

Desenvolvimento de um aplicativo para ensino de ultrassonografia pulmonar em emergência

Development of an application for teaching pulmonary ultrasound in an emergency

Erik Macedo¹ caetanoerik@yahoo.com.br
Paulo Goberlânio de Barros Silva¹ paulo_goberlanio@yahoo.com.br
Edgar Marçal² edgar@virtual.ufc.br
Juliana Paiva Marques Lima Rolim¹ julianapml@yahoo.com.br
Marcelo Azeredo Terra³ marceloterra19@gmail.com

RESUMO

Introdução: A utilização de protocolos de ultrassonografia revolucionou o atendimento na medicina de emergência e pode auxiliar no diagnóstico de insuficiência respiratória no pronto atendimento. Assim, torna-se importante o treinamento médico para a utilização desses protocolos. Já foi demonstrado também que os aplicativos de *smartphone* médico têm resultados positivos na prática diária, além de serem uma ferramenta educacional potencialmente valiosa.

Objetivo: Dessa forma, o objetivo deste estudo foi desenvolver um aplicativo em ultrassonografia pulmonar de emergência. O BLUE SIM é um aplicativo de celular que simula atendimentos de casos clínicos utilizando o protocolo *Bedside Lung Ultrasound in Emergency*, o qual pode auxiliar alunos e profissionais da área da saúde a usar a ultrassonografia pulmonar no atendimento da insuficiência respiratória aguda. A hipótese é que o BLUE SIM será um aplicativo usável e aceitável entre os usuários.

Método: Após desenvolvido, avaliou-se o aplicativo com 36 voluntários: 18 fisioterapeutas, um médico, sete enfermeiros e dez acadêmicos de Medicina. Analisaram-se a usabilidade e a utilidade de uma aplicação móvel para o sistema iOS, utilizando como referências a escala de usabilidade *System Utility Score* (SUS) e o modelo de aceitação *Technology Acceptance Model* (TAM). Os dados obtidos foram tabulados e analisados pelo teste exato de Fisher ou Mann-Whitney.

Resultado: Pela aplicação do questionário SUS (usabilidade), o aplicativo obteve um escore de 76,8%. Exclusivamente entre os fisioterapeutas, obteve-se um escore de 75%, não havendo diferença estatística entre o grupo geral de todos os profissionais emergencistas e o grupo somente de fisioterapeutas ($p = 0,239$). Segundo a análise de percepção de utilidade, 93,9% dos profissionais emergencistas responderam positivamente, enquanto, entre os fisioterapeutas, obteve-se um escore de 88,9% ($p = 0,04$).

Conclusão: O aplicativo desenvolvido foi classificado de utilidade na aprendizagem do diagnóstico de insuficiência respiratória entre os profissionais, contudo eles consideraram que é necessário um treinamento para o uso da ferramenta.

Palavras-chave: *Smartphones*; Ensino; Ultrassonografia.

ABSTRACT

Introduction: The use of ultrasound protocols has revolutionized care in emergency medicine and can help in the diagnosis of respiratory failure in emergency care; therefore, medical training for the use of these protocols has become important. It has also been demonstrated that medical smartphone apps have positive results in daily practice, in addition to being a potentially valuable educational tool.

Objective: Thus, the objective was to develop an emergency pulmonary ultrasound application. The "BLUE SIM" is a cell phone application that simulates clinical cases using the "Bedside Lung Ultrasound in Emergency" protocol, which can help students and health professionals regarding the use of pulmonary ultrasound in the care of acute respiratory failure. The hypothesis is that the "BLUE SIM" will be a usable and acceptable application among users.

Method: After the development, the application was evaluated with a group of 36 volunteers, which included 18 physical therapists and 18 other professionals consisting of physicians, nurses and medical students. The usability and usefulness of a mobile application for the iOS system was analyzed, using the *System Utility Score* (SUS) usability scale and the *Technology Acceptance Model* (TAM) as references. The obtained data were tabulated and analyzed using Fisher's exact test or Mann-Whitney test.

Result: When applying the SUS questionnaire (usability), the application obtained a score of 76.8%. A score of 75% was obtained exclusively among physical therapists, with no statistical difference between the general group of all emergency professionals and the group of physical therapists only ($p=0.239$). According to the usefulness perception analysis, 93.9% of the emergency professionals had a positive response, while a score of 88.9% was obtained among physical therapists ($p=0.04$).

Conclusion: It was concluded that the developed application was classified as useful in learning the diagnosis of respiratory failure among health professionals; however, they considered that training is necessary for its use.

Keywords: *smartphones*; teaching; ultrasonography.

¹Centro Universitário Christus, Fortaleza, Ceará, Brasil.

²Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

³Centro Universitário Plínio Leite, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

Editora-chefe: Rosiane Viana Zuza Diniz.

Editor associado: Roberto Esteves.

Recebido em 25/05/22; Aceito em 04/02/23.

Avaliado pelo processo de *double blind review*.

INTRODUÇÃO

A insuficiência respiratória aguda é a perda da capacidade do sistema respiratório em manter a ventilação e/ou a oxigenação, de instalação aguda. Trata-se de um dos maiores desafios do profissionais de saúde emergencista e intensivista¹.

No pronto atendimento, há suspeita de insuficiência respiratória quando existem sinais de desconforto respiratório. Nesse caso, o diagnóstico é confirmado por meio da gasometria arterial e da aferição da oximetria de pulso. Em alguns casos, a etiologia fica evidente após a anamnese e o exame físico. Em outros casos, mesmo após a anamnese e o exame físico adequados, como gasometria arterial e radiografia de tórax, o diagnóstico não é claro. A ultrassonografia pulmonar à beira do leito tem um importante papel de complementar o exame clínico padrão nesses casos^{1,2}.

Os protocolos de ultrassonografia *point-of-care ultrasound* (POCUS) revolucionaram o atendimento na medicina de emergência, uma vez que são protocolos rápidos, possíveis de realizar à beira do leito, em que aparelhos portáteis de ultrassonografia podem gerar imagens em alta definição, de modo a revelar a estrutura e o funcionamento de órgãos. O manejo clínico envolvendo o uso precoce de Pocus orienta com precisão o diagnóstico, reduz significativamente a incerteza diagnóstica dos médicos e também muda o gerenciamento e a utilização de recursos. Nesse sentido, o protocolo *Bedside Lung Ultrasound in Emergency* (Blue) criado por Lichtenstein et al.³ pode se mostrar efetivo no diagnóstico rápido da insuficiência respiratória aguda.

Estudo recente publicado no jornal *Critical Care Medicine* demonstrou que a radiografia tem uma baixa sensibilidade e uma razoável especificidade quando comparada à tomografia na detecção de patologias pulmonares em pacientes críticos. De acordo com esse estudo, a ultrassonografia pulmonar é superior à radiografia torácica em termos de sensibilidade e com similar especificidade, e, por conta disso, é indicada como ferramenta diagnóstica de primeira linha em pacientes críticos⁴.

A ultrassonografia pulmonar é uma modalidade de exame de imagem rápida, replicável e mais fácil de aprender em comparação com outras técnicas de ultrassonografia. A ultrassonografia pulmonar diminui a exposição do paciente a radiações ionizantes e contribui para a segurança dos profissionais, pois é um exame que pode ser realizado à beira do leito, evitando o transporte intra-hospitalar e possíveis riscos de contaminação. Aparelhos portáteis, alguns que cabem no bolso do uniforme, são utilizados na prática diária como uma extensão do exame clínico à beira do leito. Os achados ultrassonográficos encontrados no paciente que chega à emergência com suspeita de Covid-19 permitem que

seja realizado o isolamento até mesmo antes do resultado do RT-PCR (*swab*). Nesse cenário, a ultrassonografia tem uma sensibilidade superior à radiografia de tórax. Nos pacientes internados em unidades de terapia intensiva, é possível usar a ultrassonografia pulmonar para monitorar a progressão da doença e acompanhar os efeitos de mudanças na ventilação mecânica e das manobras de recrutamento alveolar⁵.

O uso da ultrassonografia pulmonar ganhou uma nova importância com o advento da pandemia da Covid-19. A ultrassonografia pulmonar provou ser uma ferramenta de diagnóstico de primeira linha quando se trata de pacientes com Covid-19. A ultrassonografia apresenta uma sensibilidade de 90,2% e especificidade de 88,8% na pneumonia por Covid-19⁶.

Por causa da pandemia da Covid-19 e da necessidade do afastamento social, aulas presenciais foram canceladas. Educadores tiveram que ser criativos e desenvolveram um caminho alternativo para a transmissão de conhecimentos e ensino de novas habilidades psicomotoras. Plataformas educacionais estão em constante evolução para atender a essa demanda, sendo frequente o uso de simulação, realidade virtual e treinamento via internet em módulos.

Tradicionalmente, os programas de treinamento em Pocus incluem diversos elementos, tais como sessões teóricas, práticas *hands-on* e exames supervisionados⁷.

Já as tecnologias móveis (celulares e *tablets*) estão revolucionando o aprendizado. Atualmente existem diversas aplicações relevantes desses dispositivos no ensino médico⁸. Novas técnicas de ensino em aplicativos, tais como a "gamificação" e a simulação, estão sendo incorporadas de forma crescente.

As grandes transformações que vêm acontecendo no ensino médico exigem que sejam englobados todos os aspectos da prática médica, sendo eles: conhecimento, habilidades e atitudes esperadas (padrões de atendimento). Nesse contexto, a simulação tem ganhado destaque, pois trata-se de uma técnica que pode facilitar os domínios cognitivo, psicomotor e afetivo.

O uso da técnica de simulação possibilita um aumento da segurança do profissional, uma vez que há maior uniformidade no treinamento em um ambiente de ensino controlado, e prepara com maior qualidade os alunos para situações cotidianas, raras e até mesmo eventos inesperados. A experiência e o treinamento do operador na execução do procedimento são determinantes no resultado técnico, de modo a aumentar a qualidade dos cuidados destinados aos pacientes.

Atualmente na simulação da ultrassonografia pulmonar, utilizam-se os *phantoms* (manequins) ou simuladores virtuais com elevado custo de aquisição. A hipótese é que o BLUE SIM será um aplicativo usável e aceitável entre os usuários. O BLUE

SIM poderá possibilitar uma diminuição nos custos e uma simplificação na formatação de treinamentos e cursos. Diante disso, objetivou-se desenvolver um aplicativo de situações em simulação em saúde e avaliar a usabilidade e aceitabilidade dele entre profissionais emergencistas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo compreendeu uma avaliação analítica, transversal, descritiva e quantitativa. A primeira etapa consistiu na seleção do público-alvo e na escolha dos tópicos a serem explorados no aplicativo. Após aprovação do Comitê de Ética (Parecer nº 4.311.354), desenvolveu-se o aplicativo que simula diferentes situações clínicas previstas no protocolo Blue. Profissionais das áreas de medicina de emergência desenvolveram o aplicativo. Um desses profissionais avaliou o aplicativo no Departamento de Inovação Tecnológica do Centro Universitário Christus (Unichristus). Foram desenvolvidas versões do aplicativo para as plataformas móveis Android e iOS.

O aplicativo denominado BLUE SIM propõe-se a simular atendimentos de casos clínicos utilizando o protocolo Blue, podendo auxiliar na capacitação de alunos e profissionais da área da saúde no uso da ultrassonografia pulmonar, no atendimento da insuficiência respiratória aguda.

Para o uso do aplicativo, após acionar o comando “entrar” na tela do celular, o usuário tem a opção de escolher um dos casos disponíveis. Cada caso apresenta: história, exame físico, exames laboratoriais, radiografia de tórax e imagens ultrassonográficas pulmonares. O estudante, de forma similar ao que vivenciamos com o uso de celulares que se comunicam com aparelhos de ultrassonografia portáteis, observa imagens de cada caso nas janelas superior, inferior e posterior. A análise das imagens é feita com o estudo da linha pleural e dos artefatos (linhas A e linhas B), chegando dessa forma ao diagnóstico de diferentes situações clínicas, tais como: edemas pulmonares, pneumonias, derrames pleurais, pneumotórax e outras causas de insuficiência respiratória.

O usuário responde a um *quiz* após a visualização dos achados ultrassonográficos de cada caso. As perguntas ajudam no raciocínio clínico e seguem as orientações e o fluxograma do protocolo Blue. O *quiz* avalia a presença de deslizamento pleural, a ocorrência de linhas B patológicas e a provável causa da insuficiência respiratória. No final de cada caso, está disponível um comentário com uma breve discussão sobre os achados ultrassonográficos⁹.

A etapa seguinte do estudo consistiu em determinar a amostra para o teste de usabilidade. Durante o desenvolvimento do aplicativo, realizaram-se testes de usabilidade para identificar possíveis problemas na interação entre o usuário e a interface, antes da comercialização. A usabilidade pode ser avaliada

harmonizando seus atributos principais: o potencial de a interface ser compreendida pelo usuário (“efetividade”), por meio de uma navegação fácil (“eficiência”), que é amigável (“satisfação”).

A amostra para o teste de usabilidade e utilidade foi composta por 36 profissionais: 18 fisioterapeutas, um médico, sete enfermeiros e dez acadêmicos de medicina. Todos os voluntários responderam ao questionário após a conclusão de treinamento em ultrassonografia. A amostra foi escolhida ao acaso para reduzir o viés da pesquisa. O tamanho da amostra estipulada pelos idealizadores da escala *System Utility Score* (SUS) é de 12 participantes¹⁰. O referido estudo foi conduzido com um número maior de participantes para minimizar possíveis perdas.

Os voluntários utilizaram o aplicativo em seus locais de trabalho, de forma individual, no local de atendimento ao paciente, no mês de outubro de 2021. O uso do aplicativo foi conduzido pelo mesmo avaliador de forma a minimizar quaisquer vieses que possam interferir na avaliação final do produto.

A próxima etapa do estudo consistiu em conduzir o teste de usabilidade e a percepção de utilidades. Para isso, utilizou-se um questionário de avaliação baseado em questionários existentes, o qual consiste em quatro partes:

- Parte 1: desenvolvida com fim de obter informações referentes a experiências com profissão e sobre a experiência de cada participante com ultrassonografia de emergência.

- Parte 2: baseada no questionário SUS¹¹, validado em língua portuguesa em 2011¹², que objetiva coletar informações sobre a facilidade de uso (usabilidade) do aplicativo desenvolvido e a simplicidade em aprender a usá-lo (facilidade de aprendizado).

- Parte 3: baseada no Modelo de Aceitação de Tecnologia de Davis (*Technology Acceptance Model – TAM*)¹³, com o objetivo de identificar o nível de utilidade do sistema percebido pelos usuários – utilidade percebida.

- Parte 4: composta por duas questões subjetivas, que documentam as opiniões dos participantes em relação aos pontos positivos e negativos, e as sugestões de melhorias para o aplicativo.

O teste de usabilidade se caracteriza como um método de fácil aplicação para averiguação da usabilidade de sistemas, em que cada questão contém cinco opções de respostas que seguem a escala de Likert¹⁴ de 5 pontos (discordo totalmente, discordo, indiferente, concordo e concordo totalmente). A escala SUS caracteriza-se como um modelo de fácil aplicação para averiguação da usabilidade de sistemas¹⁵.

Para cálculo do SUS, no caso das respostas redigidas positivamente (ímpares), subtraiu-se 1 da pontuação; e, no caso das respostas redigidas negativamente (pares), foi subtraído 5 do valor da resposta. Em seguida, realizaram-se

a soma dos escores resultantes e a multiplicação do valor por 2,5 para obter a pontuação final, que pode ir de 0 a 100. Conforme afirmado por Sauro et al.¹⁶, o SUS foca a análise de dois fatores principais do sistema: usabilidade e capacidade de aprendizado¹⁰.

Para o TAM, foi realizada a soma das quatro respostas multiplicadas por 5 para obter a pontuação final, que pode ir de 0 a 100.

Todos os testes foram aplicados por dois avaliadores calibrados de forma a minimizar quaisquer vieses que pudessem interferir na avaliação final¹⁷.

Os escores finais SUS e TAM foram expressos em forma de média, e estabeleceu-se o desvio-padrão de cada item dos questionários por meio do teste exato de Fisher ou Mann-Whitney ($p < 0,05$). Os dados foram tabulados no Microsoft Excel e exportados para o *software* Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 20,0 para

Windows, adotando uma confiança de 95% e significância estabelecida em $p < 0,05$.

RESULTADOS

A análise dos dados foi realizada a partir das respostas ao instrumento de avaliação. Analisaram-se mais detalhadamente os ganhos associados à usabilidade, à facilidade de aprendizado e à utilidade percebida pelos participantes sobre o uso do BLUE SIM.

A Tabela 1 apresenta um resumo da análise sobre a parte 2 do questionário de avaliação, que corresponde às questões baseadas na escala SUS, e sobre a parte 3, que corresponde às questões do questionário TAM. Os resultados demonstram que o aplicativo BLUE SIM recebeu uma avaliação de usabilidade de 76,8%. Esses valores estatísticos foram calculados a partir de orientações presentes no livro de Sauro¹⁰ sobre as melhores práticas para uso do SUS.

Tabela 1. Descritivo do SUS e TAM

	Média±DP	Escala de Likert				
		1	2	3	4	5
SUS	76,81±9,27					
Eu acho que gostaria de usar esse aplicativo frequentemente.	4,50±0,65	0(0,0%)	0(0,0%)	1(2,8%)	15(41,7%)	20(55,6%)
Eu achei esse aplicativo desnecessariamente complexo.	1,97±0,51	5(13,9%)	27(75,0%)	4(11,1%)	0(0,0%)	0(0,0%)
Eu achei o aplicativo fácil para usar.	4,58±0,69	0(0,0%)	1(2,8%)	1(2,8%)	10(27,8%)	24(66,7%)
Eu acho que precisaria do apoio de um suporte técnico para usar esse aplicativo.	2,39±0,90	5(13,9%)	16(44,4%)	12(33,3%)	2(5,6%)	1(2,8%)
Eu achei que as várias funções do aplicativo estavam bem integradas.	4,50±0,81	0(0,0%)	2(5,6%)	1(2,8%)	10(27,8%)	23(63,9%)
Eu achei que havia muita inconsistência no aplicativo.	2,06±0,53	4(11,1%)	26(72,2%)	6(16,7%)	0(0,0%)	0(0,0%)
Imagino que a maioria das pessoas possa aprender a utilizar esse aplicativo rapidamente.	4,56±0,69	0(0,0%)	1(2,8%)	1(2,8%)	11(30,6%)	23(63,9%)
Achei o aplicativo muito complicado de usar.	1,97±0,77	8(22,2%)	23(63,9%)	4(11,1%)	0(0,0%)	1(2,8%)
Eu me senti muito confiante em utilizar esse aplicativo.	4,25±0,91	1(2,8%)	1(2,8%)	2(5,6%)	16(44,4%)	16(44,4%)
Eu precisei aprender várias coisas antes que eu pudesse começar a usar esse aplicativo.	3,28±1,11	1(2,8%)	10(27,8%)	8(22,2%)	12(33,3%)	5(13,9%)
TAM	91,34±8,33					
O treinamento no protocolo Blue será mais efetivo com o uso do aplicativo BLUE SIM.	4,47±0,56	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	13(36,1%)	23(63,9%)
O uso do aplicativo BLUE SIM permite um controle melhor do aprendizado do protocolo Blue.	4,58±0,60	0(0,0%)	0(0,0%)	1(2,8%)	17(47,2%)	18(50,0%)

Continua...

Tabela 1. Continuação.

	Média±DP	Escala de Likert				
		1	2	3	4	5
SUS	76,81±9,27					
O aplicativo BLUE SIM simula situações clínicas que são evidenciadas na prática clínica, no manejo da insuficiência respiratória aguda.	4,58±0,50	0(0,0%)	0(0,0%)	1(2,8%)	13(36,1%)	22(61,1%)
O uso do aplicativo BLUE SIM melhora a qualidade do treinamento.	4,64±0,49	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	15(41,7%)	21(58,3%)

Dados expressos em forma de frequência absoluta e percentual ou média e desvio-padrão.
Fonte: Elaborada pelos autores.

Quando se analisa a escala de Bangor et al.¹⁸, constata-se que ela tem uma forte validade de interface para os dados existentes, na medida em que uma pontuação de 70 significa tradicionalmente aprovação, propondo um conjunto de faixas de aceitabilidade que ajudariam os profissionais a determinar se uma pontuação no SUS indica uma interface aceitável ou não. Pode-se observar que o BLUE SIM alcançou um bom nível de usabilidade, pelo fato de ter sido superior ao escore mínimo aceitável de usabilidade¹⁸.

No questionário SUS, as afirmativas “Eu achei esse aplicativo desnecessariamente complexo” e “Achei o aplicativo muito complicado de usar” tiveram baixos escores, aumentando a porcentagem final do teste SUS entre os participantes.

Segundo Davis¹³, a aceitação de uma aplicação está relacionada com a facilidade de uso e a utilidade dela. A parte 2 do instrumento de avaliação foca a questão da usabilidade, e a parte 3 é voltada para permitir a análise da utilidade da aplicação percebida pelos participantes do estudo. Diferentemente do SUS, as questões para avaliar a utilidade percebida baseada no modelo de Davis podem variar, e não existe uma fórmula-padrão para obter um resultado médio único de todas as questões. Assim, as pesquisas que utilizam o modelo de Davis realizam a avaliação dos questionários por meio da análise comparativa dos valores médios obtidos para cada questão e da frequência das respostas¹⁵.

A Tabela 1 também mostra os valores médios das respostas da segunda parte do questionário aplicado. As questões tiveram elevadas pontuações dos escores. Os bons resultados demonstram o aspecto da utilidade da aplicação percebida pelos participantes.

Realizaram-se a estratificação e a comparação da amostra de acordo com alguns critérios descritos na Tabela 2. Os fisioterapeutas consistem em uma categoria estratificada, uma vez que ela se destaca na condução desse tipo de paciente. Na Tabela 3, foi utilizado o método

estatístico de Mann-Whitney para avaliar a significância entre os dados.

Em virtude da qualidade da amostra, na qual metade foi constituída por fisioterapeutas, realizou-se uma divisão estatística da pontuação dos escores SUS e TAM. A avaliação de usabilidade pelos fisioterapeutas foi semelhante ao grupo de “não fisioterapeutas” ($p = 0,239$). Em relação ao escore TAM, o grupo de fisioterapeutas apresentou um escore menor, considerado ainda de boa aceitabilidade, com diferença estatística do grupo de “não fisioterapeutas” ($p = 0,04$).

A Tabela 2 permite uma descrição das características profissionais dos participantes, analisando suas experiências em medicina de emergência e protocolos ultrassonografia de emergência (*point-of-care*). O grupo de “não fisioterapeutas” foi formado por dez acadêmicos de medicina, sete enfermeiros e um médico.

A parte 4 do questionário foi composta por duas questões subjetivas, que documentam as opiniões dos participantes em relação aos pontos positivos e negativos, e as sugestões de melhorias para o aplicativo. Dos voluntários, 25 (69,44%) destacaram com ponto positivo a facilidade de manuseio do aplicativo, e 11 (30,55%) não registraram comentários sobre pontos positivos do aplicativo. Apenas dois voluntários (5,55%) apontaram pontos negativos do aplicativo: um citou a interface como ponto negativo e um relatou falta de nitidez em algumas imagens ultrassonográficas. Quatro voluntários (11,11%) sugeriram como melhoria a disponibilidade do aplicativo na plataforma iOS. Essa plataforma ainda não estava disponível para teste naquele momento da pesquisa. Os demais voluntários (88,88%) não apresentaram sugestões de melhoria.

DISCUSSÃO

A ultrassonografia pulmonar se tornou uma importante ferramenta na avaliação diagnóstica da insuficiência respiratória aguda.

Tabela 2. Descritivo da usabilidade conforme estratificação por categoria

	SUS			p-valor	TAM		p-valor
	Total	<80	80+		<80	80+	
Total	36 (100,0%)	20(55,6%)	16(44,4%)		9(25,0%)	27(75,0%)	-
Fisioterapeuta							
Não	18(50,0%)	10(50,0%)	8(50,0%)	1,000 ^a	3(33,3%)	15(55,6%)	0,433 ^a
Sim	18(50,0%)	10(50,0%)	8(50,0%)		6(66,7%)	12(44,4%)	
<i>Quanto tempo de experiência em medicina de emergência?</i>	2,14±3,75	1,71±1,87	2,69±5,28	0,443 ^b	1,73±1,95	2,28±4,21	0,712 ^b
<i>Já realizou algum treinamento em protocolos de ultrassonografia point-of-care na graduação?</i>							
Não	30(83,3%)	17(85,0%)	13 (81,3%)	1,000 ^a	7(77,8%)	23(85,2%)	0,627 ^a
Sim	6(16,7%)	3(15,0%)	3 (18,8%)		2(22,2%)	4(14,8%)	
<i>Já realizou algum treinamento básico em protocolos de ultrassonografia point-of-care após a graduação?</i>							
Não	33(91,7%)	20(100,0%)	13(81,3%)	0,078 ^a	9(100,0%)	24(88,9%)	0,558 ^a
Sim	3(8,3%)	0(0,0%)	3(18,8%)		0(0,0%)	3(11,1%)	
<i>Já realizou algum treinamento avançado em protocolos de ultrassonografia point-of-care após a graduação?</i>							
Não	35(97,2%)	20(100,0%)	15(93,8%)	0,444 ^a	9 (100,0%)	24(96,3%)	1,000 ^a
Sim	1(2,8%)	0(0,0%)	1(6,3%)		0 (0,0%)	1(3,7%)	
<i>Você utiliza os protocolos de ultrassonografia point-of-care na sua prática médica de forma usual?</i>							
Não	34(94,4%)	20(100,0%)	14 (87,5%)	0,190 ^a	9(100,0%)	25(92,6%)	1,000 ^a
Sim	2(5,6%)	0(0,0%)	2(12,5%)		0(0,0%)	2(7,4%)	

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 3. Demonstrativo do SUS e TAM estratificado em grupos de fisioterapeutas e não fisioterapeutas

	Fisioterapeuta		p-valor
	Não	Sim	
SUS	78,61±5,02	75,00±12,04	0,239
TAM	93,89±8,50	88,89±7,58	0,044

Teste de Mann-Whitney

Fonte: Elaborada pelos autores.

No contexto da pandemia da Covid-19, a ultrassonografia pulmonar foi usada para auxiliar na tomada de decisões. Uma limitação dessa ferramenta refere-se ao fato de ela requerer profissionais com competência suficiente para garantir avaliações clínicas e imagens seguras e diagnósticas. Isso evidenciou o papel e a governança da ultrassonografia pulmonar durante o período pandêmico e depois dele, e como o aumento da educação e do treinamento pode ser realizado¹⁹.

Assim, diante do cenário vivido há dois anos, houve a necessidade de desenvolver um sistema de ensino em ultrassonografia no local do atendimento ao paciente. O ultrassom no local de atendimento se tornou uma ferramenta de diagnóstico onipresente, e tem havido um interesse

crescente em ensinar profissionais. Habilidades teóricas e práticas suficientes são pré-requisitos para integrar o ultrassom torácico em um ambiente clínico e usá-lo como complemento na tomada de decisão clínica. As recomendações sobre como treinar profissionais para esses exames de ultrassom são debatidas, e o treinamento baseado em simulação pode melhorar o desempenho clínico. O uso de simulação ajuda a reduzir sua curva de aprendizado para maior aceitação na prática clínica²⁰.

A grande maioria dos treinamentos está acontecendo por meio de simuladores. Situ-LaCasse et al.²¹ avaliaram médicos que utilizaram o SonoSIM®, módulo on-line de treinamento para adquirir imagens em ultrassom. O resultado

do estudo sugeriu que pode desenvolver habilidades práticas básicas na aquisição de imagens após a revisão de módulos *on-line*. Shah et al.²² realizaram um estudo em que um grupo experimental foi apresentado a duas horas a mais de práticas de simulação em ultrassom, em relação ao grupo de controle, o qual foi assistido somente com sete horas de palestra sobre fisiologia do ultrassom (o grupo experimental também participou dessa palestra). O grupo simulação apresentou melhora estatisticamente significativa no exame de fisiologia, melhorando de 54,1% para 75,3% ($p < 0,01$).

Uma revisão sistemática publicada em 2022 concluiu que, embora a simulação forneça uma solução altamente promissora para a necessidade de maior instrução em ultrassom no local do atendimento, o uso generalizado dessa simulação para tal fim pode ser limitado pelos custos financeiros de equipamentos de treinamento de alta fidelidade²³.

Nos últimos dez anos, os dispositivos móveis, em especial os aplicativos móveis, visam atender ao acesso das pessoas à informação e ao conhecimento. A possibilidade da queda de barreiras de tempo e espaço permite o aumento da comunicação²⁴. Tais características agregam valor estratégico à nova sociedade da "Era da Informação"²⁵.

Diante disso, o nosso objetivo foi desenvolver um sistema de ensino no modelo de aplicativo, utilizando o aplicativo que simula casos clínicos através de filtros sobrepostos em imagens enviadas por aparelhos de ultrassonografia portátil, de modo a ajudar na capacitação de alunos e profissionais da área da saúde no atendimento de casos de insuficiência respiratória aguda. O aplicativo é uma ferramenta inovadora para tal objetivo, com vantagens como custo baixo, uma vez que o aluno/profissional trabalha em casos clínicos presentes nele, e de fácil disponibilidade, pois é utilizado em *smartphones*.

Com relação à qualidade do conteúdo, os aplicativos precisam, segundo os padrões de certificação de aplicativos de saúde da Happtique²⁶: 1. fornecer informações de autoria, incluindo dados detalhados sobre afiliações e credenciais dos autores e sobre qualquer envolvimento de um profissional médico na preparação do conteúdo; 2. listar todas as referências ou fontes de conteúdo; 3. divulgar totalmente qualquer patrocínio de aplicativo ou outros acordos de financiamento comercial e possíveis conflitos de interesse. Esses são os mesmos critérios essenciais que regem o comparativo de qualidade dos recursos *on-line* de informações médicas relacionadas à saúde e dos *sites da web* em geral. No desenvolvimento do aplicativo BLUE SIM, buscou-se seguir esse padrão, sendo produzido um manual com informações de autoria e lista de referências da informações, com objetivo de se adequar ao padrão de

certificação proposto.

Resaltam-se os bons resultados do aplicativo no tocante à avaliação da usabilidade. O termo usabilidade é uma ideia central na interação homem-computador. É definida como a efetividade, eficiência e satisfação com que usuários específicos obtêm seus objetivos em ambientes particulares^{26,27}. Pode-se observar que o BLUE SIM alcançou um bom nível de usabilidade, pelo fato de ter sido superior ao escore mínimo aceitável de usabilidade, que é 70, segundo Bangor et al.¹⁸.

Entretanto, o escore de usabilidade obtido menor que 80% está diretamente relacionado às seguintes afirmativas: "Eu achei esse aplicativo desnecessariamente complexo", "Eu acho que precisaria do apoio de um suporte técnico para usar esse aplicativo" e "Achei o aplicativo muito complicado de usar". Assim, consideram-se necessárias margens de melhorias no sistema que se impõem a partir das percepções dos participantes.

Na análise da percepção de utilidade do aplicativo, foi usado o modelo de Davis¹³, voltado para identificar o nível de utilidade do sistema percebido pelos usuários. Esse é um sistema útil que ajuda o usuário a melhorar o seu desempenho na execução de um trabalho. Para esse autor, a usabilidade é um fator importante, porém, se o usuário não perceber a utilidade do sistema, não irá utilizá-lo. Davis propôs um modelo que permite a quantificação do grau de utilidade percebida pelos usuários de uma determinada aplicação: o TAM. Diversos estudos têm utilizado o modelo de Davis para avaliação da aceitação de sistemas^{28,29}.

Considerando os fatores que implicaram uma boa avaliação da utilidade ("O treinamento no protocolo Blue será mais efetivo com o uso do aplicativo BLUE SIM"; "O uso do aplicativo BLUE SIM permite um controle melhor do aprendizado do protocolo Blue"; "O uso do aplicativo BLUE SIM melhora a qualidade do treinamento"; "O aplicativo BLUE SIM simula situações clínicas que são evidenciadas na prática clínica, no manejo da insuficiência respiratória aguda"), o aplicativo se estabelece como um sistema aceitável. Enfatiza-se a diferença de resultado ao separar a amostra (separação dos fisioterapeutas formando um grupo à parte), em que os fisioterapeutas tiveram 88,9% de positividade, enquanto o grupo geral apresentou 93,9% ($p = 0,04$).

Seguindo a análise de percepção de utilidade e da usabilidade, efetuaram-se a estratificação e a comparação da amostra de acordo com alguns critérios: "Já realizou algum treinamento básico em protocolos de ultrassonografia *point-of-care* após a graduação?", "Já realizou algum treinamento avançado em protocolos de ultrassonografia *point-of-care* após a graduação?" e "Você utiliza os protocolos de ultrassonografia

point-of-care na sua prática médica de forma usual?”. Mais de 90% dos participantes responderam de forma negativa a esses questionamentos. Diante disso, possivelmente os participantes consideraram difícil e complexo usar o aplicativo, uma vez que não o utilizam ou não receberam esse tipo de treinamento. E essas respostas negativas foram maiores entre os fisioterapeutas, justificando a diferença na percepção da aceitabilidade com a análise do grupo geral.

Ressalta-se, mais uma vez, a importância do uso do ultrassom para o diagnóstico clínico no local do atendimento, tornando necessário o ensino/treinamento dos profissionais para uma possível melhor condução do diagnóstico do caso clínico. O momento e o local de utilização contribuem para a formação.

CONCLUSÃO

O aplicativo desenvolvido é extremamente útil em situações em que há necessidade de uso do ultrassom no local de atendimento, de forma aceitável, pois auxilia o profissional na tomada de decisões diagnósticas e pode ser adotado como instrumento para favorecer os processos de ensino e aprendizagem.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Erik Macedo elaborou o projeto, idealizou o aplicativo, foi responsável pela aplicação dos testes e participou da produção do artigo. Paulo Goberlânio de Barros Silva foi responsável pelos testes e participou da produção do artigo. Edgar Marçal desenvolveu o aplicativo. Juliana Paiva Marques Lima Rolim participou da elaboração do projeto, orientou os testes e contribuiu na produção do artigo. Marcelo Azeredo Terra aplicou os testes.

CONFLITO DE INTERESSES

Declaramos não haver conflito de interesses.

FINANCIAMENTO

Declaramos não haver financiamento.

REFERÊNCIAS

- Velasco IT, Brandão Neto RA, Martins HS. Medicina de emergência: abordagem prática. 11a ed. Barueri: Manole; 2016. p. 180-206.
- Bhagra A, Tierney DM, Sekiguchi H, Soni NJ. Point-of-care ultrasonography for primary care physicians and general internists. *Mayo Clin Proc.* 2016;9(12):1811-27.
- Lichtenstein DA, Mizière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the Blue Protocol. *Chest.* 2008;134(1):117-25.
- Winkler MH, Touw HR, Ven PM van de, Twisk J, Tuinman PR. Diagnostic accuracy of chest radiograph, and when concomitantly studied lung ultrasound, in critically ill patients with respiratory symptoms: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med.* 2018;46(7):707-14.
- Gargani L, Soliman-Aboumarie H, Volpicelli G, Corradi F, Pastore MC, Cameli M. Why, when, and how to use lung ultrasound during the Covid-19 pandemic: enthusiasm and caution. *Eur Heart J.* 2020;21(9):941-8.
- Karp J, Burke K, Daubaras SM, McDermott C. The role of PoCUS in the assessment of Covid-19 patients. *J Ultrasound.* 2022;25(2):207-15.
- Andersen CA, Holden S, Vela J, Rathleff MS, Jensen MB. Point-of-care ultrasound in general practice: a systematic review. *Ann Fam Med.* 2019;17(1):61-9.
- Pereira RVS, Kubrusly M, Nogueira IC, Gondim VJT, Marçal E. Development of an application to support in-service training of anesthesiologists on preoperative evaluation in a public hospital in Brazil. *J Eval Clin Pract.* 2019;25(5):850-5.
- Nielsen J, Budi R. Usabilidade móvel. Rio de Janeiro: Elsevier; 2014.
- Sauro J. A practical guide to the system usability scale: background, benchmarks & best practices. Denver: Measuring Usability LLC; 2011.
- Brooke J. SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry.* 1996;189 (194):4-7.
- Tenório JM, Cohrs FM, Sdepanian VL, Pisa IT, Marin H de F. Desenvolvimento e avaliação de um protocolo eletrônico para atendimento e monitoramento do paciente com doença celíaca. *Revista de Informática Teórica e Aplicada.* 2010;17(2):210-2.
- Davis FD. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly.* 1989;13(3):319-40.
- Likert R. Technique for the measurement of attitudes. *Arch Psychol.* 1932;22(140):5-53.
- Zbic J, Nake I, Milrad M, Jansen M. A web-based framework to design and deploy mobile learning activities: evaluating its usability, learnability and acceptance. 2015 IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies; Hualien, Taiwan, 2015. p. 88-92.
- Sauro J, Lewis JR. Quantifying the user experience: practical statistics for user research. 2nd ed. Cambridge, MA: Morgan Kaufmann; 2016.
- Hertzum M, Jacobsen NE. The evaluator effect: a chilling fact about usability evaluation methods. *Int J Hum Comput Interact.* 2001;13(4):421-43.
- Bangor A, Kortum P, Miller J. Determining what individual SUS scores mean: adding an adjective rating scale. *J Usabil Studies.* 2009;4 (3):114-23.
- Wolstenhulme S, McLaughlan JR. Lung ultrasound education: simulation and hands-on. *Br J Radiol.* 2021 Mar 1;94(1119):20200755.
- Pietersen PI, Jørgensen R, Graumann O, Konge L, Skaarup SH, Lawaetz Schultz HH, et al. Training thoracic ultrasound skills: a randomized controlled trial of simulation-based training versus training on healthy volunteers. *Respiration.* 2021;100:34-43.
- Situ-Lacasse E, Acuña J, Huynh D, Amini R, Irving S, Samse K, et al. Can ultrasound novices develop image acquisition skills after reviewing online ultrasound modules? *BMC Med Educ.* 2021; 21:1-7.
- Shah S, Tohmami S, Frisch E, Anderson A, Almog R, Lahham S, et al. A comparison of simulation versus didactics for teaching ultrasound to Swiss medical students. *World J Emerg Med.* 2019;10(3):169-76.
- Singh J, Matem LH, Bittner EA, Chang MG. Characteristics of simulation-based point-of-care ultrasound education: a systematic review of MedEdPORTAL curricula. *Cureus.* 2022;14(2):e22249.
- Keengwe J, Bhargava M. Mobile learning and integration of mobile technologies in education. *Educ Inf Technol.* 2013;19(4):737-46.
- Saccol A, Schlemmer E, Barbosa J. m-learning e u-learning: novas perspectivas das aprendizagens móvel e ubíqua. São Paulo: Pearson Prentice Hall; 2011.

26. Haptique.com. Haptique Health App Certification Standards. c2013 [acesso em 27 fev 2022]. Disponível em: <http://www.haptique.com/app-certification/>.
27. Hornbaek K. Current practice in measuring usability: challenges to usability studies and research. *Int J Hum Comput Stud*. 2006;64:79-102.
28. Akman I, Turhan C. User acceptance of social learning systems in higher education: an application of the extended Technology Acceptance Model. *Innovations in Education and Teaching International*. 2017; 54(3):229-37.
29. Chang E-C, Huang C-Y. Technology Acceptance Model, consumer personality and smartphone users' satisfaction. In: *Marketing dynamism & sustainability: things change, things stay the same*. Proceedings of the 2012 Academy of Marketing Science (AMS) Annual Conference. Orlando: Springer; 2015. p. 710-2.



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.