

Deuzimar Pires de Araújo¹ 
 Maria Eduarda Braga de Araújo¹ 
 Emille Rayanne Arruda Alves² 
 Juliana Maria Rodrigues Jales² 
 Eliene Silva Araújo^{1,2} 

Descritores

Tecnologia Educacional
 Tecnologia da Informação
 Educação
 Materiais de Ensino
 Fonoaudiologia
 Audiologia
 Audiometria
 Testes Auditivos

Keywords

Educational Technology
 Information Technology
 Education
 Teaching materials
 Speech Language and Hearing
 Sciences
 Audiology
 Audiometry
 Hearing Tests

Endereço para correspondência:

Eliene Silva Araújo
 Departamento de Fonoaudiologia e
 Programa Associado de Pós-Graduação
 em Fonoaudiologia – PPgFon,
 Universidade Federal do Rio Grande
 do Norte – UFRN
 Rua General Cordeiro de Faria,
 S/N, Petrópolis, Natal (RN), Brasil,
 CEP: 59012-570
 E-mail: eliene.araujo@ufrn.br

Recebido em: Agosto 31, 2020

Aceito em: Novembro 16, 2020

Audiômetro virtual: tecnologia integrada ao ensino

Virtual audiometer: technology integrated to teaching

RESUMO

Objetivo: Elaborar uma ferramenta virtual, com fins didáticos, que possibilite a integração da tecnologia ao ensino da Audiometria Tonal Limiar (ATL) e logaudiometria. **Método:** O audiômetro da marca *Interacoustics* AD229b foi utilizado como modelo físico para a consecução da ferramenta virtual. Utilizou-se a linguagem de programação *Visual Basic 6*, de modo que as cores, os caracteres e as funções fossem similares ao audiômetro real. Além disso, acrescentou-se a possibilidade de simular a resposta do paciente, como também de registrar os limiares auditivos em um audiograma virtualizado. Para a logaudiometria, implementou-se a possibilidade de ajuste do “*VU meter*” e o registro da quantidade de acertos e erros no exame. **Resultados:** A ferramenta desenvolvida mostrou-se capaz de reproduzir as frequências de 125 a 8000 Hz, em intensidades que variam de -10 a 110 dB, sendo possível empregar diferentes formas de apresentação do estímulo, assim como o mascaramento clínico por condução aérea e óssea. A ativação da função “microfone” pode ser aplicada para facilitar o ensino da logaudiometria. **Conclusão:** A versão virtualizada do audiômetro mostrou-se semelhante ao equipamento modelo, tornando factível a integração da tecnologia ao ensino, com exemplificação da ATL e da logaudiometria.

ABSTRACT

Purpose: To elaborate a virtual tool, with didactic purposes, that allows the integration of technology to the teaching of Pure Tone Audiometry (PTA) and speech audiometry. **Methods:** The Interacoustics AD229b audiometer was used as a physical model to achieve the virtual tool. The Visual Basic 6 programming language was used, so that the colors, characters, and functions were similar to the real audiometer. In addition, the possibility of simulating the patient’s response was added, as well as of recording the hearing thresholds in a virtual audiogram. For speech audiometry, the possibility of adjusting the VU meter and recording the number of correct and incorrect answers were implemented. **Results:** The developed tool was able to reproduce frequencies from 125 Hz to 8000 Hz, in intensities ranging from -10 to 110 dB, being possible to use different stimulus, as well as clinical masking by air and bone conduction. The microphone button can be used to facilitate the teaching of speech audiometry. **Conclusion:** The virtual version of the audiometer is similar to the model equipment, making the integration of technology into teaching feasible, with exemplify the PTA and speech audiometry.

Trabalho realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN - Natal (RN), Brasil.

¹ Programa Associado de Pós-Graduação em Fonoaudiologia – PPgFon, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN - Natal (RN), Brasil.

² Departamento de Fonoaudiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN - Natal (RN), Brasil.

Fonte de financiamento: CAPES - Código de Financiamento 001.

Conflito de interesses: nada a declarar.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

INTRODUÇÃO

Em março de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) caracterizou a COVID-19 como uma Pandemia, e desde então, culminou-se em orientações para a prática do distanciamento social nas diversas localidades do Brasil e do mundo. Assim, docentes e instituições de ensino precisaram adaptar o seu planejamento didático-pedagógico, recorrendo a ferramentas tecnológicas com o intuito de manter uma rotina de aulas ministradas e atividades remotas de modo interativo e proveitoso. Nesse contexto, permeado pelo avanço tecnológico, as tecnologias da informação e comunicação (TICs) têm ganhado espaço nas práticas educativas⁽¹⁾.

As TICs podem ser utilizadas como ferramentas didáticas que otimizam o processo de ensino e aprendizagem, favorecendo a interação dos discentes entre si, como também com o docente, estimulando momentos de partilha de conhecimentos⁽²⁾.

A escolha das ferramentas usadas durante as aulas presenciais ou remotas deve levar em consideração o conteúdo ministrado e as reais necessidades da turma. Diante disso, os professores precisam conhecer os recursos didáticos disponíveis, aprender a manuseá-los e questionarem-se acerca de como eles podem ajudá-los a alcançar os objetivos almejados⁽²⁾.

Mesmo antes da pandemia, os objetos educacionais mediados por tecnologia já visavam potencializar a motivação para a aprendizagem e o engajamento dos alunos nas aulas, incentivando a postura de agentes ativos, críticos, autônomos e reflexivos na construção do conhecimento⁽³⁻⁷⁾.

O emprego de intervenções dinâmicas, que se opõem ao modelo de ensino não participativo, auxilia na recordação dos conteúdos, de maneira individual e coletiva, pois requerem uma reflexão acerca do que foi visto e facilitam a fixação de conceitos^(4,7).

Em relação à Fonoaudiologia, o uso de metodologias ativas pode beneficiar o aprendizado de conteúdos básicos, bem como estimular a prática do raciocínio clínico, visto que é possível simular situações que os graduandos poderão enfrentar em sua prática profissional^(7,8). Os recursos virtuais também têm sido aplicados no processo terapêutico. É o caso do protótipo do aplicativo Q-voz, desenvolvido para auxiliar pacientes com disфония⁽⁹⁾.

Obteve-se experiência exitosa ao empregar dois métodos de ensino interativo mediados por tecnologia para o ensino em Motricidade Orofacial. Um modelo computacional com imagens em 3D e um jogo computacional 2D em formato de *quiz* proporcionaram maior motivação em comparação ao modelo tradicional de ensino⁽³⁾.

Estudos prévios destacaram a importância da motivação para o processo de aprendizagem, principalmente quando os conceitos abordados são complexos, pois requerem proatividade e dedicação pessoal^(3,9). No que se refere à Audiologia, um *Cybertutor* auxiliou na aprendizagem da disciplina de Aparelho de Amplificação Sonora Individual (AASI), com melhora do desempenho discente nos conteúdos da disciplina⁽¹⁰⁾.

A despeito da importância de integrar as TICs ao planejamento didático-pedagógico para otimizar a aprendizagem, bem como o raciocínio teórico-prático, ainda há um quantitativo restrito de estudos sobre a utilização das ferramentas tecnológicas no

ensino das áreas da Fonoaudiologia, dentre elas a Audiologia^(11,12), sobretudo gratuitas e com ênfase no diagnóstico audiológico.

A Audiometria Tonal Limiar (ATL) e logoaudiometria, compõem parte da avaliação audiológica básica; são procedimentos de suma importância e complexos de ensinar e aprender. Uma aula sobre ATL puramente teórica torna-se enfadonha e desinteressante, principalmente quando há restrição do manuseio do audiômetro real.

Em aulas presenciais, as práticas demandam uma logística delicada, pois geralmente há poucos equipamentos em comparação com o número de alunos. Além disso, o audiômetro é caro e frágil para ser levado para a sala de aula. Com a utilização do computador como ferramenta de auxílio na docência, surge a possibilidade de criar ferramentas interativas para serem utilizadas durante as aulas, conferindo-lhes maior dinamismo.

Diante do exposto, este estudo teve por objetivo elaborar uma ferramenta virtual, com fins didáticos, que possibilite a integração da tecnologia ao ensino da ATL e logoaudiometria.

MÉTODO

O audiômetro virtual foi delineado para otimizar o ensino com foco nos estudantes de graduação em Fonoaudiologia. Assim, para a consecução da ferramenta, foi selecionado como modelo físico o audiômetro AD229b [*Interacoustics*], um equipamento comum em diversas clínicas escolas de cursos de Fonoaudiologia. Trata-se do desenvolvimento de uma ferramenta virtual com dispensa do Comitê de Ética em Pesquisa, tendo em vista que não envolve a participação de seres humanos como sujeitos de pesquisa, conforme previsto na Resolução no 466/2012, capítulo II.

A linguagem de programação empregada foi o *Visual Basic 6 (VB6)*, sendo necessário redesenhar os botões do equipamento para torná-los mais semelhantes com o equipamento real.

As cores e os caracteres do *display* foram escolhidos buscando similaridade ao audiômetro modelo. A chave seletora de intensidade tanto do tom puro quanto do mascaramento é giratória, o que dificultou a sua virtualização. O problema foi solucionado com a utilização de uma imagem com o formato da chave giratória e dois pequenos botões em sua parte inferior, um à esquerda com o sinal “-” para diminuir a intensidade, e outro à direita com o sinal “+”, para aumentar.

Visando a criação do estímulo sonoro, foi realizada uma pesquisa por códigos fontes feitos em *Visual Basic* disponíveis na internet e que pudessem gerar formas de ondas que servissem de exemplo na criação do tom puro nas frequências e intensidades requeridas pelo audiômetro virtual.

A ferramenta foi elaborada para instalação em um computador do tipo *desktop* ou *notebook*, compatível com Windows (versões testadas: XP, Vista, 7 e 8) e Linux, instalado dentro do aplicativo Wine em modo de compatibilidade, testado nas distribuições ArchLinux, Debian, Ubuntu e Mint. Vale ressaltar que no Windows 10 houve problemas de compatibilidade e não funcionou adequadamente. Após instalada, a ferramenta pode ser utilizada de maneira off-line para exemplificar a realização dos procedimentos ATL e logoaudiometria em diferentes tipos, graus e configurações de perdas auditivas.

Durante todo o período de desenvolvimento a ferramenta foi analisada e julgada pela própria equipe de forma comparativa ao modelo físico selecionado. A equipe incluiu um fonoaudiólogo desenvolvedor, um docente doutor com atuação na área de Audiologia, um fonoaudiólogo pós-graduando e dois discentes do curso de Fonoaudiologia. A apreciação foi baseada nos seguintes itens: (1) Similaridade visual: cores, botões, tamanho, localização; (2) Similaridade funcional: estímulos, frequências, intensidades, mascaramento, *Vu-meter*, acionamento de luz indicadora no painel; (3) Usabilidade e recursos adicionais: audiograma, simbologia, possibilidade de anotar resultados da logaudiometria, ilustração do paciente e representação dos transdutores, além da possibilidade de resposta do paciente.

Para tanto, utilizou-se respostas em escala Likert⁽¹³⁾ com cinco níveis: concordo muito, concordo, indiferente, discordo, discordo muito. A versão final da ferramenta foi definida ao se obter apreciação unânime entre “concordo muito” ou “concordo” para todos os itens.

RESULTADOS

O audiômetro virtual desenvolvido mostrou-se semelhante ao utilizado como modelo físico em termos de aparência e funcionalidade (Figuras 1 e 2). As modificações foram contínuas desde a primeira versão, com base nas sugestões apresentadas pela própria equipe de pesquisa em cada item avaliado.

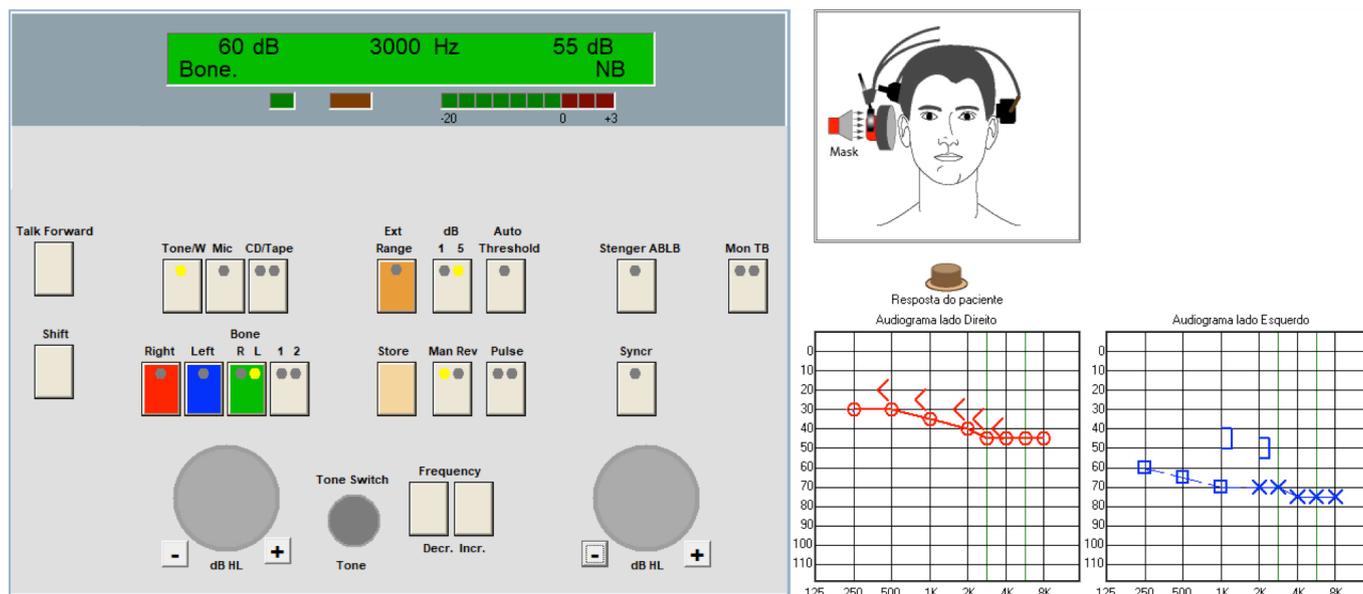


Figura 1. Interface do audiômetro virtual com representação da pesquisa do limiar por condução óssea com uso de mascaramento contralateral e anotação dos limiares auditivos no audiograma.

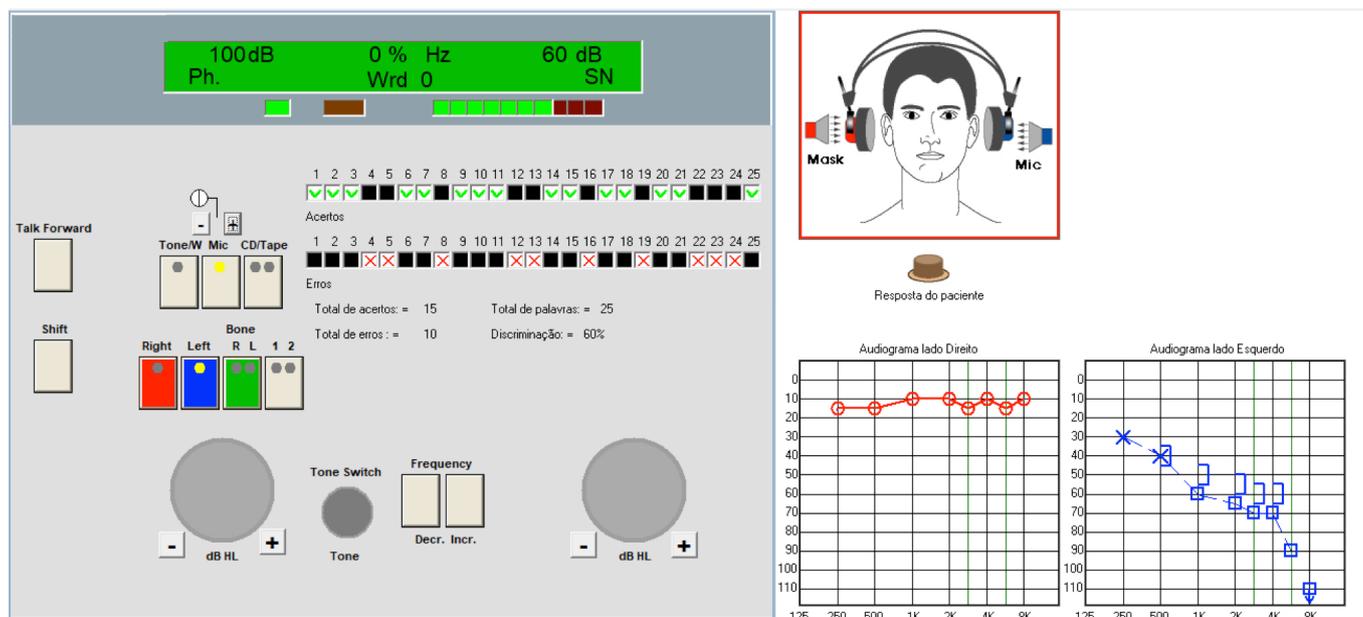


Figura 2. Interface do audiômetro virtual com representação da realização da logaudiometria com uso de mascaramento contralateral e anotação dos limiares auditivos no audiograma.

O primeiro *software* exibia apenas um audiograma por vez, não aceitava a marcação de limiares auditivos inferiores a zero dB e possuía simbologias maiores, o que conferia certa poluição visual.

O dispositivo foi programado para reproduzir tons puros nas frequências de 125 a 8000 Hz, em intensidades que variam de -10 dB até 110 dB, sendo possível empregar os estímulos tom puro contínuo, pulsátil e o *Warble*, por meio das teclas *Man Rev* e *Pulse*. Na versão final não há uma precisão exata nas frequências geradas pelo programa em comparação ao audiômetro real, todavia, guardam semelhanças de tal modo que não é possível identificar auditivamente tais diferenças.

Assim como no audiômetro real, ao iniciar o programa, a frequência inicial é 1000 Hz e a intensidade 30 dB. Outra característica herdada do AD229b é a intensidade limite de 100 dB, sendo necessário o acionamento do recurso de faixa estendida para utilizar intensidades superiores.

Como a finalidade da ferramenta é proporcionar a simulação prática da ATL e da logaudiometria, a versão virtual do equipamento permite acionar o ruído mascarador e selecionar para qual orelha ele será direcionado. Para o ruído, o estímulo produzido é semelhante ao *white noise* do audiômetro real, sendo que para efeito didático, o painel do audiômetro virtual mostra “SN” (*speech noise*) ou “NB” (*narrow band*) quando selecionado o microfone e o tom puro, respectivamente.

Além da similaridade das teclas, frequências e intensidades, a ferramenta virtual traz a possibilidade de os discentes anotarem os limiares auditivos em um audiograma apresentado na tela do audiômetro virtual, com a simbologia adequada por condução aérea e óssea, com ou sem mascaramento, de modo que os símbolos sejam equivalentes aos procedimentos realizados e à cor da orelha testada (Figuras 1 e 2). Somado a esses aspectos, é possível anotar o limiar presente ou ausente.

As teclas *Frequency Decr.* e *Frequency Incr.* diminuem e aumentam a frequência, respectivamente. O estímulo é apresentado por meio da tecla *Tone Switch* com possibilidade de incrementos de intensidade de 1 dB e de 5 dB, com acionamento do *led* na tecla “dB 1 5”, indicando o tipo de incremento em vigor.

As teclas de saída oferecem quatro possibilidades de configurações que determinam como os estímulos, tom puro e mascaramento, serão apresentados: ao acionar a tecla “*Right*” ou “*Left*”, o ruído contralateral será ativado para a orelha oposta. O mesmo ocorre para o acionamento da condução óssea pela tecla “*Bone*”.

A indicação de que o estímulo sonoro está sendo apresentado na orelha esquerda ou direita foi implementada por meio da ilustração de um paciente. Tal ilustração é visível na tela do exame, com o paciente portando fone supra aural ou vibrador ósseo, ou ainda o uso combinado do fone e vibrador para a pesquisa dos limiares por condução óssea com mascaramento (Figura 1).

Ao apresentar o tom puro e/ou mascaramento, aparece na ilustração do paciente uma informação sinalizadora na orelha estimulada, evidenciando qual o estímulo que está sendo apresentado em cada orelha (Figura 1).

No item recursos adicionais, incluiu-se ainda a possibilidade de simular a resposta do paciente pressionando um botão que

representa a “pera” do equipamento real. Ao apertar o botão, acende uma luz vermelha sinalizadora no painel do audiômetro, indicando que o som foi detectado.

Para a logaudiometria, o audiômetro virtual pode ser empregado para explicar a realização do exame a viva voz, englobando o ajuste adequado do “*VU Meter*”, variação da intensidade e até a anotação das respostas (Figura 2). Assim como no modelo físico, o procedimento é ativado por meio da tecla microfone “*Mic*”. O ajuste do “*VU meter*” regula a intensidade do microfone do audiômetro, utilizando botões marcados com “+” e “-”. Pode-se então exemplificar a realização dos três testes que compõe a logaudiometria: Limiar de Reconhecimento de Fala (LRF), Limiar de Detecção de Voz (LDV) e Índice Percentual de Reconhecimento de Fala (IPRF). Como um diferencial, para o IPRF aparece na tela do audiômetro um quadro com 25 caixas de diálogo para que o examinador possa anotar os erros e acertos e, posterior cálculo em percentual (Figura 2).

DISCUSSÃO

Ao considerar que já existiam dificuldades logísticas relacionadas às práticas audiológicas e que o retorno às atividades presenciais após a pandemia será gradual e cauteloso, o audiômetro virtual pode otimizar o ensino e a aprendizagem das técnicas relacionadas à ATL e logaudiometria, conferindo aos discentes maior familiaridade quando estiverem diante do audiômetro físico.

Visando proporcionar similaridade, elaborou-se uma tela inicial que se assemelha ao audiômetro modelo e que é capaz de reproduzir grande parte das suas funções, visto que o *design* e os recursos de uma ferramenta virtual precisam ser pensados conforme a finalidade a que ela se propõe^(8,9).

A exemplo da confecção do aplicativo auxiliar à terapia vocal denominado Q-voz⁽⁹⁾, a linguagem de programação empregada no audiômetro virtual foi o *Visual Basic*.

Um audiômetro virtual desenvolvido nos Estados Unidos⁽⁸⁾ também permite a simulação de exames auditivos, dentre eles, a ATL e a logaudiometria, incluindo a pesquisa dos limiares auditivos por conduções aérea e óssea, os diferentes transdutores e o uso do mascaramento clínico. Ele dispõe de duas versões, uma para professores e outra para estudantes. O audiômetro do presente estudo possui uma única versão, no entanto, esta pode ser disponibilizada aos discentes por intermédio do compartilhamento do link de instalação, tornando viável a prática dos procedimentos e do registro dos limiares auditivos.

Os recursos tecnológicos voltados ao ensino e à terapia podem ser elaborados como aplicativos⁽⁹⁾ ou *softwares*^(3,8). A ferramenta virtual aqui descrita corresponde a um programa computacional cuja utilização requer prévia instalação em um *desktop* ou *notebook*, o que pode ser apontado como uma limitação do acesso em horários externos às aulas, em comparação com os aplicativos; entretanto, é possível que os discentes possuam o *software* em seu computador pessoal. Por outro lado, uma vantagem do audiômetro virtual frente a outros objetos educacionais mediados por tecnologia⁽³⁾ é o fato dele não necessitar de internet depois de instalado.

No que se refere ao ensino remoto, além de ter a opção de disponibilizar o link da ferramenta, o professor pode empregar um recurso de compartilhamento de tela durante as aulas remotas, facilitando a explicação dos exames e a visualização dos exemplos mencionados.

No contexto do ensino presencial, propõe-se que o programa seja instalado em computadores da própria instituição, pois alguns discentes podem apresentar dificuldade para acessar um *desktop* ou *notebook* fora da Universidade.

Ao aplicar uma ferramenta considerada inovadora no processo de aprendizagem, contribui-se para amenizar a sensação de constante avaliação⁽⁷⁾. Somado a isso, viabilizar o uso dessa ferramenta em horários extras às aulas é importante, pois a capacidade de organizar uma rotina de estudos conforme sua disponibilidade e preferência influencia na motivação intrínseca dos discentes⁽³⁾.

Considerando a importância da motivação e da reflexão para o processo de ensino e aprendizagem^(3,4,7,9), a ferramenta virtual foi planejada para possibilitar a simulação de variadas configurações audiométricas, expressando diversos graus de dificuldade. Dessa maneira, cabe ao docente perceber as potencialidades e as dificuldades da turma, proporcionando exemplos que mantenham os estudantes motivados.

É importante destacar que a finalidade do audiômetro virtual não é substituir a prática clínica supervisionada pelo professor, pois esta é considerada crucial para o processo formativo. O que se propõe é a utilização do programa como um recurso auxiliar ao ensino, tendo um docente como mediador^(3,9). Dessa forma, sugere-se que o docente e/ou monitores da disciplina disponibilizem horários para o esclarecimento de dúvidas relacionadas ao manuseio da ferramenta e à execução dos exames.

Ao desenvolver materiais para o ensino ou terapia, fica à critério dos elaboradores a definição de acesso gratuito ou comercializado⁽⁹⁾. Um diferencial da versão do software descrita neste artigo é que se pretende disponibilizá-la gratuitamente com vistas a expandir o seu alcance e contribuir com a formação dos graduandos em Fonoaudiologia.

A satisfação de estudantes e docentes com o uso da ferramenta virtual consiste em perspectivas futuras de investigação. Ressalta-se que os resultados aqui apresentados são parciais, com o intuito de apresentar a ferramenta desenvolvida.

Salienta-se a importância do desenvolvimento de recursos virtuais adicionais voltados ao ensino das diversas áreas da Fonoaudiologia, com o intuito de potencializar o processo de ensino e aprendizagem.

CONCLUSÃO

O audiômetro virtual elaborado mostrou-se semelhante ao modelo, sendo capaz de reproduzir as faixas de frequências,

intensidades, mascaramento, forma de apresentação dos estímulos e ativação da função microfone para a realização da logoaudiometria. Dessa forma, representa uma ferramenta em potencial para a melhoria da qualidade do ensino da audiologia tanto no cenário de ensino remoto como presencial.

REFERÊNCIAS

1. Costa CHC, Dantas FF Fo, Moita FMGSC. Marvinsketch e Kahoot como ferramentas no ensino de isomeria. HOLOS. 2017;1:31-43. <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2017.4733>.
2. Machado FC, Lima MFWP. O uso da tecnologia educacional: um fazer pedagógico no cotidiano escolar. Sci. Cum Ind. 2017;5(2):44-50. <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v5iss2p44>.
3. Rondon-Melo S, Andrade CRF. Computer-assisted instruction in Speech-Language and Hearing Sciences: impact on motivation for learning about the Orofacial Myofunctional System. CoDAS. 2016;28(3):269-77. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/20162015143>. PMID:27305632.
4. Lee J, Lim C, Kim H. Development of an instructional design model for flipped learning in higher education. Educ Technol Res Dev. 2017;65(2):427-53. <http://dx.doi.org/10.1007/s11423-016-9502-1>.
5. Lee K. Everyone already has their community beyond the screen: reconceptualizing online learning and expanding boundaries. Educ Technol Res Dev. 2018;66(5):1255-68. <http://dx.doi.org/10.1007/s11423-018-9613-y>.
6. Melo ECA, Enders BC, Basto ML. Plataforma PEensinar®: ferramenta de aprendizagem para o ensino do processo de enfermagem. Rev Bras Enferm. 2018;71(4):1613-21. PMID:30088620.
7. Silva K, Guedes-Granzotti RB, César CPHAR, Dornelas R. Gaming as a teaching and learning tool in speech, language and hearing. RIAEE. 2018;13(1):78-88. <http://dx.doi.org/10.21723/riaee.v13.n1.2018.8866>.
8. Lopes AC, Jacob-Corteletti LCB, Abramides DVM, Berretin-Felix G, Lopes-Herrera SA, Ferrari DV. Audiômetro virtual: ensino por meio da simulação. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2015.
9. Lavaissière P, Melo PED. Prototype app for voice therapy: a peer review. CoDAS. 2017;29(1):e20150300. PMID:28300955.
10. Blasca WQ, Maximino LP, Galdino DG, Campos K, Picolini MM. New educational technologies in audiology teaching. Rev CEFAC. 2010;12(6):1017-24. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462010005000021>.
11. Lieberth AK, Martin DR. The instructional effectiveness of a web-based audiometry simulator. J Am Acad Audiol. 2005;16(2):79-84. <http://dx.doi.org/10.3766/jaaa.16.2.3>. PMID:15807047.
12. Kompis M, Steffen P, Caversaccio M, Brugger U, Oesch I. A multilingual audiometer simulator software for training purposes. Acta Otolaryngol. 2012;132(4):428-33. <http://dx.doi.org/10.3109/00016489.2011.636379>. PMID:22235845.
13. Likert R. A technique for the measurement of attitudes. Arch Psych. 1932;140:1-55.

Contribuição dos autores

DPA e MEBA participaram da concepção e do delineamento do estudo, assim como da interpretação dos resultados e da escrita; ERAA e JMRJ fizeram parte da fase de interpretação dos resultados, bem como da escrita da comunicação breve; ESA participou da concepção e do delineamento do estudo, da análise e interpretação dos resultados, da revisão do artigo de forma intelectual e importante, assim como da aprovação da versão final a ser publicada.