

ECG Tutor: desenvolvimento e avaliação de um sistema tutor inteligente gamificado para ensino de eletrocardiograma

ECG Tutor: a gamified intelligent tutoring system for electrocardiogram teaching

Larissa Acioli Pereira¹

laraacioli84@gmail.com

Lisley Lylás dos Santos Leão¹

lislelylasleao@gmail.com

Diego Dermeval¹

diego.matos@famed.ufal.br

Jorge Artur Peçanha de Miranda Coelho¹

jorge.coelho@famed.ufal.br

RESUMO

Introdução: Novas abordagens metodológicas têm sido sugeridas na tentativa de aprimorar a aquisição de habilidades em interpretação de eletrocardiograma (ECG), comprovadamente complexa e de difícil assimilação. Diante da expansão das metodologias ativas e do estímulo às inovações tecnológicas para o ensino médico, o uso de tecnologias de internet (*e-learning*) ganha força, destacando a utilização de plataformas com inteligência artificial, como os sistemas tutores inteligentes (STI), por sua capacidade de promover instrução adaptativa. Pesquisadores têm utilizado gamificação (técnicas de *design* de jogos) em conjunto com os STI, reportando maior engajamento.

Objetivo: Buscando melhorar o desempenho de aprendizagem em ECG entre graduandos de Medicina por meio do desenvolvimento de novas metodologias e considerando os benefícios dos STI e do uso da gamificação na educação médica, o presente estudo objetivou explorar o interesse e a motivação dos acadêmicos de Medicina na utilização conjunta de tais tecnologias para estudar ECG.

Método: Trata-se de uma pesquisa exploratória e quantitativa, na qual protótipos do *design* gráfico de STI gamificado instrutor de ECG foram idealizados por professores do curso médico e avaliados por acadêmicos de Medicina de uma universidade pública e outra particular após aprimoramento para um formato interativo, com a contribuição de uma equipe interdisciplinar.

Resultado: No primeiro momento, participaram da pesquisa 53 graduandos do quinto ao 11º período do curso. Reduziu-se esse número para 14 na segunda etapa. A análise mostrou aprovação nos aspectos relacionados à facilidade de uso percebida, à utilidade percebida, à atitude em direção ao uso e à intenção de uso. Evidenciou-se a premência de adaptação também para dispositivos móveis e aperfeiçoamento nos elementos de gamificação e estética.

Conclusão: Os resultados obtidos permitem concluir que os alunos de Medicina demonstraram intenção de uso futuro do ECG Tutor, implicando a necessidade de desenvolvimento de uma solução computacional do sistema e mensuração do seu impacto no aprendizado dos estudantes.

Palavras-chave: Eletrocardiograma; Educação Médica; Tecnologia Educacional; Inteligência Artificial.

ABSTRACT

Introduction: New methodological approaches have been suggested in an attempt to improve the acquisition of skills in electrocardiogram (ECG) interpretation, known to be complex and difficult to assimilate. Considering the expansion of active methodologies and the encouragement of technological innovations for medical education, the use of internet technologies (*e-learning*) has gained strength, highlighting the use of artificial intelligence platforms, such as intelligent tutoring systems (ITS), for their capacity to promote adaptive instruction. Researchers have used gamification (game design techniques) in conjunction with ITS, reporting greater engagement.

Objective: Seeking to improve ECG learning performance among medical students through the development of new methodologies and considering the benefits of ITS and the use of gamification in medical education, the present study aimed to explore the interest and motivation of medical students in the use joint use of these technologies to study ECG.

Method: This is an exploratory, quantitative study, in which graphic design prototypes of a gamified ECG instructor ITS were created by teachers of the medical course and evaluated by medical students from a public university and another private university after improvement into an interactive format, with the contribution of an interdisciplinary team.

Result: At first, 53 undergraduate students from the 5th to the 11th semesters of the course participated in the study. That number was reduced to 14 in the second stage. The analysis showed approval of aspects related to perceived easy-to-use format, perceived usefulness, attitude towards use and intention to use. On the other hand, an urgent need to adapt to mobile devices and improve gamification and aesthetic elements was observed.

Conclusion: The obtained results allowed us to conclude that medical students intend to use the ECG Tutor in the future, implying the need to develop a computational solution for the system and measure its impact on student learning.

Keywords: Electrocardiography, Medical Education, Educational Technology, Artificial Intelligence

¹ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil.

Editora-chefe: Rosiane Viana Zuza Diniz.

Editor associado: Antonio Menezes Junior.

Recebido em 13/11/21; Aceito em 21/09/22.

Avaliado pelo sistema de *double blind review*.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, evidenciou-se que estudantes da área médica demonstram conhecimento insuficiente sobre a interpretação de eletrocardiograma (ECG)¹. Desde então, pesquisas sobre as prováveis limitações na abordagem pedagógica atual começaram a surgir em todo o mundo, com o propósito de identificar metodologias de ensino-aprendizagem eficazes, bem como desenvolver novos métodos.

Alguns desses estudos avaliaram técnicas atualmente utilizadas e aspectos que parecem influenciar positivamente no aprendizado: contextualização dos traçados eletrocardiográficos com um cenário clínico, relacionando-os com a história do paciente²⁻⁴; instituição de processo avaliativo para mensurar o conhecimento dos estudantes, particularmente quando se atribuem créditos ou pontos a ele, inferindo-se que a recompensa estimula o interesse e melhora o desempenho do aluno^{4,5}; e utilização de estratégias de repetição e *feedback* de um determinado conceito em contextos variados^{3,4}.

Abordagens metodológicas com capacidade de individualização e interatividade, bem como as viáveis especialmente para alunos que aprendem melhor em ambientes descontraídos, também se mostram efetivas^{4,6,7}. A estratégia de ensino baseada no uso de jogos e problemas para aprender ECG melhorou o interesse e engajamento dos alunos⁸.

No contexto das inovações metodológicas, destaca-se o aprendizado eletrônico (*e-learning*)^{9,10} como uma abordagem moderna e promissora no processo de ensino-aprendizagem em interpretação de ECG. Assegura-se que a aquisição da habilidade em interpretar ECG é maior quando o ensino presencial está associado à instrução assistida por computador, *on-line* ou *off-line*, em um ambiente de aprendizado híbrido. Além disso, o aprendizado com uso de computadores pode ser superior ao método presencial isolado quando há disponibilidade de acesso irrestrito ao material de estudo e de questões avaliativas com *feedback* imediato⁴.

Os sistemas tutores inteligentes (STI) são programas de computador que incorporam técnicas de inteligência artificial para ensino individualizado, entendendo o conhecimento do aluno para promover instrução adaptativa com *feedback* imediato¹¹. Os STI podem beneficiar-se de elementos de *design* que favoreçam intervenções apropriadas visando aumentar a motivação e o engajamento de estudantes durante o processo ensino-aprendizagem¹². As abordagens baseadas em jogos englobam um variado conjunto dessas tecnologias¹³.

Define-se gamificação como o uso de elementos de jogos e técnicas de *design* de jogos em contextos que não são de jogos¹⁴. McCoy et al.¹⁵ reportam as vantagens das plataformas gamificadas na educação médica, a saber: maior engajamento, colaboração aprimorada, aplicação ao mundo real (solução

de problemas contextualizados), tomada de decisão clínica, treinamento a distância, aprendizagem analítica (sistemas de pontuação e relatórios estatísticos para fornecer *feedback*) e retroalimentação rápida (oportunidade de revisar conceitos, tentar novamente e obter uma melhor pontuação).

É possível observar que tanto o STI como a gamificação amoldam-se a esse cenário, propiciando estratégias de instrução individualizada e adaptativa, interatividade, contextualização, repetição e *feedback*, avaliação e recompensa, ambiente descontraído e possibilidade de aplicação a cenários práticos simulados. Considerando os benefícios, o presente estudo propõe o desenvolvimento e a avaliação da usabilidade de um sistema tutor inteligente gamificado como otimizador das atuais práticas existentes para ensino sobre a interpretação do ECG.

MÉTODO

Percurso metodológico

Trata-se de um estudo descritivo do tipo *survey*, com abordagem quantitativa, relativo ao desenvolvimento e à apreciação de protótipos interativos de uma nova ferramenta pedagógica para ensino sobre a interpretação do ECG por estudantes de Medicina de uma universidade pública federal e de uma faculdade particular.

Participantes

Foram convidados acadêmicos de Medicina a partir do quinto período de uma universidade pública federal e de um centro universitário particular. Dessa forma, a população foi constituída por 779 estudantes, sendo 351 da instituição pública e 428 da instituição privada, segundo dados fornecidos pela coordenação do curso das respectivas instituições.

A escolha dos estudantes a partir do quinto período do curso tem como base os projetos pedagógicos de cursos (PPC) de Medicina das respectivas instituições, que fazem referência à intensificação de conteúdos relacionados à cardiologia a partir desse momento, apesar de não existir citação direta ao ECG.

No estudo, incluíram-se os estudantes – de qualquer gênero e idade – do quinto ao 12º período do curso de Medicina da universidade pública em questão e do quinto ao 11º período da referida instituição privada. Os critérios de exclusão foram desistência voluntária do programa e não finalização da avaliação do processo.

Produção dos dados

Avaliaram-se os protótipos interativos por meio de um questionário estruturado construído no Google Forms. Todos os discentes foram convidados a responder ao questionário por meio de *e-mail* e mensagens telefônicas. Antes do acesso às telas, o aluno teve acesso à primeira parte do questionário, que

versa sobre características do respondente, tais como dados sociodemográficos e informações acerca do aprendizado do estudante sobre ECG ao longo de sua vida acadêmica, seguindo modelo apresentado por Kopeć et al.¹⁶.

O acesso ao protótipo final foi disponibilizado exclusivamente *on-line* por meio de *link* configurado para acesso *web* por computadores e dispositivos móveis (por exemplo: *smartphone* ou *tablet*). Dessa forma, não se constitui um aplicativo em si para dispositivo móvel, mas um *software web* que pode ser acessado por diferentes plataformas.

Após responder à primeira parte, o usuário foi direcionado para a visualização das telas do protótipo. As instruções sobre como navegar no ECG Tutor foram dadas pela assistente virtual Cora, à medida que o usuário interagia com as funcionalidades das telas. Nesse protótipo, havia um botão com a frase “Avaliar o ECG Tutor” localizado na barra superior da tela e disponível a qualquer momento para acessar o questionário após interação com perguntas sobre análise das telas.

O questionário pós-interação teve como base as métricas de simplicidade, usabilidade, atitude em direção ao uso, intenção de uso e satisfação validadas por meio da metodologia *technology acceptance model* – TAM (modelo de aceitação de tecnologia) no contexto de ambientes educacionais *on-line*^{17,18}. O TAM, plenamente aplicável ao problema da pesquisa por ser específico para os usuários de tecnologia, tem a vantagem de possuir uma forte base teórica. Esse modelo também foi utilizado em diversos estudos realizados na língua portuguesa¹⁹⁻²¹. O padrão de respostas escolhido para as questões de 1 a 13 foi construído por meio de escala do tipo Likert, com quatro opções de respostas, evitando o ponto neutro, conforme sugerido por Garland²². O diferencial semântico proposto é: “discordo totalmente”, “discordo”, “concordo” e “concordo totalmente”.

Ao final do questionário pós-interação, incluíram-se indagações sobre a interação do aluno com o protótipo utilizado, as quais foram extraídas do estudo-piloto de Rubinstein et al.⁶, a saber:

1. Em que grau o ECG Tutor seria útil para o seu aprendizado (de 1 = sem utilidade a 5 = extremamente útil)?
2. Utilizar o ECG Tutor seria estressante (sim/não)?
3. Divertido (sim/não)?
4. Envolvente (sim/não)?
5. Considera que, ao utilizá-lo, você faria bom uso do seu tempo (sim/não)?

Criação de protótipos iniciais de baixa fidelidade

Os protótipos iniciais do *design* gráfico de um STI gamificado para ensino sobre a interpretação do ECG foram desenvolvidos no período de março a julho de 2018. Utilizou-se o programa Adobe XD para a confecção das telas.

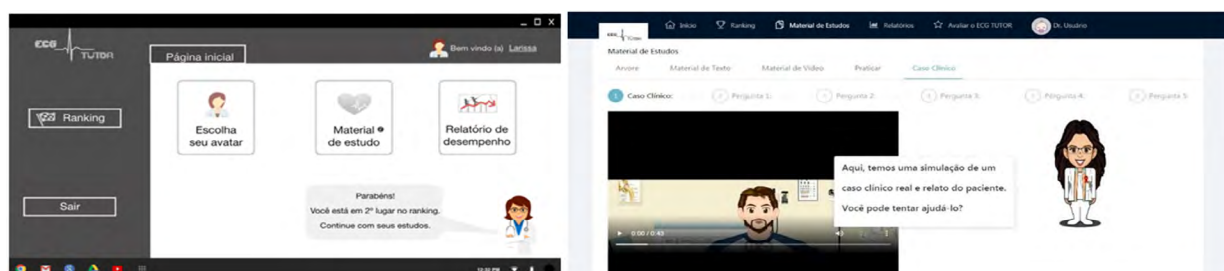
O sistema foi nomeado de ECG Tutor com sua logomarca. Um assistente (tutor) que representasse uma médica/professora (Cora) foi escolhido para guiar o aluno durante a navegação e disponibilizado em todas as telas da plataforma. Todos os conteúdos, ao serem acessados, apresentam as opções de estudo por meio de texto ou videoaula, além de oferecerem questões para avaliar o conhecimento adquirido sobre o assunto (Figura 1).

Idealizaram-se, para exibição do nível de avanço do usuário em relação ao conteúdo total ofertado, um relatório de desempenho individual e um sistema de pontuação com possibilidade de participação em um *ranking* envolvendo todos os usuários. A escolha de um avatar que representasse o usuário também foi concebida como elemento de gamificação.

Desenvolvimento dos protótipos interativos de alta fidelidade

Com o apoio do grupo de pesquisa do Núcleo de Excelência em Tecnologias Sociais (Nees), que sugeriu adaptações e melhorias nos protótipos iniciais, novos protótipos foram desenhados. Uma equipe formada por acadêmicos de Sistemas de Informação e Ciências da Computação foi responsável pelo desenvolvimento dos novos protótipos com

Figura 1. Página inicial: avatar, material de estudo, relatório de desempenho e *ranking*, e tela contendo vídeo com a simulação do caso clínico e orientações.



Fonte: Captura de telas do sistema ECG Tutor.

os ajustes necessários nos requisitos do sistema. Os protótipos são de alta fidelidade, o que implica dizer que possuem a maior fidelidade possível em relação ao produto final. Dessa forma, os protótipos criados são interativos e navegáveis, facilitando a análise e avaliação por parte dos usuários.

A tecnologia *web* atual reaproveitável foi utilizada para implementar a interface gráfica do STI projetado (React – mesma linguagem de programação utilizada no Facebook e Instagram). No desenvolvimento das funcionalidades, utilizou-se plataforma pronta de linguagens de programação (Firebase pertencente à empresa Google). O *design* da gamificação do ECG Tutor passou a promover a instrução gamificada utilizando: ferramentas de recompensa – sistema de pontos e medalhas; diversão – *ranking* e avatar representando o usuário (que evolui ao completar missões); *feedback* – relatório de desempenho; e, por último, persuasão – assistente Cora (para interagir diretamente com os alunos, trazendo mensagens de incentivo, curiosidades e dicas de estudos). A versão interativa possibilitou disponibilizar um caso clínico em vídeo, simulando um cenário prático real com tomada de decisão clínica.

Para a construção do vídeo, utilizou-se o programa Voki. O vídeo mostra um paciente virtual relatando suas queixas em um ambiente de consultório médico (Figura 1). Após, são disponibilizados o ECG do paciente e o ícone de direcionamento para cinco perguntas sobre o caso clínico.

O conteúdo educacional inserido nos protótipos interativos foi elaborado com a ajuda de um grupo de estudantes do curso de Medicina. Apenas uma pequena amostra do conteúdo desenvolvido sobre interpretação de ECG foi implantada nos protótipos interativos, sem o objetivo de abranger toda matriz curricular relacionada ao tema e exclusivamente como demonstração do formato de apresentação do material de estudo do ECG Tutor. Dessa forma, foi disponibilizado o conteúdo ENTENDENDO O TRAÇADO

ELETROCARDIOGRÁFICO NORMAL, com abordagem sobre as *derivações do ECG* e o *Triângulo de Einthoven*, contendo material de texto, vídeo, questões e caso clínico relacionados ao tema.

Após o término da pesquisa, o ECG Tutor foi registrado como programa de computador no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi) – Processo nº BR512019002788-4 – e disponibilizado em plataforma *on-line* com acesso público e gratuito, especialmente destinado a acadêmicos participantes da pesquisa. Os protótipos do ECG Tutor e o vídeo do caso clínico com o paciente virtual podem ser acessados, respectivamente, nos *links*: <https://ecgfront-b11dd.firebaseio.com> e <https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/ecgfrontb11dd.appspot.com/o/WhatsApp%20Video%202019-08-07%20at%2010.29.21.mp4?alt=media&token=effb355b-9699-4621-8b0c-31316969ec38>.

Análise dos dados

Avaliaram-se todos os dados do questionário por meio de análises estatísticas descritivas a partir das frequências absolutas coletadas. Os dados obtidos foram separados em duas partes: questionário pré-interação e questionário pós-interação com os protótipos do ECG Tutor.

Aspectos éticos

O estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisas da Universidade Federal de Alagoas (Ufal) e devidamente aprovado, atendendo às exigências das resoluções do CNS nºs 466/2012 e 510/2016, com CAAE nº 91656318.7.0000.5013. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

RESULTADOS

Os resultados obtidos serão apresentados, conforme uso do ECG Tutor, em duas etapas: pré-interação e pós-interação.

Figura 2. Tela do sistema de condução cardíaca.



Fonte: Captura de tela do sistema ECG Tutor.

Questionário pré-interação (perfil do aluno)

O cálculo do tamanho da amostra não probabilística (ou de conveniência) foi realizado por meio da fórmula simplificada proposta por Yamane²³, buscando garantir um nível de confiança de 95% e $p = 0,5$. De acordo com o cálculo amostral, seriam demandados 187 estudantes da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e 207 estudantes do Centro Universitário Tiradentes de Alagoas (Unit/AL), objetivando intervalo de confiança (IC) de 95% e $p = 0,5$. No entanto, de todos os 779 acadêmicos de Medicina para os quais foi enviado o convite da pesquisa, apenas

53 concordaram com o TCLE e responderam às perguntas. Destes, 15 alunos eram da Ufal e outros 38 da Unit/AL. Dessa forma, não foi atingido o tamanho mínimo da amostra para os menores níveis de precisão ($\pm 10\%$) necessários para um IC = 95% e $p = 0,5$, segundo cálculos sugeridos por Yamane²³. Em contrapartida, segundo Alroobaea et al.²⁴, para a avaliação de usabilidade, uma amostra de cinco pessoas já seria suficiente para identificar mais de 80% dos problemas de usabilidade.

Do total de alunos, 34 (64,1%) eram do sexo feminino, e a idade média dos discentes foi de 24 anos. As respostas ao questionário pré-interação estão sintetizadas na Tabela 1.

Tabela 1. Questionário pré-interação com valores absolutos e percentuais, por instituição de ensino superior.

	IES privada		IES pública	
	Valor (N)	Valor (%)	Valor (N)	Valor (%)
<i>Gênero</i>				
Masculino	9	17,0	10	18,9
Feminino	29	54,7	5	9,4
<i>Idade</i>				
< 20 anos	1	1,9	0	0
20-25 anos	31	58,5	12	22,6
> 25 anos	6	11,3	3	5,6
<i>Período do curso</i>				
5º e 6º	11	20,7	4	7,5
7º e 8º	18	34,0	6	11,3
9º e 10º	9	17,0	4	7,5
11º e 12º	0	0	1	1,9
<i>Participação em liga acadêmica</i>				
Nunca	6	11,3	3	5,6
Cardiologia	3	5,6	2	3,7
Urgência e emergência	3	5,6	2	3,7
Clínica médica	4	7,5	1	1,9
Terapia intensiva	3	5,6	0	0
Outras	19	35,8	7	13,2
<i>Aulas regulares sobre ECG fora da IES</i>				
Nunca	20	37,7	5	9,4
Aula(s)	13	24,5	10	18,9
Curso(s)	5	9,4	0	0

Continua...

Tabela 1. Continuação.

	IES privada		IES pública	
	Valor (N)	Valor (%)	Valor (N)	Valor (%)
<i>Conferências sobre ECG na IES</i>				
Nunca	4	7,5	12	22,6
1 vez	19	35,8	3	5,6
2 vezes	8	15,1	0	0
> 2 vezes	7	13,2	0	0
<i>Técnicas de estudo mais utilizadas</i>				
Estudo autodirigido	20	37,7	13	24,5
Aula expositiva	20	37,7	5	9,4
Caso clínico em ambiente teórico	9	17,0	1	1,9
Caso clínico em ambiente prático	5	9,4	1	1,9
Ambiente <i>on-line</i>	5	9,4	1	1,9
Videoaula	18	34,0	10	18,9
<i>Avaliações/provas sobre ECG na IES</i>				
Nunca	14	26,4	7	13,2
1 vez	22	41,5	8	15,1
2 vezes	2	3,7	0	0
> 2 vezes	0	0	0	0
<i>Quantitativo de aulas sobre ECG na IES</i>				
Poucas	37	69,8	14	26,4
Suficientes	1	1,9	1	1,9
Muitas	0	0	0	0
<i>Autoavaliação sobre habilidade em interpretação de ECG</i>				
Péssima	17	32,0	4	7,5
Ruim	14	26,4	5	9,4
Regular	6	11,3	5	9,4
Boa	0	0	1	1,9
Ótima	1	1,9	0	0

IES = instituição de ensino superior; ECG = eletrocardiograma.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em relação a aulas e cursos extracurriculares sobre ECG, 25 discentes (47,1%) responderam nunca ter frequentado, 23 (43,4%) já participaram de aulas e cinco (9,4%) fizeram cursos sobre o tema, de forma *on-line* ou presencial. Quanto às conferências ofertadas pela grade curricular das instituições de ensino, 16 acadêmicos (30,1%) negaram ter participação, enquanto 22 (41,4%) vivenciaram tal atividade apenas uma vez; oito (15,1%), duas vezes; e sete (13,2%), mais de duas vezes.

Quando perguntados sobre as duas técnicas de estudo/ ensino mais utilizadas pelos alunos para aprender ECG, 20,7% (11 alunos) restringiram-se a escolher apenas uma técnica entre todas as disponíveis na questão. Entretanto, outros 20,7% (11 alunos) optaram por assinalar mais de duas opções. Os métodos de estudo/ensino referidos pelos acadêmicos como mais frequentemente utilizados foram: estudo autodirigido (33 alunos, 62,2%), videoaulas (28 alunos, 52,9%), aulas expositivas (25 alunos, 47,1%), discussões de casos clínicos em ambiente

teórico (dez alunos, 18,9%), discussões de casos clínicos em ambiente prático (seis alunos, 11,3%) e estudo em ambiente de aprendizado *on-line* (seis alunos, 11,3%).

No que concerne às avaliações periódicas acerca de ECG, 39,6% dos estudantes (21) afirmaram nunca ter realizado prova sobre noções básicas ou interpretação de ECG em sua instituição de ensino, enquanto 56,6% (30) realizaram esse tipo de avaliação apenas uma vez durante o curso.

No tocante às aulas sobre ECG ofertadas por todas as disciplinas de forma conjunta, 51 discentes (96,2%) as classificam como quantitativamente insuficientes para seu aprendizado. Finalmente, quando os alunos se autoavaliaram sobre suas habilidades de interpretação dos traçados eletrocardiográficos, as piores notas (péssimo e ruim) foram escolhidas por 75,4% (40), independentemente do período do curso.

Questionário pós-interação (avaliação do ECG Tutor)

Poucos discentes responderam ao questionário após interagirem com os protótipos. Alguns desses alunos relataram, via *e-mail* ou mensagens telefônicas, dificuldades em encontrar o *link* de acesso ao questionário pós-interação utilizando *smartphone*. Diante dessas informações, enviaram-se novas instruções, e disponibilizou-se um link direto aos discentes por meio de *e-mail* e mensagens telefônicas.

Após envio de novas instruções, dos 53 graduandos que concordaram em participar da pesquisa, apenas 14 responderam ao questionário após interagirem com os protótipos: 50% do sexo masculino, com média de 24 anos.

As respostas aos itens da primeira parte dessa avaliação estão disponíveis no Gráfico 1.

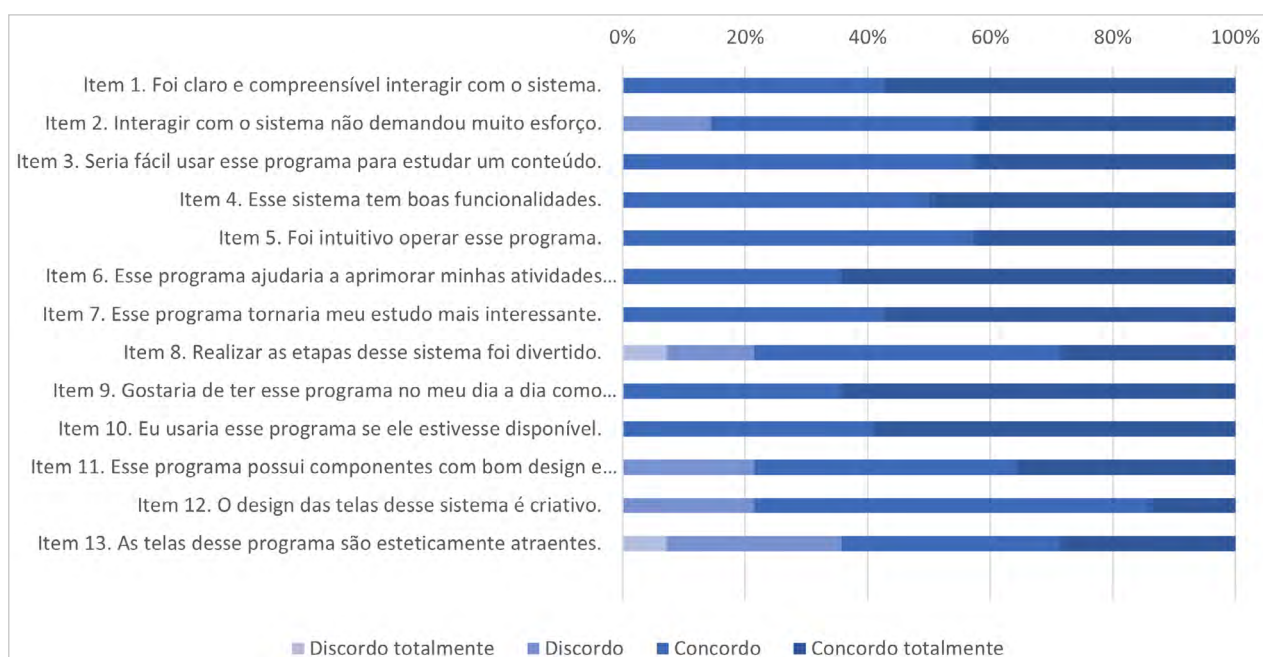
Todos os alunos concordaram, em diferentes graus (concordo e concordo totalmente), que foi claro e compreensível interagir com o sistema e que seria fácil usá-lo para estudar um conteúdo. A maioria (12 alunos, 85,7%) julgou que interagir com os protótipos não demandou muito esforço.

As características relacionadas à utilidade percebida, abordadas nas questões 4, 5 e 6, foram muito bem avaliadas pelos estudantes, com total aprovação (concordo e concordo totalmente) em todas as perguntas. As questões 7, 8 e 9, que retratam a atitude em direção ao uso, também demonstraram elevada aceitação. Todos os discentes responderam que o ECG Tutor tornaria seu estudo mais interessante, bem como gostariam de ter esse programa no dia a dia. No entanto, três estudantes (21,4%) não entenderam a interação como algo divertido.

Ao responderem à décima assertiva do questionário, todos os discentes sinalizaram que usariam o ECG Tutor se ele estivesse disponível, com percentual elevado de concordância total (dez alunos, 71,4%).

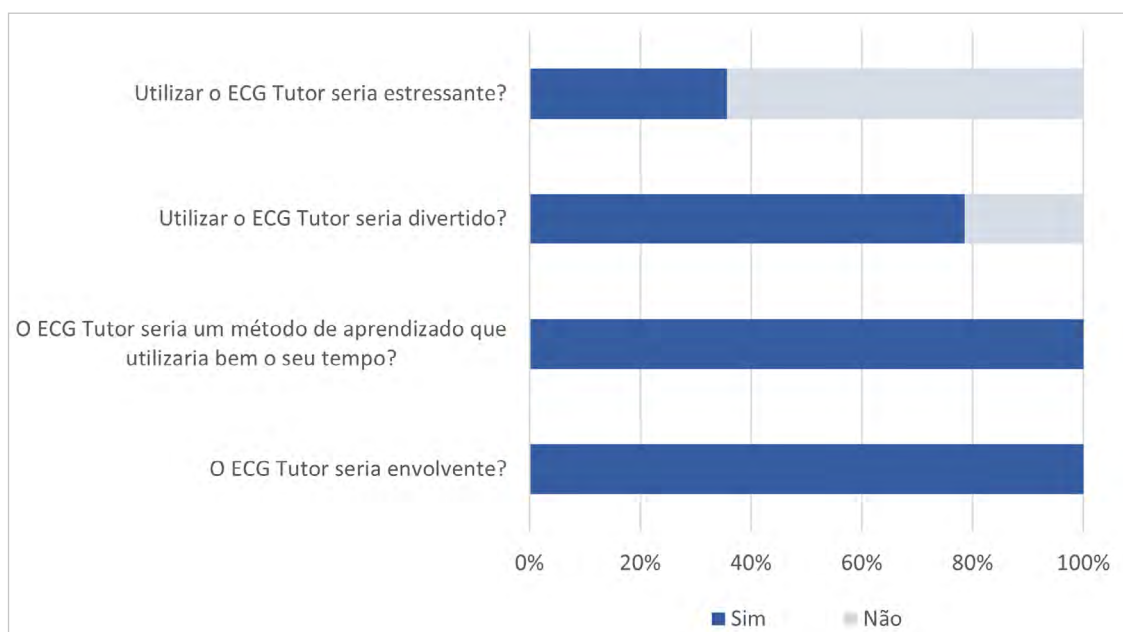
A última variável do TAM a ser avaliada foi a estética dos protótipos, englobando as questões 11 a 13. Ambas as afirmações das assertivas 11 e 12 (componentes do programa possuem bom *design* e estilo; *design* das telas é criativo) obtiveram 21,4% de discordância (três alunos). A rejeição foi maior para a última questão, na qual cinco estudantes (35,7%) contrapuseram-se à alegação de que as telas do programa seriam esteticamente atraentes.

Gráfico 1. Primeira parte da avaliação dos protótipos interativos do ECG Tutor realizada pelos discentes por meio do questionário de usabilidade baseado no *technology acceptance* modelo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico 2. Segunda parte da avaliação dos protótipos interativos do ECG Tutor realizada pelos discentes por meio do questionário baseado no modelo de Rubinstein et al.⁶



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a interação com os protótipos, os discentes também responderam ao questionário com *feedback*, baseado no modelo de Rubinstein et al.⁶. À primeira delas, a totalidade dos alunos respondeu que o ECG Tutor seria muito ou extremamente útil para seu aprendizado em ECG.

Em seguida, os participantes responderam a uma sequência de questões, assinalando sim ou não (Gráfico 2). Assim sendo, 64,2% (nove) afirmaram que utilizar o ECG Tutor não seria estressante, e 78,5% (11) avaliaram que seria divertido. Finalmente, todo o grupo que interagiu com os protótipos deliberou que o ECG Tutor seria um método de aprendizado que utilizaria bem o seu tempo e ainda que seria possível manter-se concentrado e ativo durante o estudo com o sistema.

DISCUSSÃO

Os resultados apresentados demonstraram que os discentes do curso médico aprovam a utilização de STI, sugerindo que essa tecnologia deve ser mais bem explorada como ferramenta auxiliar para aprendizado do ECG.

Conforme um artigo de revisão sobre programas de computador voltados para o ensino de ECG¹⁰ e até a conclusão da análise dos dados deste trabalho, não foram encontrados na literatura evidências da existência de um STI associado à gamificação para ensino de ECG. Embora não tenham sido encontrados trabalhos que utilizam explicitamente tecnologias STI e gamificação, vale destacar alguns trabalhos relacionados que investigam o uso de outras tecnologias para ensino de

ECG com avaliação de usabilidade pelos estudantes^{7,25,26}. Particularmente, os resultados do teste de usabilidade do aplicativo proposto por Lima et al.²⁵ indicam excelente aceitação da usabilidade dos estudantes. O trabalho de Montassier et al.⁷ conduziu um estudo randomizado controlado para avaliar uma estratégia de *e-learning* na aprendizagem de ECG que se mostrou eficaz para aquisição de habilidades de interpretação de ECG por estudantes de Medicina. Este trabalho diferencia-se dos relacionados porque desenvolve e avalia uma aplicação baseada em inteligência artificial que busca promover uma estratégia pedagógica individualizada, ao mesmo tempo que estimula o maior engajamento dos estudantes no uso elementos de jogos, constituindo assim características originais em relação à literatura.

O estudo de Kopeć et al.¹⁶ avaliou a competência em interpretação de ECG de 536 estudantes de Medicina por meio de questionário *on-line*. O perfil educacional de seus participantes também foi analisado. Apesar de existir concordância com os estudos provenientes de diversas instituições em todo mundo sobre a deficiência no aprendizado em ECG, poucas vezes a percepção do aluno sobre seu próprio conhecimento foi abordada. Quando se abordaram as atividades avaliativas sobre ECG, a maioria dos estudantes poloneses (90%) referiu ter realizado provas contendo interpretação eletrocardiográfica. No entanto, 40% dos acadêmicos desta pesquisa afirmam nunca ter realizado prova sobre noções básicas ou interpretação de ECG em sua instituição de ensino. Esse dado, além de

divergente, é preocupante, uma vez que a submissão dos discentes a avaliações periódicas sobre ECG, segundo Raupach et al.⁵, contribui positivamente para o desempenho deles.

Segundo Fent et al.⁹, não se pode determinar qual o método mais efetivo para ensino eletrocardiográfico. Aparentemente, a associação de múltiplas técnicas é necessária.

De forma geral, os protótipos interativos foram bem avaliados pelos estudantes de Medicina em relação à facilidade de uso, à utilidade, à atitude em direção ao uso e à intenção de uso. Essa última variável do TAM, de acordo com Fathema et al.¹⁸, indica a intenção de usar o sistema no futuro e determinará o uso real do sistema.

Entretanto, os elementos de gamificação e a estética não obtiveram índices de aprovação satisfatórios. Possivelmente, os elementos de gamificação que incluem estratégias de recompensa e ambiente descontraído não ficaram tão evidentes nos protótipos do ECG Tutor, como defendem alguns autores¹⁵.

Apesar da possibilidade de interação com uma tecnologia inovadora para o ensino do ECG, poucos alunos participaram do estudo. Entre as limitações do estudo, destacam-se a pequena amostra – que pode ser justificada pela dificuldade de acesso por meio de dispositivos móveis e funcionalidades –, os elementos rudimentares de gamificação e estética, e o curto intervalo de tempo de aplicação da pesquisa. Porém, conforme mencionado anteriormente, Alroobaea et al.²⁴ sugerem que uma amostra de cinco pessoas já seria suficiente para identificar mais de 80% dos problemas de usabilidade e que, com 15 participantes, já se poderiam identificar em média mais de 97% dos problemas de usabilidade de uma aplicação.

CONCLUSÕES

Os resultados encontrados neste estudo apontam que, apesar da insatisfação com aspectos relacionados ao *design* e à gamificação, uma nova ferramenta para ensino de ECG baseada na estrutura de um STI gamificado seria utilizada por acadêmicos de Medicina como auxiliadora no processo de ensino-aprendizagem, se estivesse disponível. Mudanças e avaliações sequenciais serão úteis no aprimoramento e na conclusão da solução computacional final. Diante disso, a equipe de estudo pretende aperfeiçoar os protótipos do ECG Tutor para transformá-lo em um produto que possa ser completamente funcional, inclusive com versão adaptada em forma de aplicativo para dispositivos móveis. Finalmente, planeja-se testar o impacto da solução final do programa no aprendizado dos estudantes de Medicina, bem como avaliar em quais contextos de uso um STI gamificado para ensino de ECG poderia ser mais efetivo.

Novos estudos são necessários para avaliar a aceitação dos discentes, a existência de melhoria no aprendizado do ECG após

uso do programa, para propor outras estratégias gamificadas visando aumentar o engajamento dos estudantes e para comparar o STI gamificado com outras abordagens baseadas em *e-learning* para ensino de ECG. Espera-se que este trabalho acadêmico possa contribuir para pesquisas futuras e culminar no desenvolvimento de novas ferramentas para o ensino do ECG.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Larissa Acioli Pereira realizou o trabalho acadêmico de conclusão de curso (Tacc) para defesa de mestrado, o qual serviu de base para o artigo, e apoiou o planejamento da pesquisa, a confecção dos protótipos de tela, a coleta e análise dos dados, e a redação do artigo. Lisley Lylás dos Santos Leão auxiliou na elaboração do material que deu origem ao artigo (defesa de mestrado da primeira autora e pesquisa de iniciação científica) e na confecção da redação do artigo. Diego Dermeval foi orientador do Tacc para defesa de mestrado da primeira autora, participou na condição de supervisor de todas as etapas de desenvolvimento do trabalho e orientou e revisou a escrita do artigo. Jorge Artur Peçanha de Miranda Coelho foi coorientador do Tacc para defesa de mestrado da primeira autora e participou da análise dos dados.

CONFLITO DE INTERESSES

Declaramos não haver conflito de interesses.

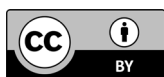
FINANCIAMENTO

Declaramos não haver financiamento.

REFERÊNCIAS

1. Lavranos G, Koliaki C, Briasoulis A, Nikolaou A, Stefanadis C. Effectiveness of current teaching methods in cardiology: the skills (medical students knowledge integration of lower level clinical skills) study. *Hippokratia*. 2013 Jan;17(1):34-7.
2. Hatala RM, Norman GR, Brooks LR. Impact of a clinical scenario on accuracy of electrocardiogram interpretation. *J Gen Intern Med*. 1999;14(2):126-9.
3. Hatala RM, Brooks LR, Norman GR. The critical role of mixed practice in the acquisition of ECG interpretation skills. *Adv Health Sci Educ*. 2003;8(1):17-26.
4. Viljoen CA, Scott Millar R, Engel ME, Shelton M, Burch V. Is computer-assisted instruction more effective than other educational methods in achieving ECG competence among medical students and residents? Protocol for a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2017 Dec;7(12):e018811.
5. Raupach T, Hanneforth N, Anders S, Pukrop T, Th J ten Cate O, Harendza S. Impact of teaching and assessment format on electrocardiogram interpretation skills. *Med Educ*. 2010 May 28;44(7):731-40.
6. Rubinstein J, Dhoble A, Ferenchick G. Puzzle based teaching versus traditional instruction in electrocardiogram interpretation for medical students: a pilot study. *BMC Med Educ* 2009;9:4.
7. Montassier E, Hardouin J-B, Segard J, Batard E, Potel G, Planchon B, et al. e-Learning versus lecture-based courses in ECG interpretation for undergraduate medical students. *Eur J Emerg Med*. 2016 Apr;23(2):108-13.

8. Antiperovitch P, Zareba W, Steinberg JS, Bacharova L, Tereshchenko LG, Farre J, Nikus K, Ikeda T, Baranchuk A. Proposed In-Training Electrocardiogram Interpretation Competencies for Undergraduate and Postgraduate Trainees. *J Hosp Med*. 2018 Mar 1;13(3):185-193.
9. Fent G, Gosai J, Purva M. Teaching the interpretation of electrocardiograms: which method is best? *J Electrocardiol*. 2015 Mar-Apr;48(2):190-3.
10. Pontes PAI, Chaves RO, Castro RC, Souza ÉF de, Seruffo MCR, Francês CRL. Educational software applied in teaching electrocardiogram: a systematic review. *BioMed Res Int*. 2018;2018:1-14.
11. Dermeval D, Paiva R, Bittencourt II, Vassileva J, Borges D. Authoring tools for designing intelligent tutoring systems: a systematic review of the literature. *Int J Artif Intell Educ*. 2017 Oct 31;28(3):336-84.
12. Jackson GT, McNamara DS. Motivation and performance in a game-based intelligent tutoring system. *J Educ Psychol*. 2013 Nov;105(4):1036-49.
13. Berkovsky S, Coombe M, Freyne J, Bhandari D, Baghaei N. Physical activity motivating games: virtual rewards for real activity. Proceedings of the Sigchi Conference on Human Factors in Computing Systems. CHI 2010, Atlanta, GA, USA. p. 243-52.
14. Werbach K, Hunter D. For the win: how game thinking can revolutionize your business. Wharton Digital Press; Wharton School of the University of Pennsylvania, 2012.
15. McCoy L, Lewis JH, Dalton D. gamification and multimedia for medical education: a landscape review. *J Am Osteopath Assoc*. 2016;116(1):22-34.
16. Kopeć G, Magoń W, Hołda M, Podolec P. Competency in ECG interpretation among medical students. *Med Sci Monit*. 2015 Nov 6; 21:3386-94.
17. Holden H, Rada R. Understanding the influence of perceived usability and technology self-efficacy on teachers' technology acceptance. *Journal of Research on Technology in Education*. 2011 June;43(4):343-67.
18. Fathema N, Shannon D, Ross M. Expanding the technology acceptance model (TAM) to examine faculty use of learning management systems (LMSS) in higher education institutions. *J Online Learn Teach*. 2015 June;11(2): 210-32.
19. Bavaresco RS, Barbosa JLV. Um modelo um modelo sensível ao contexto para avaliação da saúde mental por meio da variabilidade da frequência cardíaca. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde, 2019, Niterói. Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 58-69.
20. Gluz J, Bueno E, Peres RK, Galafassi FPS. Tutoria inteligente completa para os conceitos formais da lógica proposicional: experimentos e resultados. Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. 2017;28(1):1107-16.
21. Andrade TL de, Almeida CMM de, Barbosa JLV, Rigo SJ. Metodologias ativas integradas a um sistema de recomendação e mineração de dados educacionais para a mitigação de evasão em EaD. Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. SBC; 2021. p. 824-35.
22. Garland R. The Mid-Point on a Rating Scale: Is it Desirable? *Marketing Bulletin*; 1991, 2, p. 66-70.
23. Israel GD. Determining sample size. Florida: Agricultural Education and Communication Department, University of Florida, Ifas Extension; 1992 [acesso em nov 2019]. Disponível em: https://www.gjimt.ac.in/wp-content/uploads/2017/10/2_Glenn-D-Israel_Determining-Sample-Size.pdf.
24. Alroobaea R, Mayhew PJ. How many participants are really enough for usability studies? Science and Information Conference. London, UK IEEE; 2014. p. 48-56.
25. Lima CJM de, Coelho RA, Medeiros MS, Kubrusly M, Marçal E, Peixoto Júnior AA. Desenvolvimento e validação de um aplicativo móvel para o ensino de eletrocardiograma. *Rev Bras Educ Med*. 2020;43:157-65.
26. Fent G, Gosai J, Purva M. A randomized control trial comparing use of a novel electrocardiogram simulator with traditional teaching in the acquisition of electrocardiogram interpretation skill. *J Electrocardiol*. 2016 Mar 1;49(2):112-6.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.