

Avaliação heurística de um ambiente gamificado para ensino de programação

Otávio Felipe dos Santos Frezato¹, Thiago Adriano Coleti², Pedro Henrique Dias Valle³

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Av. Alberto Carazzai, 1640 – 86.300-000 – Cornélio Procópio – PR – Brazil

²Universidade Estadual do Norte do Paraná - Centro de Ciências Tecnológicas
Rod. BR. 369, Km 54 – 86.360-000 – Bandeirantes – PR – Brazil

³Universidade Federal de Juiz de Fora - Instituto de Ciências Exatas
Rua José Lourenço Kelmer – 36.036-330 – Juiz de Fora – MG – Brazil

otaviofrezato@gmail.com, thiago.coleti@uenp.edu.br

pedrohenrique.valle@ufjf.br

Abstract. *Programming disciplines are considered abstract and difficult to understand. Different approaches have been proposed to amenities these problems, such as gamification. The BeeCrowd gamified environment has been used to support programming teaching since it helps students develop their skills by being an attractive, dynamic, and engaging environment. However, only some studies have explored evaluating these environments to verify their quality and contribution to teaching. Thus, this paper presents a heuristic evaluation of Bee-Crowd to analyze the main problems that can negatively impact students during the teaching and learning process.*

Resumo. *Disciplinas de programação são consideradas muito abstratas e de difícil compreensão. Para amenizar esses problemas, diferentes abordagens têm sido proposta, como a gamificação. Para apoiar o ensino de programação, o ambiente gamificado BeeCrowd tem sido utilizado, uma vez que ele ajuda os estudantes a desenvolver suas habilidades por ser um ambiente atrativo, dinâmico e engajador. Apesar disso, poucos estudos têm explorado a avaliação desses ambientes para verificar sua qualidade e contribuição para o ensino. Assim, este artigo apresenta uma avaliação heurística do BeeCrowd para analisar os principais problemas que podem impactar negativamente os estudantes durante o processo de ensino e aprendizagem.*

1. Introdução

O processo de ensino-aprendizagem em disciplinas da área de Computação é algo complexo, principalmente para aquelas disciplinas relacionadas a programação [Calderon et al. 2021]. Muitas vezes, tais disciplinas exigem que os estudantes desenvolvam diferentes habilidades como a alta capacidade cognitiva, resolução de problemas, raciocínio e pensamento lógico [Raj et al. 2018]. Nesse sentido, os docentes precisam adotar novas estratégias para apoiar o ensino-aprendizagem e proporcionar uma postura transformadora em sala de aula, criando um ambiente de aprendizagem mais atrativo e dinâmico para os estudantes [Acharya and Gayana 2020, Calderon et al. 2021].

Diante desse cenário, a gamificação tem sido utilizada para apoiar os estudantes a absorverem os conteúdos abordados em sala de aula, fornecendo um ambiente mais atrativo, dinâmico e engajador [de Souza et al. 2021, Calderon et al. 2021]. A gamificação pode ser definida como a utilização de elementos de jogos em ambientes fora de seu contexto original [Dichev and Dicheva 2017, Almeida et al. 2023]. Nesse sentido, são extraídas mecânicas, narrativas e dinâmicas de jogos para utilizá-las em outros ambientes, como na sala de aula [Busarello 2016, Toda et al. 2019]. Dentre os ambientes gamificados mais conhecidos para apoiar o ensino de programação, encontra-se o BeeCrowd¹.

O BeeCrowd é um ambiente gamificado que ajuda os estudantes a desenvolverem suas habilidades de programação, fornecendo um ambiente colaborativo para a resolução de diferentes exercícios que são divididos em categorias. Esse ambiente reúne uma grande quantidade de estudantes, programadores e docentes interessados em aprimorar seus conhecimentos em algoritmos e programação. Apesar disso, existem poucas evidências sobre a qualidade do BeeCrowd em relação a sua usabilidade e experiência de usuário.

Quando o projeto de uma aplicação educacional gamificada não é realizado de forma estruturada e os requisitos não são elicitados corretamente, os estudantes podem se deparar com diferentes efeitos negativos [Toda et al. 2019, Almeida et al. 2023], tais como: ansiedade, estresse, desmotivação, trapanças, entre outros. Portanto, vale a pena ressaltar a importância de se realizar um bom projeto de sistemas gamificados, desde a identificação de requisitos até a condução de uma avaliação detalhada para verificar a qualidade da aplicação desenvolvida.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo apresentar uma avaliação do ambiente de ensino de BeeCrowd, considerando as Heurísticas para Avaliação de Sistemas Educacionais Gamificados (HAEG) propostas por Frezato *et al.* (2023). Esta avaliação buscou identificar problemas que podem levar os estudantes a terem uma experiência negativa a partir da utilização desse ambiente. Os resultados obtidos mostraram que o BeeCrowd atende determinados conjuntos de heurísticas, mas precisa de melhorias em outros, em especial no que tange a orientação e *feedback* ao estudante. Esses resultados podem ser utilizados para aprimorar o BeeCrowd, bem como permitir aos docentes tomar medidas para mitigar problemas ou distorções encontrados na ferramenta e ainda não corrigidos/melhorados na plataforma.

O restante do trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentados os principais conceitos relacionados a Gamificação e as principais funcionalidade do ambiente BeeCrowd. Na Seção 3 é apresentado o conjunto de heurísticas, denominado HAEG, utilizado para avaliar o ambiente BeeCrowd. Na Seção 4 são discutidos os principais resultados da avaliação conduzida do BeeCrowd utilizando as HAEG. Por fim, na Seção 5, são apresentadas as principais considerações finais e trabalhos futuros.

2. Referencial Teórico

Nessa seção são apresentados os principais conceitos relacionados a gamificação, mostrando suas principais particularidades e benefícios, bem como o ambiente BeeCrowd que foi avaliado utilizando as HAEG para verificar sua usabilidade e experiência de usuário.

¹Disponível em: www.becrowd.com.br

2.1. Gamificação

Segundo Ogawa et al. (2016), a gamificação pode ser definida como o uso de elementos de jogos em ambientes fora do contexto original, ou seja, é uma técnica que extrai mecânicas e dinâmicas e as reutiliza em outros contextos. A gamificação pode envolver diversos conceitos que são importantes para a interação do usuário. Quando aplicada na área educacional tem por objetivo motivar e engajar os estudantes [Dichev and Dicheva 2017]. É importante lembrar que a gamificação não é apenas a aplicação da tecnologia aos antigos modelos de engajamento, como no caso da premiação de esquiadores com insígnias diferenciadas [Burke 2015]. A gamificação cria modelos de envolvimento completamente novos e seu alvo são as novas comunidades de pessoas, sendo que o seu objetivo é motivá-las para que atinjam metas que elas próprias desconhecem [Burke 2015].

A gamificação não se limita apenas a utilizar mecânicas de jogos, mas contempla a utilização destas para a resolução de problemas e para a motivação e o engajamento de um público determinado. Isso não significa necessariamente a participação em um jogo, mas a utilização dos elementos mais eficientes, presentes nas mecânicas, dinâmicas e estéticas, para produzir os mesmo benefícios que o ato de jogar proporciona [Busarello 2016]. Na literatura, observa-se que a gamificação pode ser fundamentada em dois tipos de acordo com o contexto da educação: a gamificação estrutural e a gamificação de conteúdo [Elos 2021]. A gamificação estrutural é aplicação de elementos gamificados que servem para motivar e engajar o estudante através do próprio conteúdo, sem que haja qualquer alteração ou mudança. Nesse contexto, o conteúdo pode ser diversificado, porém os elementos presentes nas aplicações são os ativos que mais influenciam o aluno [Elos 2021]. Enquanto a gamificação de conteúdo é a aplicação de elementos e conceitos de jogos que alteram o conteúdo, tornando-o mais interessante, e mais semelhante com um jogo, promovendo assim uma maior interação entre o conteúdo abordado e os usuários [Elos 2021].

2.2. BeeCrowd

O BeeCrowd² é uma plataforma que reúne uma comunidade de desenvolvedores que criam e disponibilizam exercícios com o objetivo de engajar estudantes, programadores e docentes no ensino, aprendizagem e prática de algoritmos. Ele contém um repositório com centenas de exercícios distribuídos em várias categorias (iniciante, ad-hoc, matemática, grafos etc) e é disponibilizado aos usuários, que podem solucioná-los em diversas linguagens de programação tais como Python, C, C++ Java e outras.

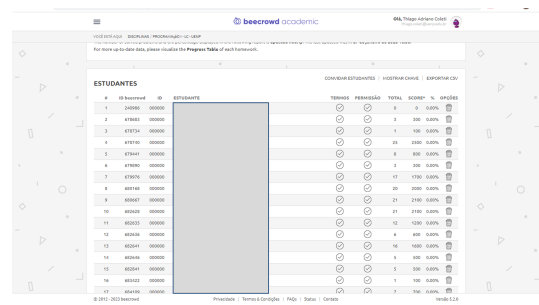
Aliado ao grande número de problemas disponíveis, está um sistema de ranqueamento, pontuação e classificação dos usuários, que permite a utilização da plataforma em instituições de ensino de Computação para apoiar o ensino de algoritmos e programação. Para utilizá-los, os alunos podem submeter resoluções para os exercícios, de forma independente, exemplo de *ranking* na Figura 1a, ou participando um de grupo acadêmico, criado e gerenciado por um docente de uma instituição de ensino, com exemplo de *ranking* na Figura 1b³.

²Disponível em: <https://www.becrowd.com.br>

³Os nomes dos alunos foram ocultados para preservar suas identidades e garantir sua privacidade de acordo com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD)



(a) Interface gráfica com ranking geral do BeeCrowd



(b) Interface gráfica com ranking de um grupo fechado no BeeCrowd

Figura 1. Protótipos para a habilidade Movimento de Pinça.

Assim, é possível utilizar o BeeCrowd como uma plataforma de gamificação, uma vez que recursos como ranqueamento e estatísticas de desempenho dos participantes podem engajar o estudante no estudo e prática de algoritmos.

2.3. Heurísticas para Avaliação de Sistemas Educacionais Gamificados

A avaliação heurística foi proposta por Nielsen e Molich (1994) como uma técnica de inspeção de usabilidade relativamente simples, barata e rápida para apoiar a identificação de problemas em interfaces gráficas [Silva et al. 2021]. Na avaliação heurística, os avaliadores exploram a interface gráfica analisando suas características em busca de aspectos relacionados a um conjunto de princípios chamados de heurísticas [Cybis et al. 2015].

Na literatura é possível identificar diversas heurísticas para as mais diversas finalidades e características de sistemas, tais como as Heurísticas de Nielsen [Nielsen 1994] para usabilidade; as heurísticas para jogos computacionais proposta por Valle *et al.* (2023) e as Heurísticas para Avaliação de Sistemas Educacionais Gamificados (HAEG) propostas por Frezato *et al.* (2023). As HAEG contemplam 7 categorias de heurísticas, que visam apoiar o processo de desenvolvimento e avaliação de sistemas educacionais com gamificação. As categorias e suas respectivas heurísticas serão apresentadas a seguir.

A primeira categoria é a **Usabilidade**, que contempla 13 heurísticas relacionadas à capacidade de interação do usuário, com foco na eficácia, na eficiência de utilização e na rapidez com que os usuários se adaptam a ele. As heurísticas dessa categoria são:

- U1: O usuário deve interagir facilmente com o ambiente;
- U2: O ambiente deve fornecer suporte para dúvidas dos usuários;
- U3: O ambiente deve distribuir igualmente seus componentes;
- U4: Os elementos extras do ambiente não devem tirar a atenção do usuário;
- U5: O ambiente não deve ter divergência entre idiomas;
- U6: O ambiente deve proporcionar um mecanismo de busca;
- U7: Os ícones deve ser intuitivos para mostrar verdadeiramente sua função;
- U8: O ambiente deve conter um mapa de onde o usuário se encontra;
- U9: O ambiente deve conter uma boa comunicabilidade com o usuário (intenções e princípios de cada elemento);
- U10: O ambiente deve ser fácil de utilizar;
- U11: O ambiente deve oferecer um passo a passo ao usuário, fazendo com que esteja sempre ciente de suas ações;

- U12 O ambiente deve conter boa adaptabilidade, e se adequar as necessidade do usuário;
- U13: O ambiente deve conter prevenção e tratamento de erros.

Na categoria de **Elementos Educacionais**, 06 heurísticas orientam quanto à capacidade do usuário reconhecer nos elementos dispostos na tela, quais são os objetivos do ambiente e quanto à autonomia no uso da aplicação, além de permitir reconhecer e escolher os níveis de dificuldade durante a aprendizagem. Contemplam essa categoria as seguintes heurísticas:

- ED1: O usuário deve ser capaz de reconhecer qual é o objetivo de aprendizagem do ambiente em que o mesmo se encontra;
- ED2: O usuário deve ter autonomia no processo de aprendizagem (reconfiguração do sistema de acordo com seus objetivos)
- ED3: O ambiente deve oferecer uma opção para o usuário escolher o nível de dificuldade de suas atividades
- ED4: O ambiente deve reconhecer as dificuldade que o usuário apresenta
- ED5: O ambiente deve fornecer um *feedback* ao final da utilização do sistema
- ED6: O ambiente deve oferecer opções de níveis de aprendizagem

A terceira categoria contempla questões sobre a **Experiência de Usuário** e foi criada com base no trabalho de Falavigna (2015), que discute sobre as sensações e emoções que os usuários vivenciam ao utilizar um produto de tecnologia. As heurísticas dessa categoria são:

- EU1: O ambiente deve fornecer mecanismo para ajudar na utilização das funcionalidades (*e.g.*, campo de busca);
- EU2: O ambiente deve estimular o aprendizado do aluno;
- EU3: O ambiente deve fornecer conteúdos que não dispersem o usuário o tópico educacional;
- EU4: O ambiente deve fornecer elementos interativos com a finalidade de melhorar a experiência do usuário;
- EU5: O ambiente deve sempre estar disponível para uso;
- EU6: O ambiente deve ter um bom desempenho (*e.g.*, velocidade de acesso, fluidez na navegação) durante a navegação do usuário;
- EU7: O ambiente deve fornecer uma boa estética para o usuário (limpa, clara, agradável, simétrico, bonito).

Já na categoria de **Elementos Multimídia**, 05 heurísticas orientam sobre a utilização de imagens, vídeos, sons e outros recursos de multimídia em ambientes educacionais gamificados. São elas:

- EM1: O ambiente deve fornecer imagens interativas que estimulem o usuário a buscar conhecimento;
- EM2: O ambiente pode fornecer mecanismo (*e.g.*, vídeos e tutoriais) para facilitar o entendimento e funcionamento do ambiente;
- EM3: O ambiente pode fornecer áudios de pessoas que são referência no conteúdo apresentado;
- EM4: O ambiente deve fornecer informações gráficas sobre *rankings*, tempo de acesso e desempenho dos alunos durante o uso;

- EM5: O ambiente deve ter a opção de fornecer downloads de determinados textos ao usuário.

Para aplicações criadas para **plataforma Web**,⁴ 04 heurísticas contemplam aspectos como: layouts, desempenho, facilidade de navegação, entre outros. São as seguintes heurísticas:

- W1: O ambiente deve dispor de funções para executar em plataformas *Web* ou *Mobile*;
- W2: Os *layouts* e códigos do sistema devem funcionar em aparelhos defasados;
- W3: O ambiente deve ter uma boa velocidade de acesso;
- W4: O ambiente deve ter telas mais compactas e de fácil navegação.

Por fim, a categoria **Elementos de Gamificação** contempla 9 heurísticas relacionadas a elementos de gamificação nas aplicações educacionais, são elas:

- EG1: O ambiente deve fornecer uma mecânica, como se o usuário estivesse em um jogo;
- EG2: O ambiente deve conter uma dinâmica, onde um assunto não passe despercebido antes do usuário passar para outro assunto;
- EG3: O usuário deve poder ver o seu progresso no ambiente gamificado e comparar os seus resultados;
- EG4: O ambiente deve assegurar que o usuário não tenha que recomeçar a atividade a partir de cada erro;
- EG5: O ambiente não deve apresentar tarefas repetitivas ou entediantes
- EG6: O ambiente deve motivar o usuário a querer sempre buscar o conhecimento;
- EG7: O aluno deve ser recompensado e suas recompensas devem ser significativas;
- EG8: O ambiente deve ter múltiplas maneiras de se completar uma atividade;
- EG9: O ambiente deve ter novidades, surpresas e violação das expectativas.

A próxima seção apresenta as ações conduzidas para avaliar a ferramenta Bee-Crowd com as HAEG.

3. Método de Pesquisa

Esta seção apresenta as ações conduzidas para realizar a avaliação da ferramenta Bee-Crowd utilizando as HAEG.

A condução desta avaliação foi realizada nas seguintes etapas: i) *Planejamento*: foram definidos os objetivos, a seleção dos participantes e o escopo da avaliação; ii) *Execução*: os participantes avaliaram/inspecionaram a aplicação com base na HAEG; iii) *Revisão*: o resultado foi discutido entre os responsáveis pela avaliação; e iv) *Conclusão*: os problemas são apresentados e eventuais melhorias são propostas.

⁴Também há uma categoria de Heurísticas para Plataforma Mobile, mas como não foi utilizada para a avaliação, a mesma foi suprimida do texto.

3.1. Planejamento e Execução

A avaliação do BeeCrowd ocorreu na Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), na disciplina de Programação - I, no segundo ano do curso de Licenciatura em Computação. A disciplina foi escolhida porque estava com cerca de 75% do conteúdo programático já realizado e os alunos já utilizavam o BeeCrowd como parte dos métodos e técnicas da disciplina e os alunos (participantes) já apresentavam certa experiência com a ferramenta.

Participaram da avaliação 18 alunos, sendo 16 homens e 2 mulheres, com idades entre 18 a 22 anos. Todos eram alunos com conhecimento intermediário em Computação e pouco conhecimento em execução de avaliação heurística, uma vez que não haviam cursado a disciplina de Interação Humano-Computador. Devido a isso, antes da avaliação foi apresentada uma explicação sobre os conceitos básicos de avaliação heurística e também as questões e os níveis de severidade definidos para a HAEG, que deveriam utilizar para avaliar, que foram:

- 0 - Não apresentou problema;
- 1 - Problema mínimo: a solução é opcional;
- 2 - Problema baixo: a solução deve ser realizada quando houver recursos disponíveis (tempo, dinheiro);
- 3 - Problema grave: a solução deve ser de alta prioridade;
- 4 - Problema catastrófico: a solução deve ser imediata, para que a aplicação possa ser inserida no meio escolar;
- 5 - Não foi possível avaliar.

As HAEG, e os respectivos níveis de severidades foram organizadas em formulário do *Google Forms* e as avaliações foram conduzidas em um laboratório de informática e tiveram uma duração aproximada de 40 minutos. Nesse período, os participantes foram acompanhados por um docente com experiência na área de Interação Humano-Computador (IHC) e por um discente com experiência da disciplina de IHC. Os resultados das avaliação são apresentados e discutidos na próxima subseção.

4. Resultados e Discussões

Considerando o limite de espaço do texto, os resultados serão discutidos considerando os seguintes aspectos: (1) Considerações gerais para as heurísticas com severidade apontadas como 0, 1 e 2, por pelo menos 60% dos participantes, pois poderiam indicar a inexistência de problemas ou questões de baixo impacto e que não interferem na utilização, sendo classificados apenas como Ruídos, de acordo com Cybis et al. (2015); e (2) uma discussão mais aprofundada das heurísticas com severidade 3, 4 e 5, quando essas apresentarem apontamentos por um número expressivo superior a 40% dos participantes, pois assumiu-se que esses níveis de severidade impactam diretamente na IHC da aplicação gerando barreiras ou obstáculos e percentual de mais de 40% dos participantes indicando essa severidade poderia indicar necessidade de melhorias imediatas na ferramenta. O percentual de 60% foi escolhido por ser uma métrica comumente usada para classificar a usabilidade em determinadas abordagens como o System Usability Scale (SUS)⁵.

Em relação às **Heurísticas de usabilidade**, observou-se os seguintes aspectos:

⁵<https://brasil.uxdesign.cc/o-que-%C3%A9-o-sus-system-usability-scale-e-como-us%C3%A1-lo-em-seu-site-6d63224481c8>

- As severidades 0, 1 e 2 foram indicadas por, pelo menos, 83% dos participantes, o que permitiu constatar que os problemas foram considerados minimalistas e de pouco impacto pela maioria dos participantes. Destaca-se que, 03 heurísticas (U4, U8 e U9) ficaram acima de 50% na severidade 0; as severidades 0 e 1 tiveram indicação relativamente baixa, com exceção das heurísticas U10 e U11 que foram apontadas por 39% e 44%, respectivamente na severidade 2;
- Nas severidades 3 e 4, as heurísticas U1, U2, U3, U5, U7, U8, U10, U11, U12 e U13. apontadas entre 6% e 17% dos participantes.

As heurísticas de usabilidade estão fortemente relacionadas com aspectos de condução e orientação do usuário na utilização do sistema. Nesse sentido, considerou-se que os participantes podem ter confundido questões de condução da ferramenta com orientações quanto à resolução (resultado do exercício), uma vez que o BeeCrowd não costuma apresentar detalhes específicos do erro do algoritmo e como corrigi-los.

Uma vez que o BeeCrowd teve uma avaliação considerada satisfatória quanto à usabilidade, sugere-se que, para contornar os problemas pontuais identificados, que o docente faça uma apresentação inicial da ferramenta no começo da disciplina e destaque as estratégias do BeeCrowd de apresentação de erros dos exercícios, para que os alunos saibam lidar melhor com o *feedback* da ferramenta.

Em relação à **Heurísticas de Elementos Educacionais**, com exceção da heurística ED4, todas as demais foram apontadas por, pelo menos, 70% dos participantes nas severidades 0 e 1. Em contrapartida, a heurística ED4 foi apontada por 50% dos participantes na severidade 2 e por 17% nas severidades 3, 4 e 5.

O problema da ED4 deve-se ao fato de que a ferramenta somente indica se o usuário acertou ou errou o exercício, acompanhado por um *feedback* genérico do erro. A ferramenta não apresenta orientações específicas para a melhoria do aluno, correções etc, mas somente indica os acertos ou erros. Assim, assumiu-se que essa falta de percepção quanto às dificuldades dos usuários levou a uma baixa avaliação dessa heurística. O professor poderá fornecer aos alunos materiais de apoio, vídeos explicativos ou exercícios práticos que abordem os principais erros dos alunos. Além disso, quando um aluno não conseguir ter um *feedback* personalizado, ele pode solicitar ao professor uma explicação para seu erro na plataforma.

Já as **Heurísticas de Experiência do Usuário** tiveram apontamentos bastante positivo, com destaque para a severidade 0, que obteve médias entre variando entre 39% (EU1) e 78% (EU5). As severidades 1 e 2 tiveram uma média de 23% e 15% respectivamente, valor que foi considerado satisfatório.

Os pontos negativos dessa heurística foram a EU6 com 22% nas severidades 3 e 4, EU2, com 11% na severidade 3. Em relação à EU6, o resultado negativo ocorreu em virtude de aspectos técnicos relacionados ao desempenho do sistema, uma vez que foi apontado pelos participantes que, constantemente a aplicação tem problemas de acesso, lentidão na avaliação dos exercícios e problemas com navegação. Nessa linha, o docente não tem muitas opções de ação a não ser requisitar a instituição uma Internet de boa qualidade, mas ainda fica suscetível a indisponibilidade do sistema por problemas do próprio BeeCrowd.

Já para EU2, assumiu-se que o percentual relativamente baixo deve-se ao fato que

a ferramenta não tem um aspecto estimulante. De fato, a ferramenta busca disponibilizar exercícios e testar para ver se estão certos e, caso corretos, pontuar o usuário. Embora tenha *ranking*, acredita-se que os participantes esperavam algo mais interativo e dinâmico para incentivar suas melhorias nos exercícios. Portanto, o professor poderá realizar uma gamificação a parte do Beecrowd para que os alunos se sintam mais motivados a continuar utilizando a ferramenta. Os elementos de gamificação considerados poderão ser implementados em artefatos que não são sistemas, por exemplo: cartolinas, medalhas, entre outros.

Nas **Heurística de Elementos de Multimídia**, de forma geral, teve resultados médio, com destaques para percentuais nas severidades 3, 4 e 5. As heurísticas EM e EM3 tiveram 16% de severidade 3 e 22% e 27% de impossibilidade de avaliação, respectivamente. A EM5 foi apontada por 22% dos participantes como severidade 5 (não foi possível avaliar). Embora com avaliações nas severidades 0, 1 e 2, não foi possível determinar o motivo dessas avaliações, uma vez que a ferramenta não disponibiliza acesso direto a materiais multimídia como vídeos e imagens, assim como a impossibilidade de download dos materiais e exercícios para resolução fora da plataforma.

Acredita-se que a informação de multimídia pode ter sido confundida com a informações de *ranking* e desempenho, que embora não seja amplamente interativo, tem recursos bem aplicados na ferramenta, informação embasadas pelo bom resultado da heurísticas EM4, com 61% de severidade 0 e 34% nas severidades 1 e 2;

Diante das avaliações recebidas, de fato, o BeeCrowd tem um perfil de desafiar/instigar o aluno a resolver os problemas utilizando da lógica e das técnicas de programação. Assim, pouco (ou nenhum) conteúdo é disponibilizado em vídeo ou imagens para os participantes. Essa situação pode ser melhorada pelo docente com a disponibilidade de material externo ao BeeCrowd como videoaulas e outros materiais interativos que auxiliam tanto na resolução quanto na correção dos exercícios. Esses materiais poderão ainda ser criados considerando os elementos de gamificação para melhorar a motivação dos alunos.

Em relação à **Plataforma Web**⁶, os resultados desse grupo foram distintos, uma vez que as heurísticas W1 e W3 tiveram mais apontamentos para as severidades extremas 0 (não há problema) e 5 (não foi possível avaliar). Assumiu-se esse resultado deu-se pelos seguintes fatos: (1) os participantes utilizaram somente os computadores do laboratório de informática para os testes e assim não conseguiram analisar o comportamento e desempenho da aplicação em equipamentos defasados ou na plataforma *mobile*; (2) alguns participantes podem ter tentado executar o BeeCrowd no navegador de um celular e perceberam que as funções também estão disponíveis no celular, embora seja o mesmo site e não seja responsivo.

As heurísticas W3 e W4 tiveram maior apontamento para as severidades 0 e 1 indicando atender de maneira satisfatória as diretrizes apontadas pela HAEG. Destaca-se um conflito de informações com a heurística EU6, que não foi bem avaliada e tem relação com a W3, entretanto, não foram conduzidos estudos para tentar estabelecer possíveis relações. Nesse sentido, é possível afirmar a eficácia da ferramenta Web para utilização

⁶Uma vez que os alunos utilizavam um computador *desktop* nas aulas, foi avaliada somente a utilização via navegador (**Plataforma Web**)

em sala de aula, em especial em laboratórios de programação, pois o *design* da ferramenta foi construído considerando esse perfil de utilização. Não recomenda-se, *a priori*, a utilização em *smartphones*.

Por fim, na categoria **Gamificação**, todas as heurísticas tiveram 90% dos apontamentos para as severidades 0, 1 e 2, o que indicou boa adequação da plataforma às diretrizes da HAEG. De fato, pode-se assumir que a abordagem utilizada pelo BeeCrowd, em especial os rankings, estão bem aplicados na ferramentas e destacam-se para os usuários, de forma que possam entender sua atual posição entre os demais competidores, assim como seu progresso.

Entretanto, observou-se que as heurísticas EG6, EG7 e EG8 tiveram mais indicações das severidades 1 e 2. Essas heurísticas estão relacionadas com a capacidade de motivar e recompensar o usuário quanto ao seu progresso. Pode-se afirmar que o BeeCrowd é bastante objetivo na forma de apresentar os resultados, mas não traz elementos lúdicos ou fortemente interativos e motivacionais de maneira a tentar uma maior engajamento dos usuários, questões essas que podem ser aplicadas em trabalhos futuros. Para amenizar esses problemas, os docentes poderão usar materiais externos que são gamificados para apoiar os estudantes na absorção dos conteúdos. São exemplos desses problemas: tabuleiros, vídeos, jogos de cartas, livros, entre outros.

5. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

O ensino de programação não é uma tarefa trivial, já que os conteúdos são considerados abstratos e de difícil absorção [Calderon et al. 2021, de Souza et al. 2021]. Portanto, a gamificação tem sido utilizado como alternativa para engajar e motivar os estudantes a aprender esses conteúdos [Raj et al. 2018]. O BeeCrowd é um dos ambientes gamificados mais utilizados para apoiar o ensino de programação e portanto, deve ter uma boa qualidade para não gerar efeitos negativos nos estudantes.

A avaliação conduzida permitiu assumir que, em geral, o BeeCrowd apresenta uma boa qualidade. Apesar disso, alguns pontos de melhorias foram levantados, sendo eles: i) falta de *feedback* especializado para os estudantes; ii) poucas explicações sobre o funcionamento da ferramenta; iii) pouca interatividade e dinamismo nas funcionalidades de melhorias dos exercícios; iv) dificuldade de encontrar materiais de multimídia; v) impossibilidade de download dos materiais; vi) instabilidade no acesso a ferramenta; vii) e poucos elementos lúdicos e interativos.

Embora com necessidades de melhorias, todas as dificuldades ou problemas podem ser mitigados com ações dos docentes tais como: orientações de utilização para os alunos, suplementação de material didático, acompanhamento manual das submissões dos exercícios para emissão de *feedback* e incentivo a continuidade da utilização da ferramenta. Melhorias podem ser apontadas para a comunidade desenvolvedora, mas os pesquisadores acreditam que podem ser difíceis ou demoradas para implementação.

Referências

Acharya, S. and Gayana, M. (2020). Enhanced learning and improved productivity of students' using project based learning approaches for programming courses. *Journal of Engineering Education Transformations*, 34.

- Almeida, C., Kalinowski, M., Uchôa, A., and Feijó, B. (2023). Negative effects of gamification in education software: Systematic mapping and practitioner perceptions. *Information and Software Technology*, 156:107142.
- Burke, B. (2015). *Gamificar: como a gamificação motiva as pessoas a fazerem coisas extraordinárias*. DVS Editora.
- Busarello, R. I. (2016). *Gamification: princípios e estratégias*. Pimenta Cultural.
- Calderon, I., Silva, W., and Feitosa, E. (2021). Um mapeamento sistemático da literatura sobre o uso de metodologias ativas durante o ensino de programação no Brasil. In *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1152–1161. SBC.
- Cybis, W. d. A., Holts, A. B., and Faust, R. (2015). *Ergonomia e Usabilidade: Conhecimentos, Métodos e Aplicações*. Novatec Editora, São Paulo.
- de Souza, F. A., Falcão, T. P., and Mello, R. F. (2021). O ensino de programação na educação básica: uma revisão da literatura. *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1265–1275.
- Dichev, C. and Dicheva, D. (2017). Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review. *International journal of educational technology in higher education*, 14(1):1–36.
- Elos, E. (2021). Gamificação como ferramenta para resolução de problemas. Acessado em 05/08/2021.
- Falavigna, V. D. (2015). Experiência do usuário: análise e aplicação de métodos de avaliação. *Universidade de Caxias do Sul*.
- Frezato, O., Coleti, T., and Valle, P. (2023). Proposta inicial de um conjunto de heurísticas para avaliação de sistemas educacionais gamificados. In *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 439–450, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Nielsen, J. (1994). Usability inspection methods. In *Conference companion on Human factors in computing systems*, pages 413–414.
- Ogawa, A., Klock, A. C. T., and Gasparini, I. (2016). Avaliação da gamificação na área educacional: um mapeamento sistemático. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação)*, volume 27, page 440.
- Raj, A. G. S., Patel, J., and Halverson, R. (2018). Is more active always better for teaching introductory programming? In *2018 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering (LaTICE)*, pages 103–109. IEEE.
- Silva, M., Freire, A., Graciano, M., Greggi, J., and Pereira, M. (2021). Avaliação heurística interdisciplinar e testes de usabilidade de um jogo sério em educação médica. In *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 630–641, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Toda, A. M., Klock, A. C., Oliveira, W., Palomino, P. T., Rodrigues, L., Shi, L., Bittencourt, I., Gasparini, I., Isotani, S., and Cristea, A. I. (2019). Analysing gamification elements in educational environments using an existing gamification taxonomy. *Smart Learning Environments*, 6(1):1–14.

Valle, P. H. D., Vilela, R. F., Parreira Junior, P., and Inocencio, C. (2013). Hedeg-heurísticas para avaliação de jogos educacionais digitais. *Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE*.