

Recomendações para Avaliar Aplicativos de Aprendizado Assistido por Computador: Um Guia para Educadores e Desenvolvedores

Lucas Lima Simões¹, Phelipe Dias Feio¹, Reginaldo Santos¹, Marcelle Pereira Mota¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC)
Universidade Federal do Pará (UFPA)
Belém – PA – Brazil

lucas.simoes@itec.ufpa.br, phelipe.feio@icen.ufpa.br,
regicsf@ufpa.br, mpmota@ufpa.br

Abstract. *Technology is increasingly present in education through tools known as computer-assisted learning. Thus, methods to evaluate these tools are becoming increasingly critical, and heuristic evaluation is one of the most well-known and widely used methods. However, no validated heuristics were found in the literature for these applications. Therefore, this article investigated heuristics already proposed in literature, validating them and proposing new recommendations. After compiling all the proposals, they were applied to five applications, where their presence or absence was highlighted, and the harms caused by the violations were pointed out. Among the results obtained, only the aspect of progress demonstration was not violated, while the aspect of adaptability and accessibility, considered the most important, was the most violated.*

Resumo. *A tecnologia está cada vez mais presente na educação, por meio de ferramentas conhecidas como aprendizado assistido por computador. Assim, métodos para avaliar essas ferramentas estão se tornando cada vez mais críticos, e a inspeção por heurísticas é um dos métodos mais conhecidos e utilizados. No entanto, não foram encontradas heurísticas validadas na literatura para essas aplicações. Logo, este artigo investigou heurísticas já propostas na literatura, validando-as e propondo novas recomendações. Após compilar todas as propostas, estas foram aplicadas em cinco aplicativos, onde foi destacada sua presença ou ausência, e apontando os prejuízos causados pelas violações. Dos resultados obtidos, somente o aspecto de demonstração de progresso não foi violado, enquanto o aspecto de adaptabilidade e acessibilidade, considerado o mais importante, foi o mais violado.*

1. Introdução

A tecnologia vem sendo cada vez mais integrada com os diversos aspectos da vida moderna, e não é diferente com a educação. Destacam-se aqui ferramentas de aprendizado assistido por computador. Essas ferramentas vêm gradualmente ganhando espaço no mundo da educação, muitas vezes sendo consideradas tão boas quanto ou até superiores aos métodos de ensino tradicionais [Williams et al. 2013, Marques de Souza et al. 2022, Richter et al. 2022]. Inclusive, essas se mostram bastante superiores no ensino de pessoas com algum tipo de necessidade especial

[do Socorro David Andrade et al. 2020, de Souza et al. 2019, Sucena et al. 2015] ou até mesmo em contextos de testes aleatórios para verificar a eficácia dessas ferramentas [Filho et al. 2019, Glatz et al. 2023, Sucena et al. 2016]. Apesar do excesso de mitos acerca dessas ferramentas, em sua maioria positivos [McTigue e Uppstad 2019], fica evidente o grande potencial destas, se desenvolvidas e usadas de maneira correta.

No entanto, devido ao seu caráter bastante recente, ainda são escassas muitas pesquisas e estudos que explorem essas ferramentas. Relacionada a área de Interação Humano-Computador (IHC) em específico, pode-se citar a falta de métodos de avaliação. A avaliação das interfaces é algo muito importante para qualquer sistema computacional interativo, pois esta tem grande impacto em como esses sistemas são usados, e não é diferente para ferramentas de aprendizado assistido por computador [Njå 2019].

Dentre as formas de avaliação presentes em IHC, destaca-se aqui a inspeção por heurísticas. Essa forma de avaliação é bastante interessante, pois não precisa envolver usuários, o que a torna menos custosa, tanto em questão monetária quanto de tempo [Barbosa et al. 2021]. Porém, para fazer uma boa inspeção, é necessário se basear em heurísticas consagradas na literatura, no entanto, essas não foram encontradas, somente propostas sem aplicação ou validação.

Apesar de já existirem diversos conjuntos de heurísticas bem consolidados na literatura, é sempre importante buscar usar um conjunto específico para o sistema que se deseja avaliar. Diferentes sistemas possuem necessidades e particularidades diferentes, então usar um conjunto de heurísticas que não seja próprio para o sistema que se deseja avaliar pode levar a avaliações incorretas ou imprecisas. Logo, quando há sistemas que estão começando a se popularizar, tal qual os de aprendizado assistido por computador, é importante que pesquisadores estabeleçam quanto antes as ferramentas para sua avaliação. Portanto, este artigo se propõe a estudar as propostas já existentes para aprimorá-las e fazer propostas complementares, e também a fazer uma aplicação deste conjunto de recomendações, para fazer uma validação inicial para que outros pesquisadores e avaliadores possam usá-las, visto que a tendência é que o aprendizado assistido por computador se torne cada vez mais presente.

O objetivo geral deste artigo é propor aspectos para a avaliação de ferramentas de aprendizado assistido por computador, com foco no sistema, e fazer a aplicação destas propostas em alguns aplicativos de aprendizado assistido por computador, para fazer uma validação destas propostas.

Para atingir este objetivo, este foi dividido em objetivos menores, sendo esses: estudar as propostas e conjuntos de heurísticas já existentes e consagrados na literatura; propor aspectos a serem considerados para a avaliação destes sistemas, com base no que foi lido na etapa anterior; e aplicar o conjunto de propostas deste texto.

Este artigo está estruturado da seguinte forma. A Seção 2 explica a metodologia usada neste estudo e também apresenta os aplicativos escolhidos para a etapa de aplicação, já a Seção 3 apresenta os artigos que contribuíram para o estabelecimento do conjunto de aspectos aqui propostos e para a escolha dos aplicativos. A Seção 4 apresenta os resultados da aplicação feita nos aplicativos e discute sobre o que foi percebido nesta etapa. Por fim, a Seção 5 apresenta as conclusões e limitações deste trabalho, assim como os possíveis trabalhos futuros.

2. Metodologia

Vale pontuar, logo de início, que há trabalhos que criaram métodos para proposta de heurísticas. No entanto, esses métodos também possuem focos específicos, como na experiência do usuário ou em determinados tipos de sistemas. Infelizmente, não foi encontrada uma que fosse condizente com a proposta deste trabalho, portanto, os autores optaram por uma metodologia diferente.

Para atingir o objetivo deste artigo, foi realizada uma busca na literatura para averiguar o que pode ser aproveitado dos conjuntos de propostas já existentes. Foi encontrado o artigo de [Vee Senap e Ibrahim 2019], que fez uma revisão de diversos conjuntos de heurísticas para fazer propostas de aspectos a serem considerados para os sistemas de aprendizado assistido por computador.

Além deste, foi encontrado o artigo de [Fitchat e Jordaan 2016], que também propõe aspectos para a avaliação dessas ferramentas, mas com foco na experiência do usuário. Por fim, também foram consideradas as heurísticas de Nielsen [Nielsen 1994] para a elaboração das propostas deste texto.

Em seguida, foi feita uma nova revisão da literatura buscando artigos que estudaram aspectos de ferramentas de aprendizado assistido por computador, de preferência com estudos de caso, para que fossem considerados aspectos práticos do uso dessas ferramentas. O objetivo desta etapa era o de escolher quais aplicativos seriam utilizados na etapa de aplicação, e também colher estudos de casos considerados representativos para os aplicativos.

Com essa etapa concluída, foi feita a seleção de cinco aplicativos de aprendizado assistido por computador, para que fosse feita a aplicação das propostas deste texto e também para dar foco à busca por artigos que fizeram estudos práticos com estas ferramentas. Os aplicativos selecionados estão listados abaixo.

- GraphoGame: é um jogo educativo que faz parte da Política Nacional de Alfabetização e do Programa Tempo de Aprender do Governo Brasileiro, focado em alfabetizar crianças e tendo diversos artigos publicados a seu respeito.
- Silabando: é um jogo educativo, também focado na alfabetização de crianças, desenvolvido por uma fábrica de software chamada AppsBergman, e tem começado a ser pesquisado por alguns artigos.
- Mimo: é um aplicativo voltado ao ensino de algumas matérias da computação, como programação e banco de dados.
- Learn HCI: é um aplicativo feito por uma fábrica de software chamada ProApp, que foca no ensino de alguns aspectos da computação relacionados a interface. Este aplicativo, em específico, foca no ensino de IHC.
- Duolingo: é um aplicativo de ensino de línguas estrangeiras bastante conhecido e aceito inclusive em instituições de ensino superior, e também já com uma boa quantidade de pesquisas publicadas.

Optou-se por essa seleção para que fosse coberto uma variedade de aplicativos com uma variedade de focos, seja em questão de público, matéria, entre outros. Caso todos os aplicativos escolhidos tivessem um único foco, os aspectos propostos poderiam não atender às ferramentas de aprendizado assistido por computador de forma geral, como é o objetivo deste artigo.

Todos os aplicativos foram baixados pela *Google Play Store* em um aparelho Samsung Android versão 10, usados em suas versões gratuitas, nos casos em que havia uma opção paga. No caso do GraphoGame, que possui dois modos de uso, os testes foram realizados no modo estrela. Os testes de aplicação foram realizados nos meses de abril e maio de 2024, e posteriormente, em dezembro de 2024, visando validar os resultados obtidos no primeiro período de testes e corrigir eventuais erros identificados. Após feitos os testes, os autores compilaram os resultados obtidos.

3. Trabalhos Relacionados

O artigo de [Vee Senap e Ibrahim 2019] foi escolhido como base para este texto por suas propostas e também pelos autores terem feito um excelente trabalho investigando diversos artigos relacionados as heurísticas possivelmente aplicáveis a estas ferramentas. [Fitchat e Jordaan 2016] foi escolhido pela sua proximidade com o tipo de aplicação aqui estudada, apesar desse ter foco nos usuários, enquanto a proposta deste texto tem foco nos sistemas. Já [Nielsen 1994] foi escolhido por ser um conjunto de heurísticas já bastante consolidadas e também comumente usadas em trabalhos como este.

Sobre os aplicativos selecionados para a aplicação, os aplicativos GraphoGame, Silabando e Duolingo foram escolhidos por conta dos diversos artigos encontrados que fazem pesquisas envolvendo estes aplicativos, provando sua eficiência em diversos cenários. Para o GraphoGame podem ser citados como exemplos os artigos que estudam a eficácia deste aplicativo na alfabetização de crianças antes e após o diagnóstico de dislexia [Vanden Bempt et al. 2021, Sucena et al. 2015]. Para o Silabando, pode-se usar de exemplos os artigos que investigam formas de intervenção usando este aplicativo [do Socorro David Andrade et al. 2020, de Souza et al. 2019, Filho et al. 2019].

Por fim, para o Duolingo, podem ser citados os artigos que comprovam a validade do *Duolingo English Test* (DET) em comparação com testes tradicionais, como o *Test of English as a Foreign Language* (TOEFL) [Isaacs et al. 2023], além do artigo de [Shortt et al. 2021], que fez a revisão sistemática de artigos que estudam a eficácia do Duolingo. O aplicativo Mimo foi escolhido por sua relação com assuntos da computação, como programação e banco de dados, e também por ter o objetivo de tornar este aprendizado mais inclusivo e acessível. O aplicativo Learn HCI foi escolhido por sua relação com a matéria de IHC.

4. Resultados e Discussão

Esta Seção apresenta as propostas deste texto, revelando as motivações que sustentam a importância desses aspectos na avaliação desses sistemas. Também são apresentados os resultados obtidos da aplicação das recomendações propostas nos aplicativos escolhidos.

4.1. Aspectos Propostos Para Avaliação

Após uma revisão da literatura, os autores estabeleceram um conjunto de seis recomendações para a avaliação de sistemas de aprendizado assistido por computador. A Tabela 1 mostra o conjunto de propostas deste artigo, assim como suas descrições e a motivação por trás delas.

A recomendação de **gamificação efetiva** foi estabelecida com base nas propostas de [Vee Senap e Ibrahim 2019]. A gamificação é uma estratégia que tem se tornado cada

Tabela 1. Aspectos propostos para avaliação de ferramentas de aprendizado assistido por computador.

Aspecto Proposto	Descrição	Motivação
Gamificação efetiva	A forma como a gamificação é implementada no sistema deve contribuir, ou ao menos não atrapalhar, no aprendizado que este busca gerar.	A gamificação é uma forma de estimular o interesse por algo que tem se tornado cada vez mais comum, portanto deve-se verificar se a gamificação está sendo aplicada de forma adequada, de forma que seus benefícios sejam percebidos pelos usuários.
Mecânicas claras	As regras do jogo do sistema devem estar claras ou de fácil acesso para seus usuários.	Os usuários dos aplicativos devem ser capazes de entender como serão trabalhados os assuntos abordados pelo sistema, as mecânicas do aplicativo, e principalmente como as formas de gamificação estão contribuindo para o seu aprendizado.
Adaptabilidade e acessibilidade	O sistema de aprendizado assistido por computador deve garantir sua acessibilidade, seja por meio de adaptações automáticas ou opções de configurações.	A acessibilidade é um dos maiores atrativos do aprendizado assistido por computador em comparação ao ensino tradicional, devido ao seu custo-benefício, portanto, esse aspecto deve ser propriamente implementado.
Conteúdo localizável	O usuário deve ser capaz de encontrar qualquer conteúdo desejado sem se perder no sistema, isso inclui a capacidade do usuário voltar atrás no conteúdo para revisar seu aprendizado.	Dentre todo o conteúdo oferecido pelo sistema de aprendizado assistido por computador, o usuário deve ser capaz de progredir, voltar ou encontrar conteúdos específicos de acordo com sua vontade, sem necessitar de manipular o sistema de alguma maneira.
Demonstração de progresso	O sistema deve informar ao usuário o progresso já feito em seu estudo.	Mostrar ao usuário o progresso já feito, o que já foi aprendido, e o que ainda falta aprender é uma forma de incentivar a continuidade do aprendizado.
Sociabilidade	A função de comunidade do aplicativo deve contribuir, ou ao menos não atrapalhar, no ensino que se busca gerar.	A sociabilização é um dos grandes benefícios da educação tradicional, logo, os sistemas de aprendizado assistido por computador devem preservar este aspecto social de alguma forma.

vez mais presente em diversos contextos, inclusive nas salas de aula. Dito isto, a mera transformação de uma atividade em um jogo não garante os benefícios da gamificação, sendo necessário fazer uma aplicação correta desta estratégia para os benefícios serem observados, e essa aplicação correta pode variar de caso em caso [Burke 2016].

Neste mesmo sentido, **mecânicas claras**, também definida com base nas propostas de [Vee Senap e Ibrahim 2019], é uma consequência quase imediata da recomendação anterior. É importante que o usuário entenda que a gamificação está presente para contribuir com o aprendizado, tornando o processo mais leve, e não como mero adorno da aplicação. Também é importante que o usuário entenda como funcionam as mecânicas do aplicativo, como sistemas de vidas, pontos, entre outros.

A proposta de **sociabilidade** é também oriunda do artigo de [Vee Senap e Ibrahim 2019], porém lá os autores descartaram ela, por acharem que seria um aspecto necessário apenas quando tratando de jogos sociais, enquanto aqui os autores decidiram adotá-la, visto que a sociabilização é um dos principais benefícios da educação tradicional, ou seja, é interessante que as novas ferramentas para a educação busquem manter este benefício o tanto quanto possível.

A recomendação de **conteúdo localizável** foi baseada em reconhecimento em vez de memorização, vinda das heurísticas de [Nielsen 1994], que diz que a interface dos sistemas computadorizados devem ter ações e opções reconhecíveis, ao invés de exigir que o usuário decore a forma de usar o sistema, sendo essa uma característica desejada em praticamente todo sistema computacional.

Já a recomendação de **demonstração de progresso** foi estabelecida com base nas propostas de [Fitchat e Jordaan 2016], mas especificamente, baseadas em jogadores querem praticar, jogadores querem orientação e jogadores querem sentir que é sobre eles.

Por fim, a recomendação de **adaptabilidade e acessibilidade** é uma proposta original deste texto, enraizada no fato de que um dos pontos mais atrativos no aprendizado assistido por computador é o custo-benefício no ensino de alunos com algum tipo de necessidade especial, comparado ao ensino tradicional [Solheim et al. 2018, Patel et al. 2018, Ahmed et al. 2020].

Estabelecido esse conjunto de propostas, os autores buscaram encontrar as formas como essas são implementadas, ou não, nos cinco aplicativos de aprendizado assistido por computador selecionados, sendo esta a aplicação inicial deste conjunto de recomendações.

4.2. Aplicação das Recomendações

Esta Subseção apresenta os resultados obtidos da aplicação das propostas deste texto nos cinco aplicativos escolhidos. A Tabela 2 resume os resultados obtidos nesta etapa de aplicação.

A marcação **✓** significa que o aspecto proposto foi detectado no aplicativo, a marcação **✗** significa que o aspecto não foi detectado, consequentemente caracterizando uma violação, e a marcação **N/A** significa que o aspecto proposto não se aplica no aplicativo que foi analisado.

Sobre a proposta de **gamificação efetiva**, foram detectadas violações desta nos

Tabela 2. Presença ou ausência das recomendações nos aplicativos.

	GraphoGame	Silabando	Mimo	Learn HCI	Duolingo
Gamificação efetiva	✓	✓	✗	✗	✓
Mecânicas claras	✓	✓	✓	✓	✗
Adaptabilidade e acessibilidade	✗	✓	✗	✗	✓
Conteúdo localizável	✗	✗	✓	✓	✓
Demonstração de progresso	✓	N/A	✓	✓	✓
Sociabilidade	✓	✓	✓	✗	✓

aplicativos Mimo e Learn HCI. No caso do Mimo, há alguns aspectos de gamificação, porém estes são bastante básicos, constituídos somente de um placar semanal ranqueando os usuários pela quantidade de pontos obtidos fazendo lições, e uma loja interna onde os usuários podem gastar as moedas obtidas ao completar lições. Já no caso do Learn HCI, não foi detectado nenhum aspecto de gamificação do aplicativo. Novamente, a gamificação tem se tornado cada vez mais presente e tem se provado uma boa maneira de aumentar o interesse por algo, porém a mera transformação de uma atividade em um jogo não pode ser considerada uma gamificação efetiva [Burke 2016].

Já os demais aplicaram a gamificação para contribuir com a proposta de aprendizado do aplicativo. Tanto GraphoGame [Sánchez-Vincitore e Cross 2021, Nakeva von Mentzer et al. 2021, Vanden Bempt et al. 2021, Ahmed et al. 2020] quanto Silabando [do Socorro David Andrade et al. 2020, Filho et al. 2019] tem foco no público infantil, e já foram realizados estudos que comprovam a efetividade da gamificação aplicada por estes sistemas. O mesmo acontece no caso do Duolingo, onde estudos [Isaacs et al. 2023, Shortt et al. 2021] também já constataram esses aspectos lúdicos como grandes motivadores para o aprendizado.

Se tratando da proposta de **mecânicas claras**, o único aplicativo no qual foi constatada uma violação desta proposta foi no Duolingo. Os demais fazem apresentações e explicações sobre os exercícios que serão apresentados e como o usuário deve realizá-los, garantindo que o usuário entenda como as atividades estão contribuindo para o aprendizado, mas o Duolingo não faz isso em nenhum momento. Há alguns exercícios exclusivos para determinadas línguas, e há alguns tipos de exercícios que o usuário só consegue encontrar ao explorar o aplicativo, ou seja, alguns usuários podem acabar nunca encontrando esses exercícios, representando certo prejuízo no aprendizado.

Já sobre a **adaptabilidade e acessibilidade**, o qual é um dos grandes atrativos do aprendizado assistido por computador, esta se mostrou como a proposta mais violada. Tanto o aplicativo Mimo quanto o Learn HCI não apresentam nenhuma opção de acessibilidade. Considerando a crescente importância dos sistemas computacionais na totalidade, a ausência de opções de acessibilidade é uma falta gravíssima, independente de qual análise esteja sendo feita.

Já no caso do GraphoGame, apesar de haver uma inteligência artificial interna que considera diversos aspectos para adaptar os exercícios ao usuário, como o tempo que cada criança precisou para realizar determinado exercício, onde teve mais dificuldade, entre outros, grande parte dos exercícios são dependentes de som, ou seja, uma criança com dificuldade auditiva teria dificuldade ou seria impedida de realizar os exercícios. Como prova disso, no artigo de [Thomson et al. 2020], essas crianças tiveram que ser excluídas do estudo por não conseguirem usar o aplicativo efetivamente. Para resolver este problema, propõe-se algo semelhante ao que foi estudado na dissertação de mestrado de [Barbosa 2011], ou seja, uma opção para as atividades serem traduzidas em libras, ou uma adaptação das próprias atividades para permitir a inclusão destas crianças.

O Duolingo implementa a recomendação aqui proposta de forma bastante interessante. Além de uma inteligência artificial interna, que funciona semelhantemente à descrita para o GraphoGame, com a única exceção sendo o não impedimento de progresso, o sistema conta com opções de acessibilidade, que podem ser usadas para, por exemplo, desligar atividades de escuta ou fala, de forma temporária ou permanente, caso o usuário não consiga realizá-las. Já o Silabando se apresenta como a forma mais simples de implementar essa recomendação, somente ofertando um grande leque de exercícios, garantindo que, independente da dificuldade ou limitação, sempre será possível achar algum exercício para trabalhar o aspecto desejado.

Sobre a proposta de **conteúdo localizável**, somente o GraphoGame e o Silabando apresentaram violações. No caso do GraphoGame, a única forma de voltar ou avançar no conteúdo é caso a inteligência artificial do aplicativo determine que é o que deve ser feito, ou seja, o usuário não possui a liberdade de escolher progredir ou voltar para revisar um conteúdo. Existe uma opção de pular conteúdo, mas além desta estar bastante escondida nas opções, ela não funcionou corretamente em ambos os períodos de aplicação.

Já o aplicativo Silabando tem certo problema de comunicabilidade da interface, há somente imagens mostrando os conteúdos e exercícios, dificultando a localização inicial e correta identificação destes, problema também citado no artigo de [Filho et al. 2019]. Embora a exploração do aplicativo possa inicialmente atrair a atenção da criança, este pode se tornar um obstáculo futuramente, caso crie uma frustração por não conseguir encontrar o que deseja. Para solucionar esse problema, poderia ser implementado um histórico de exercícios ou algo semelhante.

Não foram detectadas violações da proposta de **demonstração de progresso**. Todos os aplicativos mostram ao usuário seu progresso, seja por uma barra ou alguma outra forma, para incentivar a continuidade de seus estudos. Somente o Silabando foi desconsiderado desta avaliação, pois os conteúdos do aplicativo estão completamente liberados desde o começo, ou seja, cabe somente ao próprio usuário determinar quando progredir.

Por fim, há a proposta de **sociabilidade**. Somente o Learn HCI apresentou uma violação desta, pois não há nenhuma implementação do tipo na versão gratuita do aplicativo. O Mimo e o Duolingo, como têm como alvos o público adulto, fizeram a implementação desta proposta na forma de uma função de comunidade, onde o usuário pode ver o progresso e se comunicar com outros usuários, incentivando seu desenvolvimento e interagindo com outras pessoas que também estão buscando aprender.

Já no caso do GraphoGame e do Silabando, como eles têm como alvo o público in-

fantil, não se pode simplesmente introduzir uma função de comunidade por uma questão de segurança. Dito isso, essa proposta se faz presente nestes aplicativos de uma maneira diferente. No Silabando, a possibilidade de colocar várias crianças para brincar com um mesmo jogo, ainda que de formas diferentes, contribuiu para que essas crianças se sentissem mais incluídas com o restante da turma, e também serve como estímulo para que essas crianças aceitem realizar atividades que antes eram recusadas [do Socorro David Andrade et al. 2020, de Souza et al. 2019].

O mesmo é comprovado na literatura para o GraphoGame, dando destaque também a possibilidade da continuidade do ensino remotamente sem prejuízo de aprendizagem [Marques de Souza et al. 2022, Richter et al. 2022] apesar de que seu uso é mais eficiente quando feito em ambiente escolar [Ronimus e Lyytinen 2015]. Ou seja, mesmo sem uma função de comunidade, ambos Silabando e GraphoGame fazem uma aplicação do aspecto de sociabilidade.

5. Considerações Finais, Limitações e Trabalhos Futuros

Este artigo apresentou propostas de aspectos do sistema a serem considerados para a avaliação de aplicativos de aprendizado assistido por computador, e fez a aplicação desses, providenciando uma validação inicial para as propostas deste texto. Também se discutiu sobre as violações detectadas na etapa de aplicação, destacando os prejuízos causados por elas e, em alguns casos, sugerindo maneiras de adequá-las.

Os autores se basearam nos artigos de [Vee Senap e Ibrahim 2019, Fitchat e Jordaan 2016] e [Nielsen 1994] para propor aspectos a serem considerados na avaliação de ferramentas de aprendizado assistido por computador. Após a leitura dos artigos citados, de modo a entender todo conjunto de heurísticas e propostas, buscando entender o que pode ser relevante para os sistemas que são foco deste texto, foi feita uma revisão da literatura para que fossem feitas as propostas apresentadas nesse texto.

Para fazer a aplicação destas propostas, observou-se a presença ou ausência das recomendações aqui propostas em cinco aplicativos. Buscou-se também apontar os prejuízos detectados pela ausência destas recomendações nos aplicativos, para os desenvolvedores poderem trabalhar em corrigi-los, caso sejam informados deste artigo. Com isto, os objetivos específicos deste artigo foram alcançados, o que permitiu que o objetivo geral do artigo, de propor e aplicar recomendações para avaliação de ferramentas de aprendizado assistido por computador, fosse alcançado.

A contribuição desta pesquisa é um conjunto de recomendações de aspectos para a avaliação de ferramentas de aprendizado assistido por computador, justificando as propostas e dando uma definição formal dessas, para que avaliadores e outros pesquisadores possam usá-las. A aplicação das propostas desse texto em cinco aplicativos serve como demonstração da aplicabilidade dessas, visto que, como foi mostrado, esses aspectos são, ou ao menos deveriam ser, localizáveis em todo sistema de aprendizado assistido por computador.

Destaca-se a importância desse estudo, visto que as avaliações por inspeção usando heurísticas são uma forma bastante popular de avaliar sistemas computacionais devido sua facilidade e baixo custo, por não envolver os usuários, e também porque essas ferramentas têm se tornado cada vez mais presentes. Portanto, é necessário que se

estabeleçam heurísticas validadas na literatura para servir de apoio para avaliações destas ferramentas.

É importante citar também a principal limitação deste artigo. O que foi feito aqui foi somente uma recomendação de aspectos a serem considerados e uma aplicação, uma validação inicial, desses, pois foram usados somente cinco aplicativos. Para uma validação formal, seria necessário fazer essa aplicação em um número maior de aplicativos e com uma variação ainda maior de foco, de forma que as recomendações se tornem heurísticas propriamente validadas e aplicáveis a todos os sistemas do tipo.

Por fim, espera-se que este artigo tenha chamado atenção para a importância da avaliação das ferramentas de aprendizado assistido por computador, de forma que mais pesquisadores se interessem por essa área, e que os desenvolvedores corrijam os erros encontrados. Destaca-se o aspecto de adaptabilidade e acessibilidade, sendo um dos grandes atrativos dessas ferramentas, mas também foi o aspecto mais violado. Situações como esta só podem ser detectadas quando é feita uma avaliação dos aplicativos, e podem ser evitadas caso os desenvolvedores levem esses aspectos em consideração desde o início do desenvolvimento.

Como trabalhos futuros, seria interessante trabalhar em uma forma de classificar as violações, visto que, neste artigo, houve somente a menção se houve ou não violação. Uma forma de classificar as violações é importante, ao auxiliar os desenvolvedores a saber quais problemas devem ser consertados com maior urgência.

Outro trabalho interessante seria o de desenvolver um método para a proposta de heurísticas para sistemas de aprendizado assistido por computador. As propostas deste texto foram feitas com base na observação dos aplicativos e na revisão da literatura, porém um método formal pode contribuir para a validação das propostas deste texto.

Referências

- Ahmed, H., Wilson, A., Mead, N., Noble, H., Richardson, U., Wolpert, M. A., e Goswami, U. (2020). An evaluation of the efficacy of graphogame rime for promoting english phonics knowledge in poor readers. *Frontiers in Education*, 5.
- Barbosa, J. S. L. (2011). A tecnologia assistiva digital na alfabetização de crianças surdas. Master's thesis, Universidade Federal de Sergipe.
- Barbosa, S. D. J., Silva, B. S. d., Silveira, M. S., Gasparini, I., Darin, T., e Barbosa, G. D. J. (2021). *Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário*. Autopublicação.
- Burke, B. (2016). *Gamify: How Gamification Motivates People to Do Extraordinary Things*. Routledge, New York.
- de Souza, C. S. M., de Freitas Reis, M. B., de Freitas, G., e Santos, L. C. D. (2019). Tecnologia móvel e dislexia: Possibilidades pedagógicas inclusivas pela interface do appmobile silabando. *Revista Brasileira de Política e Administração da Educação*.
- do Socorro David Andrade, M., da Silva, M. Z. M., de Lima, J. P., e de Lima Marilene Rodrigues, M. F. (2020). Tecnologia: o uso do app “silabando” no processo de alfabetização dos alunos com deficiência intelectual. *Congresso Internacional de Educação Inclusiva*.

- Filho, C. A. R., Maraschin, M. S., e Barin, C. S. (2019). Aspectos pedagógicos e técnicos do aplicativo silabando. *24º Seminário Internacional de Educação, Tecnologia e Sociedade v. 8 n. 1 - Recursos Tecnológicos para Alfabetização*.
- Fitchat, L. e Jordaan, D. B. (2016). Ten heuristics to evaluate the user experience of serious games. *International Journal of Social Sciences and Humanity Studies*, 8(2):209–225.
- Glatz, T., Tops, W., Borleffs, E., Richardson, U., Maurits, N., Desoete, A., e Maassen, B. (2023). Dynamic assessment of the effectiveness of digital game-based literacy training in beginning readers: a cluster randomised controlled trial. *PeerJ*, 11:e15499.
- Isaacs, T., Hu, R., Trenkic, D., e Varga, J. (2023). Examining the predictive validity of the duolingo english test: Evidence from a major uk university. *Language Testing*, 40(3):748–770.
- Marques de Souza, J. G., Weissheimer, J., e Buchweitz, A. (2022). Well played! promoting phonemic awareness training using edtech—graphogame brazil—during the covid-19 pandemic. *Brain Sciences*, 12(11):1494.
- McTigue, E. M. e Uppstad, P. H. (2019). Getting serious about serious games: Best practices for computer games in reading classrooms. *The Reading Teacher*, 72(4):453–461.
- Nakeva von Mentzer, C., Kalnak, N., e Jennische, M. (2021). Intensive computer-based phonics training in the educational setting of children with down syndrome: An explorative study. *Journal of Intellectual Disabilities*, 25(4):636–660.
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Njå, M. (2019). Players' progression through graphogame, an early literacy game: Influence of game design and context of play. *Human Technology*, 15(2):226–255.
- Patel, P., Torppa, M., Aro, M., Richardson, U., e Lyytinen, H. (2018). Grapholearn india: The effectiveness of a computer-assisted reading intervention in supporting struggling readers of english. *Frontiers in Psychology*, 9.
- Richter, C. G., Siegelman, N., Mahaffy, K., Van Den Bunt, M., Kearns, D. M., Landi, N., Sabatini, J., Pugh, K., e Hoeft, F. (2022). The impact of computer-assisted technology on literacy acquisition during covid-19-related school closures: Group-level effects and predictors of individual-level outcomes. *Frontiers in Psychology*, 13.
- Ronimus, M. e Lyytinen, H. (2015). Is school a better environment than home for digital game-based learning? the case of graphogame. *Human Technology*, 11(2):123–147.
- Shortt, M., Tilak, S., Kuznetcova, I., Martens, B., e Akinkuolie, B. (2021). Gamification in mobile-assisted language learning: a systematic review of duolingo literature from public release of 2012 to early 2020. *Computer Assisted Language Learning*, 36(3):517–554.
- Solheim, O. J., Frijters, J. C., Lundetræ, K., e Uppstad, P. H. (2018). Effectiveness of an early reading intervention in a semi-transparent orthography: A group randomised controlled trial. *Learning and Instruction*, 58:65–79.

- Sucena, A., Cruz, J., Viana, F. L., e Silva, A. F. (2015). Graphogame português alicerce: software de apoio a crianças disléxicas. *Universidade do Minho. Centro de Competência TIC (CCTIC UM)*.
- Sucena, A., Silva, A. F., e Viana, F. L. (2016). Intervenção precoce nas dificuldades de aprendizagem da leitura com recurso ao software graphogame. *Letrônica*, 9(2):200–212.
- Sánchez-Vincitore, L. V. e Cross, A. H. (2021). Effects of an electronic game on early literacy skills. *Psicología Escolar e Educacional*, 25.
- Thomson, J. M., Foldnes, N., Uppstad, P. H., Njå, M., Solheim, O. J., e Lundetræ, K. (2020). Can children's instructional gameplay activity be used as a predictive indicator of reading skills? *Learning and Instruction*, 68:101348.
- Vanden Bempt, F., Economou, M., Van Herck, S., Vanderauwera, J., Glatz, T., Vandermosten, M., Wouters, J., e Ghesquière, P. (2021). Digital game-based phonics instruction promotes print knowledge in pre-readers at cognitive risk for dyslexia. *Frontiers in Psychology*, 12.
- Vee Senap, N. M. e Ibrahim, R. (2019). A review of heuristics evaluation component for mobile educational games. *Procedia Computer Science*, 161:1028–1035.
- Williams, P., Wray, J., Farrall, H., e Aspland, J. (2013). Fit for purpose: traditional assessment is failing undergraduates with learning difficulties. might assessment help? *International Journal of Inclusive Education*, 18(6):614–625.