DEGs. The development of this new set was made by two ways: i) adapting some existing heuristics; and ii) creating new heuristics, based on the features of good quality DEGs, presented in the literature. To verify the applicability and efficiency of the set of heuristics proposed in this work, the DEG Carmen Sandiego was evaluated and, after the analysis of the results, it was noticed, with 99% certainty, that the proposed set of heuristics was more efficient than another set existing in the literature (PHEG), reaching 71.24% efficiency in identifying problems.

RESUMO

Os Jogos Educacionais Digitais (JEDs) têm sido intensamente utilizados como ferramentas que podem auxiliar professores e alunos no processo de ensino e aprendizagem. Porém, a descoberta se um JED está apto para ser inserido em um ambiente educacional não é uma tarefa trivial. Dentre as diversas técnicas de avaliação de softwares existentes, a avaliação heurística tem obtido grande destaque pelos seus diversos benefícios. No entanto, algumas heurísticas já existentes para avaliação dos JEDs apresentam algumas limitações, tais como, não contemplam características essenciais aos JEDs, para que estes possam ser considerados de boa qualidade, e são descritas de forma subjetiva, dificultando a aplicação das heurísticas por avaliadores com pouca experiência. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é

propor de um novo conjunto de heurísticas para avaliação dos JEDs. A criação desse novo conjunto ocorreu da seguinte forma: i) adaptando algumas heurísticas já existentes; e ii) criando novas heurísticas, fundamentadas nas características de boa qualidade de JEDs, apresentadas na literatura. Para verificar a aplicabilidade e eficiência do conjunto de heurísticas proposto neste trabalho, o JED *Carmen Sandiego* foi avaliado e, após análise dos resultados, notou-se com 99% de certeza que o conjunto proposto foi mais eficiente do que outro conjunto de heurísticas bem conhecido na literatura (*PHEG*), tendo alcançado 71,24% de eficiência na identificação de problemas.

Categorias

H.5.2 [*User Interfaces*]: Evaluation/methodology; Graphical user interfaces (GUI); *Screen design* (e.g., text, graphics, color).

Termos Gerais

Human Factors, Verification, Experimentation, Measurement.

Palavras-chave

Jogos Educacionais Digitais, Avaliação Heurística, Qualidade de Jogos Educacionais Digitais.

1. INTRODUÇÃO

As atuais diretrizes educacionais têm buscado propor a utilização de tecnologias como recursos que podem auxiliar no desenvolvimento pedagógico dos alunos. Desde então, os computadores têm sido utilizados para desenvolvimento e utilização de softwares educacionais, os quais podem contribuir com agregação de novos conhecimentos [1].

Por serem considerados um tipo de software educacional [2], os Jogos Educacionais Digitais (JEDs) têm sido intensamente utilizados como ferramentas que podem auxiliar professores e alunos no processo de ensino e aprendizagem. A utilização de JEDs pode proporcionar motivação ao aluno e desenvolver também, hábitos de persistência na transposição de desafios e desenvolvimento de tarefas [3].

Um dos papéis fundamentais dos JEDs é a minimização do fracasso, ou seja, os usuários podem recomeçar o jogo, permitindo assim, que eles se arrisquem e experimentem hipóteses que seriam muito difíceis de se testar em situações em que o custo do fracasso é maior [4]. Por exemplo, no contexto do ensino de química, um

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

XVIII Conferência Internacional sobre Informática na Educação, 9–11 Dezembro, 2013, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

JED poderia simular o ambiente de um laboratório, no qual o aluno possa misturar diferentes reagentes, sem se preocupar o desperdício de recursos, bem como com o risco de criar algum tipo de reação prejudicial a sua saúde. Obviamente, o JED deve informar ao aluno que a economia de recursos é uma meta a ser alcançada, bem como deve notificar sobre procedimentos realizados incorretamente e que podem gerar risco à saúde.

Segundo Hays [5], em geral, a decisão de se utilizar JEDs em um ambiente educacional é realizada a partir de suposições de seus benefícios e não com base em avaliações formais, por meio das quais se constata resultados concretos dos benefícios de aprendizado incorporados ao JED. Descobrir se um JED está apto ou não a ser inserido em um ambiente educacional não é uma tarefa trivial, pois são necessárias avaliações criteriosas, com a finalidade de se analisar elementos relacionados às características pedagógicas de um JED, a sua jogabilidade, interface, entre outros.

Dentre as diversas técnicas para avaliação de softwares, incluindo os JEDs, a Avaliação Heurística (em inglês, *Heuristic Evaluation* – *HE*) tem se destacado por seus diversos benefícios, tais como [6, 7]: i) pode ser utilizada em qualquer fase do desenvolvimento do software; e ii) consiste em uma forma de avaliação rápida, barata e eficiente. Um dos conjuntos de heurísticas mais conhecido na literatura é o proposto por Nielsen [6], cujo objetivo é avaliar a usabilidade de *websites*, procurando detectar defeitos, tanto na fase de desenvolvimento, quanto no produto final. Desde então, diversos estudos foram conduzidos com o objetivo de criar novas heurísticas e/ou adaptar as heurísticas de Nielsen para a avaliação específica de JEDs.

Recentemente, Mohamed e Jaafar [7] desenvolveram um conjunto de heurísticas denominado *Playability Heuristic Evaluation for Educational Computer Games (PHEG)*, em português, Heurísticas de Jogabilidade para Avaliação de Jogos Computacionais Educacionais, que buscava encontrar defeitos relacionados à jogabilidade, interface, conteúdo, multimídia e elementos educacionais de um JED. Entretanto, as heurísticas *PHEG* apresentam algumas limitações, como:

- i) são descritas de forma subjetiva, o que segundo a norma ISO/IEC 14.598-4 [8] deve ser evitado em qualquer processo de avaliação de software, pois caso isso ocorra, pode ser que interpretações ambíguas por parte dos avaliadores aconteçam e, por consequência, os resultados da avaliação realizada podem ser prejudicados;
- ii) segundo os autores Mohamed e Jaafar [7], somente avaliadores especialistas podem utilizar as heurísticas *PHEG*. Apesar de ser recomendado que a avaliação heurística seja realizada por especialistas [6], é difícil, principalmente para organizações desenvolvedoras e grupos de pesquisa de micro e pequeno porte, terem especialistas em diversas áreas, como multimídia, interface, elementos educacionais, entre outros, para condução do processo de avaliação heurística. Sendo assim, seria interessante se o conjunto de heurísticas para avaliação de JEDs pudesse ser aplicado também por usuários não especialistas, contanto que os resultados obtidos aproximem-se dos resultados dos especialistas; e

- iii) apesar de as heurísticas *PHEG* contemplarem características de jogabilidade, não são considerados alguns elementos importantes, que, segundo Anetta [9] são fundamentais para a boa qualidade de qualquer JED, como por exemplo, identidade, imersão, níveis de complexidade, entre outros (esses elementos são descritos com mais detalhes no decorrer deste texto).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é estender o conjunto de heurísticas *PHEG* [7], propondo então, um novo conjunto de heurísticas, denominado *HEDEG (Heuristic Evaluation for Digital Educational Games)*. Essa extensão será realizada de duas maneiras: i) criando novas heurísticas que contemplem outros elementos de qualidade dos JEDs, que não foram consideradas no conjunto *PHEG*; e ii) adaptando algumas heurísticas *PHEG*, com o intuito de torná-las mais objetivas, podendo propiciar assim uma avaliação com maior confiança por parte dos avaliadores. Além disso, com essa adaptação, pretende-se possibilitar a obtenção de bons resultados da avaliação, mesmo por avaliadores com menor experiência (não especialistas).

Para verificar a aplicabilidade e eficiência do conjunto de heurísticas proposto neste trabalho, o JED *Carmen Sandiego*¹ foi avaliado por meio dos conjuntos *HEDEG* e *PHEG*. Observou-se que o conjunto *HEDEG*, proposto neste trabalho, apresentou melhor eficiência com 99% de certeza, alcançando melhores resultados em todas as categorias do conjunto. As eficiência médias dos conjuntos *HEDEG* e *PHEG* foram 71,24% e 41,95%, respectivamente. É importante ressaltar que quanto mais próximo de 100% esses valores estiverem melhor será sua eficiência.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os principais conceitos sobre Jogos Educacionais Digitais e suas características de qualidade. A Seção 3 apresenta os conceitos relacionados à Avaliação Heurística e os trabalhos já existentes sobre heurísticas para avaliação de JEDs. A Seção 4 apresenta o conjunto de heurísticas *HEDEG*, proposto neste trabalho. A Seção 5 apresenta a aplicação das heurísticas *HEDEG* em um JED bem conhecido, denominado *Carmen Sandiego* [10], bem como a análise dos resultados obtidos. Por último, na Seção 6 são apresentadas as considerações finais e as propostas de trabalhos futuros.

2. JOGOS EDUCACIONAIS DIGITAIS

Conseguir desviar a atenção que os alunos dispensam aos jogos para atividades educacionais não é uma tarefa simples. Por isso, tem aumentado cada vez mais, o número de pesquisas que tentam encontrar formas de unir ensino e diversão, por meio do desenvolvimento de Jogos Educacionais Digitais (JEDs) [11]. Por proporcionarem práticas educacionais atrativas e inovadoras, nas quais o aluno tem a chance de aprender de forma mais ativa, dinâmica e motivadora, os JEDs têm se tornado importantes ferramentas complementares no processo de ensino e aprendizagem [12].

Muitos estudos na área do desenvolvimento de JEDs vêm ganhando espaço no mundo da tecnologia e percebe-se a grande necessidade desse tipo de estudo para a construção de jogos de qualidade [13, 14]. Em 2010, Anetta [9] publicou um artigo que disponibilizava uma lista de seis elementos fundamentais que todo

¹ <http://ziggi.uol.com.br/downloads/where-in-the-world-is-carmen-sandiego>

JED deve possuir para ser considerado de boa qualidade. Tal pesquisa baseou-se em 12 (doze) anos de estudos relacionados a JEDs. Os elementos propostos por Anetta, são:

- **Identidade:** segundo o autor, este é o primeiro elemento que deve existir em um JED de boa qualidade. Por meio dele, o aluno pode se sentir parte do jogo e ainda acreditar que está realmente identificado no ambiente do mesmo. Isso pode permitir que ele não limite suas emoções e metas, realizando seus objetivos de forma mais prazerosa. Em muitos jogos modernos, a identidade do usuário é representada por meio de um personagem único chamado *avatar*². A utilização de personagens do tipo *avatar* pode aumentar a presença social e construir uma forte interação entre os alunos e o jogo desenvolvido;
- **Imersão:** estar imerso em ambientes de JEDs significa que os usuários devem estar envolvidos com os conteúdos do jogo. Quando os usuários tem um sentido de identidade e estão imersos, tornam-se motivados a prosseguir transpondo os obstáculos do jogo, a fim de atingir seus objetivos, ou seja, entram em um estado de fluxo³;
- **Interatividade:** esse elemento permite que os alunos sejam comunicadores sociais, interagindo com outros usuários, em um ambiente *multiplayer*, ou com a máquina, por meio de personagens *NPC (Non Player Character)*. Quando JEDs são *multiplayers*, a distância geográfica deixa de ser um problema, o que pode fazer com que a comunicação se torne a força motriz por trás do sucesso do jogo;
- **Níveis de Complexidade:** bons jogos educacionais geralmente possuem diversos níveis de complexidade, que são alterados no decorrer do jogo. Esses níveis são fundamentados com base no mundo virtual ao qual o aluno está envolvido (por exemplo, o ambiente/cenário do jogo) e também com as características individuais de cada aluno (por exemplo, sua faixa etária), bem como aquelas desenvolvidas por ele ao longo do jogo (por exemplo, há diferentes níveis de complexidade para cada fase do jogo);
- **Análise de Desempenho:** prover *feedbacks* ao professor por meio de identificação dos usuários, tempo de jogo e localização do mesmo dentro dos ambientes virtuais, pode permitir uma análise do desempenho do aluno e ainda dar indícios do nível de aprendizado alcançado pelo mesmo no jogo; e
- **Instrutivo:** a geração “rede” ou “nativos digitais”, [17; 9], possui a característica de prosperar em ambientes desafiadores, adaptando-se aos desafios propostos. Essa geração tornou-se multitarefa, na qual os jovens realizam diversas atividades ao mesmo tempo. O elemento instrutivo define a capacidade de um JED em compreender os pontos fortes e fracos do aluno e

adaptar o ambiente do jogo, conforme o objetivo final de aprendizagem. Além disso, tal elemento, quando presente em um JED, deve possibilitar um aprendizado implícito, ou seja, o aluno não deve perceber que está aprendendo enquanto joga.

Segundo Valente [18], muitos pesquisadores acreditam que um aluno pode instruir-se melhor quando ele é livre para aprender, descobrindo relações por ele mesmo, ao invés de ser ensinado. O uso de JEDs é uma alternativa para se alcançar este objetivo. Porém, para que isso aconteça, os JEDs devem possuir elementos de boa qualidade, como os que foram citados anteriormente, podendo assim, contribuir com o processo de ensino e aprendizagem.

Para verificar a existência de problemas que indiquem a baixa qualidade de um JED, uma alternativa é a utilização de técnicas de avaliação de software, como a Avaliação Heurística. Neste sentido, a Seção 3 apresenta os principais conceitos inerentes à Avaliação Heurística, bem como os trabalhos relacionados à Avaliação Heurística para JEDs.

3. TRABALHOS RELACIONADOS

Dentre os vários métodos existentes para avaliação de software, a avaliação por meio de heurísticas (*Heuristic Evaluation - HE*) possui grande destaque, pois permite uma avaliação rápida, barata e eficiente e que pode ser realizada em qualquer fase de desenvolvimento de um software [6; 7]. Sendo assim, pode-se reduzir gastos de recursos importantes, como tempo e dinheiro, pelas organizações desenvolvedoras [6]. Para realizar uma avaliação heurística, é necessário envolver uma equipe de avaliadores especialistas. Segundo Nielsen, essa equipe deve conter, no mínimo, três avaliadores e, no máximo, cinco avaliadores. Se a quantidade de avaliadores for muito pequena, a avaliação heurística pode resultar na detecção de poucos problemas e se for excedida essa quantidade, pode-se reduzir o benefício desse tipo de avaliação, em relação ao seu custo para aplicação [7].

Durante a realização de uma avaliação heurística, os avaliadores analisam um conjunto de heurísticas pré-definido e buscam por problemas no software em análise que violem tais heurísticas. Uma vez encontrados esses problemas, os mesmos avaliadores atribuem notas a eles, que determinam o grau de severidade de cada problema encontrado. Ao final, o coordenador da avaliação consolida os problemas levantados em uma única planilha para análise dos dados coletados.

Diversas pesquisas relacionadas à avaliação heurísticas têm sido realizadas, um exemplo, são as bem conhecidas heurísticas criadas por Nielsen em 1994, que tem como objetivo, avaliar a qualidade de interfaces de *websites*, em relação a sua usabilidade.

Diante dos diversos benefícios que os JEDs podem trazer, há um interesse da comunidade científica em avaliar se essas ferramentas possuem qualidade suficiente para serem inseridas no ambiente educacional, de forma que os objetivos técnicos e pedagógicos sejam atingidos [7]. Entretanto, por serem genéricas, as heurísticas propostas por Nielsen [6], se aplicadas para avaliação de JEDs, podem não capturar defeitos relacionados a características específicas de JEDs, como por exemplo, a jogabilidade e elementos educacionais.

Neste sentido, Desurvire [19] criou uma lista de heurísticas para avaliação da jogabilidade dos JEDs, denominada *HEP*

² Personagem que representa o usuário no jogo e que é exibido em primeira pessoa [15].

³ Estado de fluxo é o estado em que as pessoas estão tão envolvidas em uma atividade que nada mais parece importar, ou seja, o usuário perde o sentido de tempo e espaço no jogo[16].

(*Heuristics for Evaluating Playability*). O objetivo dessa pesquisa foi comparar os resultados de avaliações de jogos realizadas por meio de duas técnicas distintas, a saber: i) a avaliação heurística; e ii) testes com usuários. Com relação à primeira técnica, os avaliadores aplicaram os procedimentos de uma avaliação heurística, como descrito anteriormente; já para a segunda técnica, os alunos analisaram as características dos jogos e posteriormente geraram comentários, descrições de falhas e erros, entre outros. Esse conjunto de heurísticas foi dividido em quatro categorias, de acordo com suas características: i) **jogo**: é o conjunto de problemas e desafios que o aluno deve enfrentar para ganhar o jogo proposto; ii) **história do jogo**: inclui todo o enredo e o desenvolvimento de personagens do jogo; iii) **mecânica de jogo**: envolve a programação que fornece a estrutura pela qual as unidades devem interagir com o ambiente e o jogo; e iv) **usabilidade**: aborda a interface e engloba os elementos que o aluno utiliza para interagir com o jogo (por exemplo, mouse, teclado, controladores, entre outros). Após utilizar essas heurísticas para avaliação de um jogo, notou-se que a avaliação realizada com a primeira técnica, ou seja, a avaliação heurística apresentou melhores resultados para características de usabilidade e história do jogo. Entretanto as heurísticas que estavam relacionadas a “mecânica” e “jogo”, apresentaram resultados insatisfatórios, pois, segundo o autor, o jogo avaliado ainda estava em fase de desenvolvimento.

Uma limitação deste trabalho é que o conjunto de heurísticas proposto pelo autor contempla apenas características relacionadas à jogabilidade de um JED, deixando de avaliar outras características importantes, como aquelas relacionadas aos elementos educacionais.

Outro estudo recente sobre avaliação heurística para JEDs foi realizado por Mohamed e Jaafar em 2012 [7], no qual criou-se um conjunto de cinco categorias de heurísticas, denominadas *PHEG* (*Playability Heuristic Evaluation for Educational Computer Games*), que estão relacionados às seguintes características de um JED: i) interface (IN); ii) elementos educacionais (ED); iii) conteúdo (CN); iv) jogabilidade (PL); e v) multimídia (MM). Cada categoria possui um conjunto de heurísticas relacionadas a essas características, totalizando, trinta e sete heurísticas. Neste trabalho, um jogo relacionado à disciplina de Banco de Dados foi avaliado por um conjunto avaliadores especialistas, utilizando as heurísticas *PHEG*. É importante salientar que os avaliadores aplicaram apenas as heurísticas de sua especialidade, ou seja, o especialista em interface aplicou apenas as heurísticas da categoria IN, assim sucessivamente [7]. Quando os avaliadores encontravam algum problema no JED sob análise, os mesmos classificavam esses problemas com relação a um grau de severidade, que varia entre cinco conceitos que são: i) 0 - Nenhum problema foi encontrado; ii) 1 - Problema estético; iii) 2 - Problema de baixa prioridade; iv) 3 - Problema de maior prioridade; v) 4 - Problema catástrofe. Além das heurísticas, os autores, desenvolveram ainda uma ferramenta conhecida como *AHP_HeGES*, que apoia o processo de avaliação heurística. Esta ferramenta consiste em um sistema *web* que pode ser usado por especialistas para conduzir o processo de avaliação, sendo capaz de lidar com especialistas de várias origens e que podem estar dispersos geograficamente.

Entretanto, o conjunto de heurísticas proposto por Mohamed e Jaafar [7], apresenta algumas limitações, como já comentado na introdução deste trabalho: i) as heurísticas *PHEG* são descritas de forma subjetiva; ii) somente avaliadores especialistas podem

utilizar as heurísticas *PHEG*; e iii) apesar das heurísticas *PHEG* contemplarem características de jogabilidade, não são considerados alguns elementos importantes, como por exemplo, identidade, imersão, níveis de complexidade, entre outros.

Sendo assim, percebe-se a necessidade da criação de um novo conjunto de heurísticas que contemplem algumas características essenciais de JEDs, não atendidas pelos trabalhos citados anteriormente. A Seção 4 apresenta um conjunto de heurísticas, denominado *HEDEG*, para avaliação de JEDs, com base nos elementos abordados por Anetta, bem como em trabalhos relacionados à avaliação heurística de JEDs [7].

4. HEURÍSTICAS HEDEG

O novo conjunto de heurísticas proposto neste trabalho, denominado *HEDEG* (*Heuristic Evaluation for Digital Educational Games*), foi fundamentado com base em: i) experiências de especialistas nas áreas de multimídia, interface, jogos e educação; ii) trabalhos relacionados às características que bons JEDs devem possuir [9]; iii) um conjunto de heurísticas para avaliação de JEDs, propostos por Mohamed e Jaafar [7], a saber o conjunto *PHEG*.

Assim como foi realizado no trabalho de [7], o conjunto de heurísticas *HEDEG* está subdividido nas seguintes categorias: i) **interface** (IN): relacionada com os elementos que permitem a comunicação entre os alunos e o ambiente do jogo; ii) **elementos educacionais** (ED): relacionada com os elementos que permitem a construção de conhecimentos por parte dos alunos; iii) **conteúdo** (CN): relacionada com os elementos de conteúdo das disciplinas, que os alunos irão praticar no decorrer do jogo; iv) **jogabilidade** (JG): consiste de elementos relacionados à experiência do jogador, durante sua interação com o jogo; v) **multimídia** (MM): relacionada a elementos de multimídia do jogo, como por exemplo, sons, imagens, vídeos, entre outros.

As heurísticas dos Quadros 1 e 2 apresentam o conjunto de heurísticas *PHEG*, bem como a formação do conjunto de heurísticas *HEDEG*, sendo que esse pode ser formado a partir de três situações que são: i) heurísticas traduzidas do conjunto *PHEG*, pois estavam descritas originalmente de forma clara, permitindo assim que avaliadores com pouca experiência pudessem aplicá-las com segurança; ii) heurísticas que foram adaptadas do conjunto *PHEG*, para que os avaliadores possam utilizá-las em suas análises com maior segurança de entendimento. Para isso fez-se necessário reescrever tais heurísticas de forma mais clara. Para que a adaptação mantivesse a mesma semântica das heurísticas originais, especialistas em cada tipo de categoria foram consultados; e iii) heurísticas inéditas, sendo que essas foram criadas a partir de experiências de especialistas, juntamente com as características elencadas por Anetta, na qual o mesmo lista características que são essenciais a qualquer JED para que ele possa ser considerado de boa qualidade.

É importante ressaltar também, que quatro heurísticas do conjunto *PHEG* não foram incluídas no conjunto *HEDEG*. As heurísticas não incluídas e a respectiva justificativa para isso são apresentadas a seguir:

Quadro 1. Heurísticas para avaliação de Jogos Educacionais Digitais (Parte 1 de 2).

Heurísticas HEDEG		Heurísticas PHEG	
Heurísticas de Interface		Heurísticas de Interface	
IN 1	O usuário conhece sua localização e visualiza facilmente seu <i>status</i> no jogo.	IN 1	Visibilidade do estado do sistema.
IN 2	Há correspondência entre elementos do mundo real e do ambiente virtual do jogo.	IN 2	Há correspondência entre o sistema e o mundo real.
IN 3	O usuário tem o controle livre sobre suas ações no ambiente do jogo.	IN 3	No jogo o usuário possui controle e liberdade.
IN 4	Os elementos existentes no jogo são consistentes e padronizados.	IN 4	No jogo há consistência e padrões.
IN 5	Os elementos do jogo são capazes de evitar o erro do usuário.	IN 5	No jogo há prevenção de erros.
IN 6	Os elementos do jogo são sugestivos a ponto de permitir que o usuário jogue sem precisar recorrer a manuais e outros tipos de ajuda.	IN 6	Há o reconhecimento ao invés do recall.
IN 7	Os elementos do jogo permitem que o usuário realize suas tarefas de forma eficiente, ou seja, com menor esforço possível.	IN 7	Há flexibilidade e eficiência na utilização do jogo.
IN 8	A quantidade de elementos do jogo é suficiente para que o usuário atinja seus objetivos sem confundi-lo.	IN 8	No jogo existe uma estética e design minimalista.
IN 9	O jogo possui elementos que ajudem o usuário a reconhecer, diagnosticar e se recuperarem dos erros cometidos.	IN 9	O jogo possui elementos que ajudem o usuário a reconhecer, diagnosticar e se recuperarem dos erros cometidos.
IN 10	O jogo possui elementos de ajuda e documentação ao usuário.	IN 10	O jogo possui elementos de ajuda e documentação ao usuário.
Heurísticas de Elementos Educacionais		Heurísticas de Elementos Educacionais	
ED 1	O usuário deve ser capaz de reconhecer nos elementos do jogo, quais são os objetivos de aprendizagem contemplados por eles.	ED 1	O usuário deve ser capaz de reconhecer nos elementos do jogo, quais são os objetivos de aprendizagem contemplados por eles.
EXCLUÍDA		ED 2	O jogo é apropriado para o processo de aprendizagem
ED 2	O jogo deve permitir que seus usuários possam ter maior autonomia do processo de aprendizagem, (re)configurando suas atividades, objetivos de aprendizagem, entre outros.	ED 3	O jogo funciona como ferramentas de aprendizagem auto-dirigida.
ED 3	Os elementos do jogo são criados de forma a contemplar diferentes níveis de aprendizagem, por exemplo, iniciante, intermediário e avançado.	ED 4	No jogo há diferentes de níveis de aprendizagem.
ED 4	O jogo possui elementos que permitam ao usuário reconhecer seu progresso ao longo do processo de aprendizagem.	ED 5	O jogo fornece <i>feedback</i> sobre o conhecimento que está sendo construído.
ED 5	O jogo oferece ao usuário a possibilidade de escolher o nível de dificuldade do mesmo.	ED 6	O jogo oferece ao usuário a possibilidade de escolher o nível de dificuldade do mesmo.
ED 6	O jogo possui característica de adaptabilidade, no sentido de que os pontos fortes e fracos dos usuários são reconhecidos e os elementos do jogo se adaptam a eles.		
Heurísticas de Conteúdo		Heurísticas de Conteúdo	
CN 1	O conteúdo educacional pretendido para o jogo é representado corretamente por seus elementos (consistente, sem ambiguidade e completo), bem como pelo fluxo de execução do jogo.	CN 1	O Conteúdo do jogo é confiável e comprovado de acordo com o fluxo de programa correto.
		CN 2	O jogo possui uma estrutura clara dos conteúdos.
		CN 3	O jogo possui uma tela de navegação precisa.
CN 2	O jogo possui elementos de ajuda e documentação relacionados aos conteúdos de aprendizagem abordados.	CN 4	No jogo os materiais de aprendizagem são relevantes.
CN 3	Os elementos de ajuda e documentação relacionados aos conteúdos de aprendizagem devem ser atrativos para o usuário, com base nas especificidades de cada tipo de usuário, por exemplo, em sua faixa etária.	CN 5	No jogo os materiais de conteúdo são envolventes
CN 4	Os elementos de ajuda e documentação relacionados aos conteúdos de aprendizagem devem estar integrados ao jogo.		
CN 5	O conteúdo educacional é apresentado de forma implícita ao usuário, por meio dos elementos do jogo.		
CN 6	O conteúdo educacional é particionado em tópicos e/ou subtópicos no jogo, por meio de seus elementos.	CN 6	O conteúdo do jogo é baseado em tópicos e sub tópicos.
		Legenda	
	Heurísticas traduzidas	Heurísticas adaptadas	Heurísticas criadas

- i) **Heurística:** “o jogo é apropriado para o processo de aprendizagem”. **Justificativa:** essa heurística não foi considerada, pois avaliar se um jogo é apropriado ou não para o processo de aprendizagem não é uma tarefa fácil. Segundo os especialistas consultados para confecção das heurísticas *HEDEG*, para isto seria necessário um processo de avaliação mais robusto, envolvendo testes com alunos em um período de tempo mais prolongado;
- ii) **Heurística:** “o usuário é capaz de sentir vontade de jogar novamente o jogo”. **Justificativa:** trata-se da mesma justificativa descrita no tópico (i);

- iii) **Heurística:** “o jogo permite que os usuários identifiquem sua pontuação no jogo”. **Justificativa:** esta característica de jogabilidade, permite observar a pontuação do aluno no ambiente do jogo, é contemplada pela heurística de interface IN 1, que especifica que o jogo deve oferecer a capacidade do aluno observar seu *status* no jogo; e
- iv) **Heurística:** “número de elementos multimídia para cada tela não ultrapassa dois elementos”. **Justificativa:** essa heurística não foi considerada, pois não há fundamentação teórica explícita para escolha de apenas dois elementos de multimídia por tela. O consenso entre

os especialistas consultados para condução desta pesquisa é que a quantidade de elementos de multimídia pode variar de jogo para jogo, dependendo inclusive de características individuais do aluno, como sua faixa etária. Sendo assim, o mais apropriado é que a quantidade de elementos de multimídia seja suficiente para que o usuário atinja seu objetivo, sem confundir-lo, já contemplado pela heurística IN 8 (Quadro 1).

É importante destacar que três heurísticas do conjunto *HEDEG* foram obtidas a partir de duas ou mais combinações das heurísticas *PHEG*. As heurísticas combinadas, juntamente com as heurísticas que elas contemplam e a respectiva justificativa para essa combinação são apresentadas a seguir:

Quadro 2. Heurísticas para avaliação de Jogos Educacionais Digitais (Parte 2 de 2).

Heurísticas <i>HEDEG</i>		Heurísticas <i>PHEG</i>	
Heurísticas de Jogabilidade		Heurísticas de Jogabilidade	
JG 1	O jogo fornece informações suficientes para que o usuário comece a jogar.	JG 1	O jogo fornece informações suficientes para que o usuário comece a jogar.
JG 2	As teclas de controle do jogo seguem padrões de convenção.	JG 2	As teclas de controle do jogo seguem padrões de convenção.
EXCLUÍDA		JG 3	O jogo permite que os usuários identifiquem sua pontuação no jogo.
JG 3	Os usuários são capazes de salvar os jogos em diferentes estados ao longo do jogo.	JG 4	O usuário é capaz de salvar o jogo em diferentes estados.
JG 4	Os usuários que completaram com sucesso um estágio do jogo são recompensados.	JG 5	Os usuários que são bem sucedidos na realização de todas as atividades e são recompensados.
JG 5	Os elementos do jogo, por exemplo, desafios, não devem frustrar os usuários do jogo.	JG 6	Os desafios do jogo podem ser considerados como experiências positivas para os jogadores.
EXCLUÍDA		JG 7	O usuário é capaz de sentir vontade de jogar novamente o jogo.
JG 6	Os elementos do jogo garantem identidade ao usuário, ou seja, é possível que o usuário construa o elemento que o representa no jogo (por exemplo, seu avatar), bem como o cenário em que ele estará envolvido, de acordo com as próprias preferências.		
JG 7	Os elementos do jogo dão a sensação de imersão ao usuário, ou seja, permite que ele se sinta parte do ambiente, conseguindo identificar e interagir com objetos do cenário.		
JG 8	O jogo possui elementos que permitam ao usuário se comunicar com outros usuários, bem como com objetos do tipo NPC (Non-player Character), com o intuito de alcançar seus objetivos.		
JG 9	O jogo é capaz de oferecer ao usuário a capacidade de realizar mais de uma tarefa ao mesmo tempo.		
Heurísticas de Multimídia		Heurísticas de Multimídia	
MM 1	O usuário deve ser capaz de reconhecer nos elementos de multimídia do jogo, quais são os objetivos contemplados por eles.	MM 1	Cada elemento multimídia do jogo é utilizado com um propósito claro.
MM 2	Há correspondência entre os elementos de multimídia utilizados no jogo e os conteúdos de aprendizagem contemplados no mesmo.	MM 2	O uso dos elementos multimídia apoiam significativamente as informações fornecidas.
MM 3	As combinações entre os elementos de multimídia utilizados no jogo e apresentadas ao usuário são consistentes e representativas.	MM 3	O uso dos elementos de multimídia é adequado com o conteúdo.
EXCLUÍDA		MM 4	As combinações dos elementos de multimídia são adequadas.
MM 4	A qualidade dos elementos de multimídia utilizados é suficiente para que o usuário compreenda seu propósito (objetivo).	MM 5	Os elementos de multimídia são bem gerenciados.
MM 5	Os elementos de multimídia do jogo contribuem com a apresentação do conteúdo de aprendizagem, tornando-o mais atrativo.	MM 6	O número de elementos multimídia para cada tela não ultrapassa dois elementos
		MM 7	A qualidade dos elementos de multimídia utilizados é boa.
		MM 8	O uso de elementos multimídia melhora a apresentação dos conteúdos.
Legenda			
		Heurísticas traduzidas	Heurísticas adaptadas
		Heurísticas criadas	

- i) **Heurística:** “o conteúdo educacional pretendido para o jogo é representado corretamente por seus elementos (consistente, sem ambiguidade e completo), bem como pelo fluxo de execução do jogo”. **Heurísticas do conjunto *PHEG* combinadas:** i) “o conteúdo do jogo é confiável e comprovado de acordo com o fluxo de programa correto”; ii) “o jogo possui uma estrutura clara dos conteúdos”; e iii) “o jogo possui uma tela de navegação precisa”. **Justificativa:** essas heurísticas foram combinadas, pois em sua essência, elas especificam quais são os elementos do jogo que devem representar de forma correta o conteúdo educacional pretendido;
- ii) **Heurística:** “o usuário deve ser capaz de reconhecer nos elementos de multimídia do jogo, quais são os objetivos contemplados por eles”. **Heurísticas do conjunto *PHEG* combinadas:** i) “cada elemento multimídia do

jogo é utilizado com um propósito claro”; e ii) “o uso dos elementos multimídia apoiam significativamente as informações fornecidas”. **Justificativa:** essas heurísticas foram combinadas, pois as descrições das mesmas são similares; e

- iii) **Heurística:** “as combinações entre os elementos de multimídia utilizados no jogo e apresentadas ao usuário são consistentes e representativas”. **Heurísticas do conjunto *PHEG* combinadas:** i) “as combinações dos elementos de multimídia são adequadas”; e ii) “os elementos de multimídia são bem gerenciados”. **Justificativa:** de modo análogo, possui a mesma justificativa do tópico (i).

5. AVALIAÇÃO DAS HEURÍSTICAS

HEDEG

Nesta seção são apresentados o planejamento e a condução da avaliação das heurísticas *HEDEG*.

5.1 Definição da Avaliação

O objetivo desta avaliação é verificar qual dos conjuntos de heurísticas, *HEDEG* ou *PHEG*, apresenta melhor eficiência quanto à identificação de problemas em Jogos Educacionais Digitais (JEDs), em diferentes categorias, por exemplo, interface, educacional, entre outras, por avaliadores não especialistas.

No contexto desta avaliação, eficiência está relacionada a quão próximo está o grau de severidade atribuído pelos usuários não especialistas do grau de severidade atribuído pelos usuários especialistas. Isso é importante, pois como a avaliação também foi conduzida por não especialistas (conforme é explicado posteriormente neste trabalho), pode ser que eles tenham identificado problemas com graus de severidade maior ou menor do que devia ser. O cálculo das variáveis E_{HEDEG} (Eficiência do Grupo de Heurísticas *HEDEG*) e E_{PHEG} (Eficiência do Grupo de Heurísticas *PHEG*) é dado, respectivamente, pelas Fórmulas 1 e 2.

E_{HEDEG} e E_{PHEG} variam de 0 (zero) à 100 (cem) por cento e quanto mais próximos de 100%, mais coerentes com os graus de severidade dados pelos especialistas foram os graus dados pelos avaliadores não especialistas.

Como exemplo para o cálculo da Fórmula 1, supõe-se dois grupos de avaliadores não especialistas, *A* e *B*, sendo que *A* utilizou as heurísticas *HEDEG* e *B* utilizou as heurísticas *PHEG*.

Se $GSE_{HEDEG} \geq GSNE_{HEDEG}$, então $E_{HEDEG} = (GSE_{HEDEG}/GSNE_{HEDEG} * 100)$, Senão $E_{HEDEG} = (GSNE_{HEDEG}/GSE_{HEDEG} * 100)$	(1)
Se $GSE_{PHEG} \geq GSNE_{PHEG}$, então $E_{PHEG} = (GSE_{PHEG}/GSNE_{PHEG} * 100)$, Senão $E_{PHEG} = (GSNE_{PHEG}/GSE_{PHEG} * 100)$	(2)

Supondo ainda que a média dos graus de severidade dos avaliadores dos grupos *A* e *B* para a categoria “Interface” de um jogo sejam iguais a 3.5 e 2.0, respectivamente, então $GSNE_{HEDEG} = 3.5$ e $GSNE_{PHEG} = 2.0$. Entretanto, outros dois grupos de avaliadores *A'* e *B'*, desta vez, especialistas, chegaram às seguintes médias de grau de severidade para a categoria “Interface” do mesmo jogo: $GSE_{HEDEG} = 3.0$ e $GSE_{PHEG} = 0.8$. Sendo assim, $E_{HEDEG} = 85,71\%$ e $E_{PHEG} = 40\%$, ou seja, neste caso, os resultados obtidos pelos avaliadores não especialistas do Grupo *A* (que utilizaram o conjunto de heurísticas *HEDEG*), ficou mais próximo dos resultados dos especialistas, quando comparado aos resultados do Grupo *B*.

5.2 Planejamento da Avaliação

Nesta seção são apresentadas as etapas relacionadas ao planejamento desta avaliação, sendo elas: seleção do contexto, formulação das hipóteses e projeto do estudo avaliativo.

a) Seleção do contexto. A aplicação das heurísticas foi realizada com alunos de graduação do curso de Ciências da Computação – sendo estes, os avaliadores não especialistas (a afiliação dos alunos foi omitida devido ao processo de *blind review*). Além desses, avaliadores especialistas (professores do curso de Ciências

da Computação de disciplinas afins às categorias analisadas dos JEDs) foram selecionados com o intuito de validar o quão corretos estão os resultados obtidos pelos avaliadores não especialistas.

O JED *Carmen Sandiego* foi escolhido para aplicação desta avaliação heurística. Segundo Martins [10], esse jogo trata-se de um software de simulação, no qual o jogador assume o cargo de detetive e, a cada mistério desvendado, ele tem a possibilidade de conhecer diferentes lugares no mundo. Além de possuir características de aventura, esse JED apresenta alguns elementos educacionais, com conteúdos relacionados à geografia e história de diversos países, permitindo ao aluno conhecer particularidades dos mesmos, como: bandeiras, moedas, capitais, entre outros.

b) Formulação de hipóteses. Para a realização desse estudo, foram elaboradas duas hipóteses, que podem ser observadas no Quadro 3.

c) Projeto do estudo avaliativo. A distribuição dos avaliadores foi realizada colocando-se a mesma quantidade pessoas com a mesma experiência em cada grupo.

Quadro 3. Hipóteses do Estudo Avaliativo.

H0 (hipótese nula)	Não há diferença entre a eficiência para identificação de problemas em um JED, quando o conjunto de heurística <i>HEDEG</i> é utilizado, com relação à eficiência para identificação de problemas, quando o conjunto <i>PHEG</i> é utilizado, ou seja, $E_{HEDEG} = E_{PHEG}$.
H1 (hipótese alternativa)	Há diferença entre a eficiência para identificação de problemas em um JED, quando o conjunto de heurística <i>HEDEG</i> é utilizado, com relação à eficiência para identificação de problemas, quando o conjunto <i>PHEG</i> é utilizado, ou seja, $E_{HEDEG} \neq E_{PHEG}$.

Na avaliação proposta por este trabalho, foram utilizados três avaliadores em cada grupo, pois de acordo Nielsen [6], a equipe de avaliadores deve conter, no mínimo, três avaliadores e, no máximo, cinco avaliadores, pois se a quantidade de avaliadores for muito pequena, a avaliação heurística pode resultar na detecção de poucos problemas e se for excedida essa quantidade, pode-se reduzir o benefício desse tipo de avaliação, em relação ao seu custo para aplicação [7]. A experiência de cada avaliador, tanto especialistas quanto não especialistas, foi verificada por meio da aplicação de um questionário de caracterização de perfil, o qual possuía questões relacionadas aos assuntos “Avaliação Heurística”, “JEDs”, “jogo *Carmen Sandiego*” e às categorias analisadas de um JED, a saber, “Interface”, “Educação”, “Conteúdo”, “Jogabilidade” e “Multimídia”. Os documentos utilizados para a realização da avaliação foram:

- formulário de caracterização de perfil, conforme mencionado anteriormente;
- roteiro para avaliação do jogo. Esse documento possuía uma listagem de atividades/ações que os avaliadores deveriam realizar no jogo, com o intuito de abranger os elementos que estivessem relacionados às categorias de um JED, como interface, multimídia, entre outras; e
- formulário de avaliação. Nesse documento, o avaliador atribuía graus de severidade (de zero à quatro) aos problemas identificados no jogo, com base no conjunto de heurísticas disponível para análise.

O projeto do estudo avaliativo foi composto das seguintes fases: i) na primeira fase, o jogo foi avaliado por dois grupos de usuários não especialistas: Grupo *HEDEG* e Grupo *PHEG*; e ii) na segunda fase, o mesmo jogo foi avaliado por dois grupos de usuários

especialistas: Grupo *HEDEG* e Grupo *PHEG*. Isso foi feito para que, posteriormente, os resultados dos avaliadores especialistas e não especialistas pudessem ser confrontados a fim de se verificar qual conjunto de heurísticas é mais eficiente, principalmente, quando avaliadores não especialistas utilizados.

5.3 Análise dos Dados

Esta seção apresenta os dados coletados durante as duas fases deste estudo avaliativo, os quais estão dispostos na Tabela 1. Na primeira coluna da tabela são apresentadas as categorias de heurísticas avaliadas, por exemplo, interface, conteúdo, jogabilidade, entre outros.

A segunda e a terceira colunas apresentam as médias do grau de severidade dos problemas encontrados por categorias, utilizando as heurísticas *HEDEG* e *PHEG*, respectivamente. Essas médias são obtidas da seguinte forma: i) calcula-se a média aritmética dos graus de severidade atribuídos pelos avaliadores, por heurística; e ii) posteriormente, calcula-se a média aritmética dos graus de severidade das heurísticas que pertencem a uma mesma categoria.

Tabela 1. Médias dos graus de severidade de cada conjunto de heurísticas, obtidas por usuários especialistas e não especialistas.

FASE I – Não Especialistas		
Categorias	Grupo <i>HEDEG</i>	Grupo <i>PHEG</i>
IN	0,70	0,57
ED	1,17	1,08
CN	1,17	0,25
JG	0,78	0,48
MM	0,47	0,17
Média	0,85	0,51
FASE II – Especialistas		
Categorias	Grupo <i>HEDEG</i>	Grupo <i>PHEG</i>
IN	1,20	1,12
ED	1,33	1,64
CN	0,80	1,12
JG	0,44	1,00
MM	0,40	0,75
Média	0,83	1,12

Por exemplo, a categoria “Interface” possui dez heurísticas, o primeiro passo é realizar a média dos problemas encontrados pelos três avaliadores para cada uma dessas dez heurísticas, o segundo passo seria utilizar as dez médias do passo anterior para calcular a média dos graus de severidade da categoria “Interface”. Na Tabela 2 é possível observar a eficiência dos conjuntos de heurísticas *HEDEG* e *PHEG*, para cada categoria.

Tabela 2. Eficiência de cada conjunto de heurísticas.

Categorias	E_{HEDEG} (%)	E_{PHEG} (%)
IN	58,33	50,89
ED	87,97	65,85
CN	68,38	22,32
JG	56,41	48,00
MM	85,11	22,67
Média	71,24	41,95

A primeira coluna apresenta as categorias de heurísticas avaliadas. A segunda e a terceira coluna apresentam a eficiência dos problemas encontrados para cada categoria dos conjuntos *HEDEG* e *PHEG* respectivamente, no qual quanto mais próximos de 100% os valores forem apresentados, melhor será a eficiência do conjunto para a identificação de problemas. A eficiência *HEDEG* e *PHEG* podem ser obtida por meio das Fórmulas 1 e 2, respectivamente. Para melhor visualização dos dados da Tabela 2,

a Figura 1 apresenta uma comparação entre os conjuntos *HEDEG* e *PHEG*.

É importante observar que os resultados quanto às eficiências dos conjuntos *HEDEG* e *PHEG* para a identificação de problemas, encontrados na categoria Interface (IN), são quase semelhantes. Essa semelhança pode ter ocorrido, pelo fato de que nesta categoria houve apenas algumas adaptações para formação das heurísticas, pois as heurísticas originais, propostas pelo grupo *PHEG* para esta categoria, foram baseadas nas heurísticas de Nielsen [6]. Sendo assim, a sua adaptação teve apenas o intuito de torná-las mais objetivas para que pudessem ser utilizadas no processo de avaliação de JEDs por avaliadores não especialistas. É importante salientar, entretanto, que mesmo assim o conjunto *HEDEG* obteve melhor eficiência que o *PHEG* na categoria IN. Isso pode ter ocorrido devido às adaptações realizadas nas heurísticas originais do conjunto *PHEG*.

Ainda segundo a Figura 1, as categorias Conteúdo (CN) e Multimídia (MM) do conjunto *HEDEG* merecem destaque, quanto aos resultados alcançados, por terem mostrado melhora significativa quanto a eficiência, quando comparados às mesmas categorias do conjunto *PHEG*.

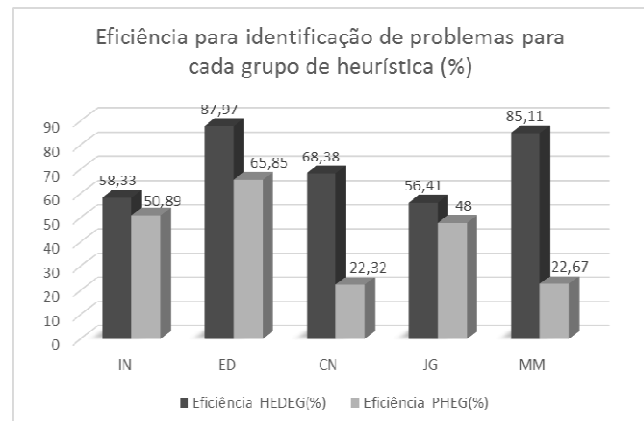


Figura 1. Porcentagem da eficiência para a identificação de problemas de JEDs, por meio dos conjuntos de heurísticas *HEDEG* e *PHEG*.

Este fato pode ser explicado pela forma como as heurísticas destas categorias foram criadas a partir de: i) adaptações de heurísticas já existentes; ii) exclusão de algumas heurísticas; iii) combinação entre heurísticas; e iv) criação de novas heurísticas que foram fundamentadas em características de qualidade de JEDs. Tudo isso pode ter levado a um melhor do entendimento das heurísticas, por parte dos avaliadores não especialistas, o que refletiu positivamente na eficiência do conjunto de heurísticas *HEDEG*.

5.4 Teste de Hipótese

Apesar de os valores apresentados no gráfico da Figura 1 proverem indícios de que o conjunto de heurísticas *HEDEG* obteve melhor eficiência, faz-se necessário realizar a análise estatística dos dados, por meio de testes de hipótese, com o intuito de garantir maior confiabilidade às afirmações realizadas. O objetivo do teste de hipótese é verificar se a hipótese nula (H_0) pode ser rejeitada (Quadro 3), com algum grau de significância, chegando assim, na aceitação da hipótese alternativa H_1 . O teste *t-student* [20] foi aplicado ao conjunto de dados obtido, comparando os valores médios de eficiência dos grupos de heurísticas *HEDEG* e *PHEG*, apresentados na Tabela 2 (E_{HEDEG} =

71,24 e $E_{PHEG} = 41,95$). Para os propósitos deste estudo avaliativo, utilizou-se o menor grau de significância possível para rejeitar a hipótese nula. Além disso, o maior grau de significância aceito para rejeitar a hipótese nula proposta neste trabalho foi de 5%, ou seja, a hipótese nula só será considerada rejeitada com um grau de confiança maior ou igual a 95%.

Antes de aplicar o teste de hipóteses (*t-student*), foi necessário obter indícios da normalidade dos conjuntos de dados. Para isso, aplicou-se o teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* [21] e seu resultado foi positivo para as amostras do estudo. A hipótese nula do teste *Shapiro-Wilk* é que o os dados estão distribuídos na forma normal. Caso o valor da probabilidade de se rejeitar incorretamente a hipótese nula em favor da hipótese alternativa (*W*) for maior do que a probabilidade de se aceitar corretamente a hipótese nula, para um determinado grau de significância (*p-value*), então a hipótese nula é aceita, ou seja, os dados são considerados normalizados. Neste trabalho, para o conjunto de valores da eficiência $E_{HEDEG} = \{58,33; 87,97; 68,38; 56,41; 85,11\}$, os dados foram considerados normalizados com grau de significância $p = 0.01$, pois $W = 0.86$ e $Threshold(p=0.01) = 0.68$. Para o conjunto e $E_{PHEG} = \{50,89; 65,85; 22,32; 48,00; 22,67\}$, os dados também foram considerados normalizados com grau de significância $p = 0.01$, $W = 0.886$ e $Threshold(p=0.01) = 0.68$.

Aplicando o teste *t-student*, com base nas médias das eficiências, $E_{HEDEG} = 71,24$ e $E_{PHEG} = 41,95$, a hipótese nula H_0 pode ser rejeitada com grau de significância $p = 0.02606$. Ou seja, com aproximadamente 99% de confiança, é possível afirmar que há diferença entre a eficiência para identificação de problemas em um JED, quando o conjunto de heurística *HEDEG* é utilizado, com relação à eficiência para identificação de problemas, quando o conjunto *PHEG* é utilizado. Além disso, como a média da eficiência do Grupo *HEDEG* foi maior do que a média da eficiência do Grupo *PHEG*, há indícios de que o conjunto de heurísticas *HEDEG* é mais adequado para avaliação de JEDs, principalmente, quando avaliadores não especialistas são utilizados.

5.5 Ameaças à Validade do Estudo

1) *Validade de Conclusão*. No caso deste estudo, o teste estatístico *t-student* foi adotado. Esse teste é o mais adequado para projetos em que se tem uma variável dependente (eficiência) e dois tratamentos distintos (grupos de heurísticas *PHEG* e *HEDEG*), no qual o objetivo é comparar as médias obtidas nos resultados dos dois tratamentos. O *t-student* usualmente requer dados normalmente distribuídos para comparação, dessa forma, o teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* foi aplicado e seu resultado foi positivo para as amostras do estudo.

2) *Validade Interna*. Um ponto que pode ter influenciado os resultados foi a utilização de alunos de graduação e professores do curso de Ciência da Computação como participantes do estudo. Contudo, não foram demonstradas expectativas a favor ou contra qualquer conjunto de heurísticas analisado, para que os avaliadores não fossem influenciados. Além disso, os estudantes e professores foram agrupados adequadamente conforme seus níveis de experiência para que os grupos ficassem homogêneos, evitando, dessa forma, discrepâncias com relação à experiência dos avaliadores. No caso dos alunos, nenhum tipo de recompensa ou favorecimentos quanto à nota em disciplinas do curso foi oferecida, de modo a não criar expectativas e evitar que se

comportassem com empenho anormal durante o estudo para obtenção de vantagens neste sentido.

3) *Validade Externa*. Outros fatores importantes que podem ter influenciado nos resultados são: i) o jogo escolhido; e ii) a qualidade dos formulários apresentados aos avaliadores. Pretende-se replicar tais experimentos com grupos de participantes e jogos diferentes, com o intuito de isolar os resultados obtidos com o estudo avaliativo dessas possíveis influências.

6. Considerações finais e trabalhos futuros

Os Jogos Educacionais Digitais (JEDs) têm sido largamente utilizados como importantes ferramentas que podem auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, podendo proporcionar práticas educacionais atrativas. Porém, os JEDs são inseridos no meio escolar a partir de suposições de seus benefícios, sem que haja uma avaliação formal para constatar seus reais benefícios no processo de aprendizagem dos alunos. Por esse motivo, há a necessidade de que os JEDs sejam avaliados, antes de serem utilizados com ferramentas que podem auxiliar os professores e alunos em um ambiente educacional.

Dentre as diversas técnicas para avaliação de software, incluindo os JEDs, a Avaliação Heurística tem se destacado por seus diversos benefícios, proporcionando uma avaliação rápida, barata, eficiente e que pode ser utilizada em qualquer fase de desenvolvimento do software. Porém as heurísticas para avaliação de JEDs já existentes possuem algumas limitações, como: i) são descritas de forma subjetiva o que deve ser evitado em qualquer processo de avaliação de software; ii) somente avaliadores especialista podem utiliza-las em um processo de avaliação, o que é algo recomendado por diversos pesquisadores como Nielsen. Porém, empresas de micro e pequeno porte não têm condições de contratar avaliadores desse nível, o que pode inviabilizar a utilização dos conjuntos já existentes para avaliação de JEDs; e iii) não contemplam características essenciais para que os JEDs sejam considerados de boa qualidade, como as elencadas por Annetta [9].

Sendo assim o conjunto de heurísticas *HEDEG* foi criado com o objetivo que, as limitações citadas anteriormente, fossem resolvidas. Para isso foi necessário criar novas heurísticas que fossem fundamentadas em características elencadas por Annetta, além disso, foi necessário ainda utilizar o conjunto *PHEG*, excluindo algumas heurísticas e adaptando outras para que fossem descritas de formas mais objetiva.

Para verificar a aplicabilidade e eficiência do conjunto *HEDEG*, desenvolvido neste trabalho, avaliou-se o JED *Carmen Sandiego* com as heurísticas *PHEG* e *HEDEG* por meio de avaliadores especialistas e não especialistas. Após a análise dos resultados obtidos na avaliação, foi possível refutar a hipótese notar que houve diferença na eficiência obtida com os conjuntos *HEDEG* e *PHEG*, sendo que o conjunto *HEDEG* obteve eficiência de 71,24% e o conjunto *PHEG*, de 41,95%. Após a realização de testes estatísticos, foi possível verificar, com 99% de certeza, que o conjunto *HEDEG* apresenta melhor eficiência se comparado com o conjunto *PHEG* na identificação de problemas com avaliadores não especialistas.

Como parte dos trabalhos futuros está a realização da avaliação de um JED com alunos e professores do ensino fundamental. O objetivo é verificar se os resultados obtidos na avaliação dos Jogos Educacionais Digitais (JED), quando são utilizados avaliadores não especialistas, são semelhantes às opiniões dos alunos/professores sobre o JED avaliado. Com isso, pretende-se

inserir jogos de boa qualidade em ambientes educacionais, os quais poderão fazer com que os alunos se sintam motivados a continuar a jogar, enquanto se relacionam com os conteúdos de aprendizagem incorporados a esses JEDs.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Leite, M D; Pessoa, C. A. S.; Ferraz, M. C. F.; Borba, R. E. S. R. (2009) "Softwares Educativos e Objetos de Aprendizagem: um olhar sobre a análise combinatória". Anais X Encontro Gaúcho de Educação Matemática-X EGEM, Ijuí.
- [2] Juca, S. C. S. (2006) "A relevância dos softwares educativos na educação profissional". Ciências e Cognição. vol. 08.
- [3] Tarouco, L. M. R., Roland, L. C., Fabre, M., and Konrath, M. L. P. (2004) "Jogos educacionais," Novas Tecnologias CINTED-UFRGS na Educação, vol. 2, no. 1, pp. 1-7.
- [4] Mattar, J. (2010) "Games em educação: como os nativos digitais aprendem". São Paulo: Person Prentice Hall.
- [5] Hays, R.T. (2005) "The Effectiveness of Instructional Games: A Literature Review and Discussion". Orlando: Naval Air Warfare Center Training System Division.
- [6] Nielsen, J. (1994) "Usability Inspection Methods." Conference companion on Human factors in computing systems. ACM, pp. 413-414.
- [7] Mohamed, H. and Jaafar, A. (2012) "Analyzing Critical Usability Problems In Educational Computer Game (UsaECG)." Proceedings of the IASTED International Conference on Human-Computer Interaction, Pages 162-168.
- [8] ISO/IEC 14598-4, International Standard. Information Technology - Software product evaluation - Part 4: Process for acquirers; Sep/ 1999.
- [9] Annetta, L. (2010) "The "I's" have it: A framework for serious educational game design," Review of General Psychology, vol. 14, no. 2, pp. 105-112.
- [10] Martins, K. L. (2002) "Teorias de aprendizagem e avaliação de software educativo." Teorias de aprendizagem e avaliação de software educativo.
- [11] Pereira, D. R. (2011) "O ensino através do computador: os tipos de softwares educativos e seu uso". Texto Livre: linguagem e tecnologia, vol. 1, no. 2.
- [12] Savi, R. and Ulbricht, V. R. (2008) "Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios," Novas Tecnologias na Educação, vol. 6, no. 2.
- [13] Inocêncio, A. C. G.; Parreira Júnior, P. A.; Valle, P. H. D.; Muniz, R. J.; Vilela, R. F.; Lima, W. A. (2013) "Processo Otimizado para o Desenvolvimento de Módulos Educacionais Digitais com o Envolvimento do Professor". In: 2º Seminário Nacional de Inclusão Digital, Passo Fundo.
- [14] Da Costa, J. A., Dos Reis, P. C. d. S. K. Silveira, S. R. (2010) "Jogo Educativo Digital Para Estimular O Processo De Aprendizagem Do Desenho Como Prática Projetual," VI Semana de Extensão, Pesquisa e Pós-Graduação do UniRitter, vol. Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [15] Cuperschmid, A. R. M.; Hildebrand, H. R. (2013) "Heurísticas de Jogabilidade: Usabilidade e Entretenimento em Jogos Digitais". 1 ed. Campinas: Marketing Aumentado, v. 1. pg. 134.
- [16] Csikszentmihalyi, M.; Csikszentmihalyi, I. (1975) "Beyond boredom and anxiety: The experience of play in work and games". San Francisco: Jossey-Bass, 1975.
- [17] Prensky, M. (2001) "Nativos digitais, imigrantes digitais". Horizon: NCB University Pres.
- [18] Valente, J. A. (2008) "Informática na educação: confrontar ou transformar a escola". Perspectiva, v. 13, n. 24, p. 41-49, 2008.
- [19] Desurvire, H., Caplan, M. Toth, J. A. (2004) "Using heuristics to evaluate the playability of games" CHI EA '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems pp. 1509-1512.
- [20] Montgomery D. C., (2000). "Design and Analysis of Experiments", 5 ed., Wiley.
- [21] Shapiro, S. S. and Wilk, M. B. (1965). "Analysis of variance test for normality (complete samples)", Biometrika 52: 591-611.