



Acurácia de instrumentos de custo acessível para triagem auditiva de adultos e idosos


Accuracy of affordable instruments for hearing screening in adults and the elderly

Sheila Andreoli Balen^{1,2,3,4,5} 


Bianca Stephany Barbosa Vital^{2,3,4,5} 

Rhadimylla Nágila Pereira⁵ 


Taise Ferreira de Lima⁵ 

Daniele Montenegro da Silva Barros^{5,6} 

Esteban Alejandro Lopez⁷ 

Jose Diniz Junior⁸ 

Ricardo Alexandro de Medeiros Valentim^{5,6,9} 

Deborah Viviane Ferrari¹⁰ 

Descritores

Audição
Perda Auditiva
Testes Auditivos
Audiologia
Adultos
Política de Saúde
Presbiacusia
Saúde do Idoso

Keywords

Hearing
Hearing Loss
Hearing Tests
Audiology
Adults
Health Policy
Presbycusis
Health of the Elderly

Endereço para correspondência:

Sheila Andreoli Balen
Departamento de Fonoaudiologia,
Centro de Ciências da Saúde,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Rua General Cordeiro de Faria, S/N,
Petrópolis, Natal (RN), CEP: 59012-570.
E-mail: sheila@sheilabalens.com.br

Recebido em: Abril 15, 2020

Aceito em: Setembro 30, 2020

RESUMO

Objetivo: Avaliar a acurácia de instrumentos de custo acessível para triagem auditiva de adultos e idosos. **Método:** Este estudo foi realizado com usuários de um Serviço de Saúde Auditiva do SUS. Todos foram submetidos a triagem com o aplicativo de *smartphone* MoBASA, o audiômetro Telessaúde (TS) e a versão eletrônica do Questionário de *Handicap* da Audição para Idosos (*Hearing Handicap Inventory for the Elderly – screening version - eHHIE-S*). Os examinadores foram cegos quanto aos resultados dos testes de triagem e para os dados de audiometria de tom puro (ATP). Foram considerados com deficiência auditiva aqueles com média quadrática na ATP maiores que 40 dB na melhor orelha. Sensibilidade, especificidade e valores preditivos positivo (VPP) e negativo (VPN) foram calculados. O índice Kappa foi usado como um indicador de concordância entre ATP e os resultados da triagem. **Resultados:** A amostra constou de 80 indivíduos entre 18 a 94 anos ($55,18 \pm 20,21$). Na ATP, 21 indivíduos (26,25%) apresentaram audição normal e 59 (73,75%) perda auditiva incapacitante. Nos testes de triagem auditiva observou-se valores de sensibilidade, especificidade, VPP e VPN maiores do que 75% no MoBASA e na sensibilidade e VPN do TS e eHHIE-S. Já a especificidade e VPP do TS e eHHIE-S foram inferiores a 75%. O índice Kappa indicou concordância substancial (0,6) entre o ATP e os resultados do MoBASA. No TS e eHHIE-S foi constatada regular concordância (0,3). **Conclusão:** O MoBASA demonstrou ser um método acurado para triagem auditiva de adultos e idosos com perda auditiva incapacitante.

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the accuracy of affordable instruments for hearing screening of adults and the elderly. **Methods:** This study was carried out with users of a Hearing Health Service of the Unified Health System. All were screened with the MoBASA smartphone application, the Telehealth audiometer (TH) and the electronic version of the Hearing Handicap Inventory for the Elderly - screening version - eHHIE-S. The examiners were blinded to the results of the screening tests and pure tone audiometry (PTA). Hearing impairment was considered for those with a PTA quadrilateral mean greater than 40 dB in the best ear. Sensitivity, specificity and positive and negative predictive values (PPV and NPV, respectively) were calculated. The Kappa index was used as an agreement indicator between the PTA and the screening results. **Results:** The sample consisted of 80 individuals between 18 and 94 years old (55.18 ± 20.21). In the PTA test, 21 individuals (26.25%) had typical hearing and 59 (73.75%) hearing loss. In the hearing screening tests, sensitivity, specificity, PPV and NPV values greater than 75% were observed with the MoBASA as well as in terms of sensitivity and NPV of the TH and the eHHIE-S. The TH and the eHHIE-S specificity and PPV were less than 75%. The Kappa index indicated a substantial agreement (0.6) between the PTA and the MoBASA screening results. The TH and the eHHIE-S showed regular agreement (0.3). **Conclusion:** MoBASA proved to be an accurate method for hearing screening of adults and the elderly with disabling hearing loss.

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

¹ Departamento de Fonoaudiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN - Natal (RN), Brasil.

² Programa Associado de Pós-graduação em Fonoaudiologia, Universidade Federal da Paraíba – UFPB - João Pessoa (PB), Brasil.

³ Programa Associado de Pós-graduação em Fonoaudiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN – Natal (RN), Brasil.

⁴ Programa Associado de Pós-graduação em Fonoaudiologia, Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas – UNCISAL – Maceió (AL), Brasil.

⁵ Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde, Hospital Universitário Onofre Lopes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN - Natal (RN), Brasil.

⁶ Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte UFRN - Natal (RN), Brasil.

⁷ Programa de Pós-graduação Interunidades em Bioengenharia – PPGIB – Escola de Engenharia de São Carlos – EESC – Universidade de São Paulo – USP - São Carlos (SP), Brasil.

⁸ Departamento de Cirurgia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN - Natal (RN), Brasil.

⁹ Departamento de Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN - Natal (RN), Brasil.

¹⁰ Departamento de Fonoaudiologia, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo – USP - Bauru (SP), Brasil.

Fonte de financiamento: nada a declarar.

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

Estima-se que mais de 5% da população mundial possua deficiência auditiva incapacitante, sendo que a maior parte vive em países de baixa renda onde há restrição ao acesso a serviços de identificação, diagnóstico e intervenção da deficiência auditiva⁽¹⁾. No Brasil, estudo de base populacional indicou que 6.8%⁽²⁾ da população apresenta deficiência auditiva incapacitante, necessitando de intervenção. Há predominância das perdas auditivas na faixa etária acima dos 60 anos de idade⁽²⁾. Portanto, a prevalência da deficiência auditiva é elevada, sobretudo em indivíduos idosos, seu aparecimento frequentemente insidioso dificulta a autoidentificação. A triagem auditiva pode permitir a identificação destes indivíduos, possibilitando o encaminhamento para o diagnóstico e a intervenção.

Há a necessidade de maior conscientização a respeito da deficiência auditiva e suas comorbidades como parte da avaliação anual de adultos e idosos na atenção primária, além de encorajar o uso de instrumentos de triagem auditiva e o encaminhamento para avaliação audiológica completa antes de qualquer tratamento⁽³⁾.

No Brasil, a Política Nacional de Saúde da Pessoa Idosa afirmou a importância da identificação e intervenção precoce e da necessidade de vigilância das equipes de saúde, com aplicação de testes de triagem para detecção de distúrbios auditivos, dentre outros⁽⁴⁾. Contudo, programas de triagem auditiva em ampla escala para adultos e idosos são ainda restritos no país, em função de diferentes fatores que incluem os custos e o treinamento de recursos humanos para realizar o procedimento, o tempo necessário para efetuar-lo e o custo do equipamento⁽⁵⁾.

Instrumentos para triagem auditiva devem ser rápidos, simples de administrar, seguros para o paciente e obedecer a critérios de desempenho, ou seja, serem sensíveis e específicos⁽³⁾. Diferentes abordagens podem ser utilizadas para a realização da triagem auditiva na população adulta e idosa, compreendendo, dentre outros, testes com estímulos não calibrados e calibrados, procedimentos fisiológicos e questionários para avaliação da auto-percepção da dificuldade auditiva ou restrição de participação. No que se refere à autoavaliação da restrição de participação, o Questionário de Handicap Auditivo para Idosos – versão de triagem (*Hearing Handicap Inventory for the Elderly Screening Version* - HHIE-S⁽⁶⁾); foi sugerido em função de ser um instrumento validado, ter aplicação fácil e rápida⁽⁷⁾. Além disto, a aplicação do HHIE-S em formato eletrônico pode facilitar a pontuação, armazenamento e transmissão dos dados.

Mais recentemente, vem sendo estudados instrumentos baseados em *software* para realização da triagem audiométrica, que podem ser utilizados em computadores portáteis⁽⁵⁾, substituindo a compra de equipamentos especializados e de alto custo. Um exemplo é o Audiômetro Telessaúde (TS), que utiliza *headsets* convencionais e USB de baixo custo, possibilitando a realização de triagem audiométrica, com resultados similares aos dos procedimentos realizados com equipamentos convencionais⁽⁵⁾.

A elevada disponibilidade de dispositivos móveis, como *smartphones*⁽⁸⁻¹⁴⁾ e *tablets*^(15,16), os tornam uma plataforma conveniente para o desenvolvimento de *software* (aplicativos ou “*apps*”) na área da saúde. Um estudo de revisão⁽¹⁷⁾ demonstrou

que existem aplicativos médicos permeando todo o atendimento clínico, contribuindo desde a promoção da saúde até a intervenção. Os aplicativos de suporte a decisões clínicas têm um enorme potencial para melhorar o acesso ao atendimento e a qualidade do atendimento⁽¹⁷⁾. No que tange à triagem auditiva, a portabilidade, acessibilidade, baixo custo e possibilidade de auto administração dos testes oferecem oportunidades para lidar com alguns desafios da implementação de programas de triagem para países de baixa e média renda⁽¹⁸⁾. Entretanto, é de importância que estes aplicativos sejam submetidos a uma criteriosa validação técnica e clínica, previamente à sua disponibilização ao usuário final.

A disponibilidade de instrumentos baseados em *software* também facilita a implementação da prestação de serviços de audiologia à distância ou em teleaudiologia⁽¹⁹⁾. Isto é de importância já que, no Brasil, embora tenha havido aumento na cobertura e ações de saúde auditiva no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), persistem desigualdades regionais na distribuição de serviços de atenção à saúde auditiva⁽²⁰⁾. Pelo exposto, é de importância avaliar instrumentos de custo acessível e que facilitem a transmissão e monitoramento de informações à distância, visando a redução dos custos de programas de triagem auditiva, sem comprometer, no entanto, a qualidade dos resultados⁽⁵⁾.

Com base no exposto, o presente estudo teve por finalidade avaliar a acurácia de três instrumentos de triagem auditiva: um aplicativo para *smartphone* para triagem audiométrica desenvolvido no Brasil - *Mobile Based Affordable Screening Audiometer* (MoBASA)-, o Audiômetro Telessaúde, baseado em *software*⁽⁵⁾ e a versão eletrônica do questionário e-HHIE-S para a identificação de perdas auditivas incapacitantes de adultos e idosos.

MÉTODO

A coleta de dados ocorreu após a aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da instituição, n. 849.004. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Participantes

Participaram desta pesquisa indivíduos atendidos em um Serviço de Saúde Auditiva credenciado ao Sistema Único de Saúde (SUS). A amostra foi constituída por conveniência e o recrutamento dos voluntários foi realizado na sala de espera do referido Serviço, durante período em que aguardavam consulta nos setores de diagnóstico audiológico, eletrofisiologia da audição e de seleção/adaptação de AASI. Os indivíduos foram abordados diretamente pelos pesquisadores, receberam esclarecimentos quanto aos objetivos da pesquisa e assinaram o TCLE caso aceitassem participar. Os pesquisadores não tiveram acesso prévio às informações constantes nos prontuários dos participantes, incluindo o motivo da consulta e, quando existentes, os resultados das avaliações audiológicas.

Foram elegíveis ao estudo todos os indivíduos usuários deste serviço exceto aqueles que não realizaram a audiometria tonal liminar (padrão-ouro) com os fonoaudiólogos deste Serviço.

Procedimentos de triagem auditiva

Cada procedimento de triagem auditiva utilizado neste estudo foi realizado por um avaliador distinto, cego com relação aos resultados dos demais procedimentos de triagens. Todos os procedimentos foram aplicados em uma única sala silenciosa, sem tratamento acústico, nesta ordem: aplicativo MoBASA, Audiômetro TS e versão eletrônica do HHIE-S.

O aplicativo *Mobile Based Affordable Screening Audiometer* (MoBASA), foi desenvolvido para a plataforma Eclipse™ em Java™, para sistema operacional Android 4 ou superior, instalado num *smartphone*. O MoBASA deve ser aplicado por um fonoaudiólogo ou médico com conhecimentos na área da audiolgia, não sendo um aplicativo do tipo auto administrável.

Neste estudo, o aplicativo foi instalado em um *smartphone* Galaxy Win (Samsung) e calibrado de acordo com as características desse modelo, antes do uso. Este procedimento foi realizado uma única vez antes de ser aplicado em todos os indivíduos do estudo.

O método para a calibração do MoBASA foi desenvolvido para poder utilizar um medidor de nível de pressão sonora (decibelímetro ICEL Manaus, DL-4020) de baixo custo. Os tons puros utilizados na calibração do MoBASA foram sintetizados com o software Audacity®, em 16 bits, monocanais e com uma frequência de amostragem de 44100 Hz. O referido software foi instalado em um computador HP Compaq 6005 Pro. Para a estimulação, foram utilizados tons puros nas frequências de 500, 100, 2000 e 4000 Hz, com duração de 1 segundo e com um tempo de crescimento e decrescimento de 3%.

A calibração da intensidade do estímulo, para cada frequência, foi realizada com o *smartphone* posicionado em 0° azimute e a uma distância de 5 cm do decibelímetro, sendo esta distância também observada quando o *smartphone* foi posicionado próximo da orelha do participante, durante o procedimento de triagem. Os estímulos foram apresentados por meio do *smartphone* e os controles de volume e ganho do aplicativo MoBASA foram ajustados até que o decibelímetro indicou o valor desejado (ex: 40 dB NA), com uma tolerância de até 5%, descontando-se o nível de ruído presente no ambiente onde a calibração foi realizada.

O MoBASA também utiliza o microfone do *smartphone* para medir o ruído ambiente (dB A) em tempo real, de forma a identificar se o mesmo está excessivo e potencialmente interferindo com os resultados da triagem. Para a calibração do microfone do *smartphone*, foi utilizado um tom puro de 1000 Hz com duração de 3 segundos e tempos de crescimento e decrescimento de 3%. Foram utilizadas duas caixas acústicas (FF-70 SO400), porque o equipamento é estéreo, posicionadas a um metro de distância uma da outra. O *smartphone* foi posicionado junto ao decibelímetro no ponto médio de distância entre estas duas caixas. Um tom de 1000 foi reproduzido via software Audacity®. A intensidade de apresentação do tom foi ajustada até que o decibelímetro registrasse 90 dBA. Ao mesmo tempo registrou-se o valor da média quadrática (RMS) calculada pelo MoBASA, por meio do microfone do *smartphone*. Este procedimento foi reiterado, decrescendo a intensidade do estímulo 10 dBA aproximadamente a cada vez, até alcançar o nível de ruído presente na sala de calibração, ou seja, na ausência de estímulo. Uma regressão

logarítmica, do tipo $f(x) = A \cdot \ln(x) + B$, foi realizada sobre os valores RMS registrados, de forma a obter a curva de calibração do microfone do *smartphone*. Os respectivos parâmetros de calibração (volume, ganho, A e B) foram armazenados na memória do MoBASA para a sua utilização durante a execução da triagem de todos os sujeitos.

Após o processo de calibração descrito, os dados de identificação dos participantes (nome, idade e sexo) foram inseridos na tela inicial do MoBASA. Em seguida, o avaliador selecionou o lado para a realização da triagem (orelha direita ou esquerda). O *smartphone* foi posicionado a 5 cm de distância de cada orelha dos participantes. Tons puros, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, foram apresentados via autofalante do *smartphone*, na intensidade de 40 dB NA. Isto foi possível, em virtude de tanto dBA quanto dB NA são referenciados a dB NPS por meio de um set de coeficientes normalizados para cada valor de frequência. Desta forma, conhecendo a frequência apresentada ao decibelímetro (o que acontece na calibração dos tons puros), é possível transformar dBA a dB NA por meio da aplicação dos parâmetros -0,3, -0,5, +0,3 e +4 para as frequências 500, 1000, 2000 e 4000, respectivamente. Nestas condições, o uso de um decibelímetro calibrado em dBA permite obter resultados de calibração do MoBASA em dB NA para a estimulação e dBA para a determinação do ruído ambiente.

Os participantes foram orientados a levantar a mão quando ouvissem o estímulo. Foi realizada a aleatorização da ordem das frequências do teste MoBASA, assim como do lado em que o teste foi iniciado. Foi considerado como critério “passa” quando o indivíduo respondeu aos estímulos em todas as frequências, em ambas orelhas. Foi considerado “falha” quando o indivíduo não respondeu a pelo menos um estímulo, em pelo menos uma das orelhas testadas, sendo este o critério do aplicativo MoBASA. Desta forma, um estímulo na intensidade de 40 dB NA foi apresentado por frequência. O critério de passa /falha foi determinado a partir da determinação da OMS do que é perda incapacitante, já que este tipo de perda é o foco da atenção em saúde auditiva no SUS.

Os dados de cadastro do profissional, da clínica, do paciente, parâmetros de calibração e os resultados da triagem foram armazenados em uma base de dados SQLite no cartão SD do *smartphone*. Estes dados foram sincronizados para o *Computer Based Affordable Screening audiometer* (CoBASA), um software para computador (Windows®, MAC® ou Linux) que permite a importação dos dados do MoBASA, desde um ou vários *smartphones*, permitindo gerar um banco de dados das triagens realizadas.

Na sequência os indivíduos foram submetidos à avaliação por meio do software Audiômetro TS seguindo as especificações da literatura⁽⁵⁾. O software TS foi instalado, por sua portabilidade, em um *netbook* Acer Aspire One (Tela de 10.1”, processador Intel Atom Inside) com sistema operacional Windows XP, sendo este último pré-requisito para sua instalação. O TS utiliza um headset LifeChat LX-3000 (Microsoft®) com placa de som própria USB, fones supra-aurais bilaterais e microfone incorporado. Este microfone analisa a intensidade do ruído ambiental e o software informa ao avaliador quando o mesmo está muito forte

e, portanto, comprometendo os resultados. Os parâmetros de calibração do headset encontram-se armazenados no software. O TS fornece tons puros nas frequências de 250 a 8000 Hz, com intensidade mínima de 10 dB e máxima de 70 dB NA⁽⁵⁾.

Durante a triagem com o software TS, o participante foi posicionado de costas para o *netbook*, de forma que não tivesse acesso visual ao avaliador ou ao computador. Foram testadas as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz de ambas as orelhas, seguindo a mesma ordem em todos os sujeitos pesquisados. Os participantes foram instruídos a elevar a mão sempre que ouvissem um estímulo sonoro. O método ascendente-descendente foi utilizado para identificar o nível mínimo de resposta (resposta afirmativa ao estímulo em, pelo menos, 50% das vezes). A análise se baseou nas respostas para o nível de apresentação em 40 dB NA. Foi considerado como “falha” a presença de níveis mínimos de resposta maiores ou iguais a 40 dB NA em pelo menos uma frequência, em pelo menos uma das orelhas. Os resultados foram armazenados no banco de dados do software e registrados em protocolo específico, pelos pesquisadores.

O Questionário de Handicap Auditivo para Idosos – versão de triagem (HHIE-S) é uma versão simplificada, contendo 10 das 25 questões do questionário Questionário de Handicap Auditivo para Idosos (*Hearing Handicap Inventory for the Elderly – HHIE-S*⁽²¹⁾) desenvolvido para avaliação da restrição da participação (handicap) em idosos. No entanto, foi aplicado neste estudo também para os adultos, visto que as questões simplificadas são pertinentes a ambos os públicos de adultos e idosos.

O HHIE-S, adaptado para o português brasileiro, foi disponibilizado eletronicamente, via internet, apenas para os pesquisadores, para fins de coleta de dados do presente estudo. Cinco itens do HHIE-S se referem à escala social/situacional e cinco se referem à escala emocional. Para cada questão três opções de resposta estão disponíveis: “sim” (4 pontos), “às vezes” (2 pontos) e “não” (0 pontos). O participante foi orientado a fazer a leitura dos itens e escolher a resposta mais parecida com o seu julgamento. Ao final de cada aplicação foi gerado um relatório com a pontuação total obtida pelo indivíduo. Esta pontuação total, dada pela somatória dos pontos obtidos em cada item, podia variar de 0 a 40 correspondendo ao nível de percepção do handicap auditivo: 0-8 pontos (não há percepção do handicap); 10-23 pontos (percepção leve a moderada) e 24-40 (percepção significativa). No presente estudo, foram considerados como “passa” e “falha”, respectivamente, pontuações abaixo de 8 pontos ou maiores que 10 pontos, sendo esta uma análise por indivíduo.

Avaliação audiológica

Posteriormente às realizações das triagens foram coletados os dados da audiometria tonal liminar mais recente, isto é, realizada com no máximo três meses. Estas audiometrias foram realizadas no serviço de Saúde Auditiva por dois fonoaudiólogos independentes e devidamente treinados. A audiometria foi utilizada como padrão-ouro de referência para a análise dos

dados, deste modo, indivíduos que realizaram a triagem auditiva e, porventura, não tivessem registros de audiometria tonal recente no prontuário, foram descartados da análise.

Ressalta-se que, neste estudo, a triagem auditiva tinha como objetivo a identificação de indivíduos com perdas auditivas incapacitantes, ou seja, indivíduos cuja média dos limiares auditivos nas frequências de 500, 1k, 2k e 4k Hz eram maiores que 40 dB NA, na melhor orelha⁽¹⁾.

Análise dos resultados

Foram calculadas a sensibilidade, a especificidade, os valores preditivos positivos e os negativos dos instrumentos de triagem em relação aos resultados da audiometria tonal liminar. O índice Kappa foi utilizado como indicador de concordância entre os resultados da audiometria tonal liminar e dos instrumentos de triagem com a seguinte classificação: quase perfeito ($k=0,81$ a 1), substancial ($k = 0,61-0,80$); moderada ($k = 0,41-0,60$); regular ($k = 0,21$ a $0,40$), pequena ($k = 0$ a $0,20$) e pobre ($k = < 0$)⁽²²⁾. Adotou-se o nível de significância de 5%.

RESULTADOS

A amostra foi constituída por 80 indivíduos (28 homens - 35%; 52 mulheres -65%), com idades entre 18 a 94 anos ($55,18 \pm 20,21$). Destes, 37 (46,25%) tinham idade acima de 60 anos e 43 (53,75%) entre 18 e 59 anos. Audiologicamente, 21 indivíduos (26,25%) apresentaram audição normal bilateralmente e 59 (73,75%) apresentaram perda auditiva, sendo unilateral ($n=4$), bilateral simétrica ($n=41$) e assimétrica ($n=14$). Assim, do total dos 80 participantes, 43 (53,75%) apresentavam perda auditiva incapacitante. Tendo como referência as 160 orelhas dos 80 participantes (Tabela 1), verifica-se que 47 orelhas (29,78%) exibiram limiares audiométricos dentro da normalidade, e 113 (70,62%) exibiram algum tipo e grau de perda auditiva, do tipo sensorioneural ou misto. Não foram encontradas perdas auditivas condutivas.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados sobre a ocorrência de “passa” e “falha” obtidos com os instrumentos de triagem auditiva utilizados e sua relação com os resultados da audiometria tonal liminar (padrão ouro). Ressalta-se que, neste caso, foi realizada a análise por indivíduo.

A partir disto, foram calculadas a sensibilidade, especificidade, os valores preditivos negativo e positivo e acurácia dos instrumentos (Tabela 3).

O grau de concordância, definido pelo índice Kappa, entre a audiometria tonal liminar e os testes de triagem auditiva estão apresentados na (Tabela 4).

Com base nos resultados expostos nas Tabelas 3 e 4 observou-se alto nível de sensibilidade, especificidade, VPP e VPN bem como valor de Kappa indicativo de substancial concordância entre os resultados da audiometria tonal liminar e o aplicativo MoBASA. Quanto ao Audiômetro Telessaúde e o HHIE-S as análises apontaram alta sensibilidade e baixa especificidade com concordância regular pelo índice Kappa.

Tabela 1. Caracterização da audição dos participantes, por orelha (n=160)

Tipo	Grau*	Orelha Direita		Orelha Esquerda		Total	
		n	%	n	%	n	%
Normal	Normal	23	14,375	24	15	47	29,375
	Total	23	14,375	24	15	47	29,375
Sensorineural	Leve	08	5,00	10	6,25	18	11,25
	Moderado	18	11,25	14	8,75	32	20,00
	Severo	09	5,625	13	8,125	22	13,75
	Profundo	09	5,625	09	5,625	18	11,25
	Total	44	27,5	46	28,75	90	56,25
Misto	Leve	02	1,25	0	0	02	1,26
	Moderado	05	3,125	0	0	05	3,13
	Severo	06	3,75	07	4,375	13	8,08
	Profundo	0	0	03	1,875	03	1,87
Total	13	8,125	10	6,25	23	14,375	

Tabela 2. Comparação dos resultados da triagem auditiva e da audiometria tonal liminar (n=80)

		Audiometria tonal limiar – Média quadritonal ^a				Total	
		≤ 40 dB NA		≥ 41 dB NA			
		n	%	n	%	n	%
MoBASA	Passa	28	35	5	6,25	33	41,25
	Falha	9	11,25	38	47,5	47	58,75
	Total	37	46,25	43	53,75	80	100
Telessaúde	Passa	11	13,75	0	0	11	13,75
	Falha	26	32,5	43	53,75	69	86,25
	Total	37	46,25	43	53,75	80	100
eHHIE-S	Passa	17	21,25	4	5	21	26,25
	Falha	20	25	39	48,75	59	73,75
	Total	37	46,25	43	53,75	80	100

*Média dos limiares auditivos nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz

Legenda: MoBASA: *Mobile Based Affordable Screening Audiometer*; eHHIE-S: Versão eletrônica do Questionário de Handicap Auditivo para Idosos – versão triagem

Tabela 3. Cálculo da sensibilidade, especificidade e valores preditivos dos instrumentos de triagem auditiva em comparação com a audiometria tonal liminar da amostra total

Testes	Sensibilidade (%)	Especificidade (%)	VPP (%)	VPN (%)
	(95% IC)	(95% IC)	(95% IC)	(95% IC)
MoBASA	88,30 (0,75;0,94)	75,68 (0,60;0,86)	80,85(2,03;6,48)	84,85 (0,06;0,35)
Audiômetro Telessaúde	100,00 (0,92;1)	29,73 (0,17;0,45)	62,32 (1,15;1,75)	100,00 (-)
eHHIE-S	90,70 (0,78;0,96)	45,95 (0,31;0,61)	66,10 (1,23;2,29)	80,95 (0,07;0,54)

Legenda: MoBASA: *Mobile Based Affordable Screening Audiometer*; eHHIE-S: versão eletrônica do Questionário de Handicap Auditivo para Idosos – versão triagem; VPP: Valor preditivo positivo; VPN: Valor preditivo negativo, IC: Intervalo de confiança

Tabela 4. Concordância Kappa entre s resultados da Audiometria Tonal Liminar (ATL) e resultados dos diferentes procedimentos de triagem auditiva

Testes	Concordância Bruta	Concordância Kappa	IC 95%	Valor de p
MoBASA	75,7%	0,645	0,427-0,863	<0,001
Audiômetro Telessaúde	29,7%	0,313	0,153-0,472	<0,001
eHHIE-S	45,9%	0,378	0,178-0,577	<0,001

Legenda: MoBASA: *Mobile Based Affordable Screening Audiometer*; eHHIE-S: versão eletrônica do Questionário de Handicap Auditivo para Idosos – versão triagem; IC: Intervalo de Confiança

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo utilizando três instrumentos de triagem auditiva de baixo custo em comparação ao procedimento

de diagnóstico de padrão-ouro, isto é, audiometria tonal liminar evidenciou que o aplicativo MOBASA para *smartphones* é um método acurado para triagem auditiva em adultos e idosos. Em contrapartida o questionário eHHIE-S e o audiômetro TS

tiveram especificidade e VPP menores do que 75% o que o limita para uso em triagem auditiva com adultos e idosos, pois elevada o índice de falsos-negativos.

Este achado está altamente correlacionado com os valores superiores a 75% de sensibilidade e especificidade do aplicativo MOBASA. Este critério também foi observado, porém apenas na sensibilidade do questionário HHIE-S e do audiômetro TS, visto que na especificidade ambos apresentaram valores abaixo de 50%. Esse resultado demonstra reduzida precisão desses instrumentos na identificação da perda auditiva podendo criar dificuldades na avaliação e encaminhamento desses indivíduos.

A especificidade de 29,73%, encontrada para o TS no presente estudo, não está em concordância com a literatura⁽⁵⁾ que reportou para este instrumento sensibilidade e especificidade de, respectivamente, 95,5% e 90,4%. As diferenças com os dados do presente estudo podem ter ocorrido em função das distintas metodologias empregadas. Na triagem auditiva outro estudo com o *audiômetro TS*⁽⁵⁾ utilizou uma varredura de tom puro de 25 dB NA, ou seja, a referência utilizada para o critério de “passa x falha” foi menor do que a do presente estudo nos limiares de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Além disto, os autores calcularam a sensibilidade e especificidade em relação número de orelhas testadas. No presente estudo, embora o critério de falha na triagem com o audiômetro TS tenha sido relativo à frequência e orelhas, o cálculo da especificidade foi realizado em relação à melhor orelha do participante, ou seja, em relação ao indivíduo, seguindo critério de perda auditiva incapacitante¹. Isto aumentou o número de “falsos negativos” e, por conseguinte, diminuiu o valor da especificidade, assim como do VPP. Por outro lado, o valor preditivo negativo (VPN) para o audiômetro TS era esperado já que, quanto menos sensível um dado teste, menor o seu VPN.

No que se refere ao eHHIE-S, a sensibilidade e VPN encontradas no presente estudo (Tabela 3) foram altas. Resultados similares aos do presente estudo foram reportados quando a pontuação do HHIE-S maior que oito foi utilizada para identificação de perdas maiores que 40 dB NA como o estudo de Tomioka et al.⁽²³⁾ (sensibilidade=81,3%; VPN=95,4%) e de Diao et al.⁽²⁴⁾ (sensibilidade=74,5%; VPN=86,1%). Por outro lado, estes mesmos autores encontraram valores mais altos para especificidade iguais a 77,5%⁽²³⁾ e 100%⁽²⁴⁾. A acurácia do HHIE-S como instrumento de triagem foi analisada em outros estudos nacionais^(7,25) e internacionais^(26,27). Entretanto, o critério adotado para determinação da audição alterada em tais estudos foram limiares maiores ou iguais que 25 dB NA, inviabilizando a comparação direta com os resultados do presente estudo.

Neste estudo, optou-se pela aplicação do HHIE-S em um formato online para privilegiar a administração deste procedimento de maneira remota. Entretanto, foi observado que 13 (16,35%) participantes, em função de analfabetismo (n=11, 13,75%) e inabilidade para manusear o computador (n=2, 2,5%) necessitaram de auxílio do avaliador que realizou a leitura das perguntas e opções de respostas do eHHIE-s, marcando aquela escolhida pelo indivíduo. Desta forma, embora o HHIE-S seja conhecido por sua brevidade e simplicidade^(6,22), questões sobre letramento e alfabetismo digital devem ser consideradas e merecem maior

investigação, visando facilitar e ampliar a autoadministração deste instrumento via internet no Brasil.

O uso de testes de triagem auditiva, em especial, de aplicativos para *smartphone* envolvendo dígitos no ruído^(10,14) demonstraram a vantagem de tornar o momento da triagem auditiva mais ecológica. Aspecto este não proposto no aplicativo MoBASA ou no TS. Por outro lado, o uso de *smartphone* tem sido vantajoso em comparação a necessidade do uso do computador, *tablets* e/ou *netbooks*. Projetando-se o uso de um instrumento de triagem auditiva para uso em ampla escala por outros profissionais de saúde a disponibilização do mesmo como aplicativo o torna de mais fácil acesso e de possibilidade de uso.

Outro ponto a ser destacado é que o aplicativo MoBASA foi testado em campo livre ao contrário do audiômetro TS. Possivelmente, pela característica da amostra deste estudo ser predominantemente com perda auditiva bilateral não ocorreu um maior número de falsos-negativos. Caso seja meta a identificação de perdas auditivas unilaterais não é aconselhado o uso do MoBASA pela não calibração dos estímulos para esta situação de testagem. São necessárias novas pesquisas com o objetivo de testar o uso de diferentes fones de ouvido e também realizar a calibração acústica para tais. Em contrapartida o audiômetro TS é aplicado com fones de ouvido para o qual teve sua aferição programada o que o torna vantajoso em comparação ao MoBASA neste aspecto, principalmente, por se tratar de um fone de baixo-custo quando comparado aos utilizados no diagnóstico audiológico como o fone TDH-39.

A variabilidade dos resultados presentes na literatura em comparação com os testes de triagem deste estudo se explica pelas diferentes metodologias utilizadas, incluindo uso de diferentes limiares e procedimentos para triagem e diferenças nos critérios de definição da perda auditiva. As melhores especificidades apontadas na pesquisa em questão podem ser justificadas pelos critérios de normalidade adotados por cada estudo, percebendo-se aumento da ocorrência de falsos positivos naqueles que utilizam limiares auditivos mais baixos, possivelmente pela influência do ruído nas salas de triagem que não são acusticamente tratadas. Inclusive sendo este um fator salientado como desafio por pesquisadores que tentam estudar fones de ouvido com atenuadores de ruído para serem utilizados nestes ambientes de triagem auditiva⁽¹⁵⁾.

Tanto o aplicativo MoBASA como o audiômetro TS foram desenvolvidos para serem administrados por um avaliador. Embora um treinamento breve seja suficiente para manuseio destes instrumentos, ainda assim permanece a necessidade de recurso humano para administração do procedimento, o que eleva o custo da triagem. Desta forma, é de interesse também o estudo de outros procedimentos que sejam auto administrados, como é o caso, por exemplo, de aplicativos como o uHear^(13,15) e o Teste de Dígitos no Ruído^(10,15).

Um fato destacado por Kelly et al.⁽¹⁵⁾ em seu estudo foi que a familiaridade dos indivíduos mesmo idosos com *tablets* e *smartphones* pode contribuir para o uso destes como ferramentas para triagem auditiva, principalmente se apresentarem poucas instruções.

O presente estudo apresentou algumas limitações. A primeira diz respeito à seleção dos participantes, não aleatória, a partir de

um serviço público de saúde auditiva. Isto pode ter incluído viés em função da maior probabilidade daqueles que se voluntariaram a participar apresentaram problemas auditivos e estarem mais preocupados com a audição. Outras pesquisas em diferentes populações, principalmente, naquelas assintomáticas providas de Unidades Básicas de Saúde são necessárias para ampliação e conhecimento da aplicabilidade do uso destes métodos de triagem auditiva.

Outra limitação se refere à possível introdução de viés de ordem, já que a ordem de realização dos procedimentos de triagem não foi aleatória ou contrabalaneada. Isto não foi possível de ser realizado no presente estudo visto a logística e locais disponíveis dentro do Serviço para realização da pesquisa, além do fato dos pesquisadores manterem-se cegos quanto aos resultados obtidos de cada participante em cada procedimento.

Outro ponto que pode ser compreendido como limitação, mas que não inviabiliza os resultados deste estudo, é que a audiometria tonal liminar (padrão ouro) não foi realizada no mesmo dia da aplicação dos três instrumentos de triagem auditiva. Isto ocorreu pela inviabilidade logística do Serviço de Saúde Auditiva do SUS onde a pesquisa foi executada. Desta forma, a audiometria tonal foi realizada em até três meses antes da data da aplicação dos instrumentos de triagem auditiva. Este ponto não acreditamos que inviabiliza os resultados visto que a maior parte (70,62%) dos sujeitos incluídos na amostra do estudo apresentavam perda auditiva permanente incapacitante. Este dado se justifica pelo fato dos participantes serem, na maioria, idosos (46,25%) e terem sido recrutados em um serviço de Saúde Auditiva do SUS, que recebe maior demanda de indivíduos candidatos ao uso do aparelho de amplificação sonora individual (AASI).

Ao realizar a escolha do procedimento de triagem auditiva a ser adotado deve-se levar em consideração o custo-benefício do procedimento, bem como a validade do mesmo. Procedimentos que apresentem grande ocorrência de falsos-negativos podem onerar os custos de Programas de Saúde auditiva em adultos e idosos da mesma forma que a ocorrência de falsos-positivos também o fazem, porque acabam por não cumprir o seu papel na identificação da perda auditiva.

Os instrumentos de triagem auditiva de baixo-custo apresentado neste estudo, sendo dois desenvolvidos no Brasil, teve a intenção de verificar a acurácia dos mesmos como instrumentos de triagem auditiva ou rastreio auditivo, não sendo a intenção que os mesmos venham substituir a avaliação audiológica completa. Há evidências que possivelmente o aplicativo MoBASA possa ser utilizado por profissionais da atenção básica como uma etapa de rastreio prévia a tomada de decisão do encaminhamento para a atenção especializada contribuindo de forma direta na melhoria na Rede de Atenção à Saúde Auditiva da população.

Um estudo⁽²⁸⁾ comparou oito dispositivos diferentes atualmente disponíveis para triagem auditiva (shoebbox, HearX, Sentiero, Smar Tone, Kuduwave, Interacoustic Titan, Grason-Stadler Audioscreener e Maico EroScan) com o intuito de identificar os prós e contras de cada tecnologia e como estes têm sido utilizados em locais com restrições de recursos econômicos. Os autores compararam as características de software e hardware, mobilidade de hardware, facilidade de uso e requisitos

de treinamento, armazenamento de dados, suporte técnico e considerações financeiras. Os autores concluíram que existem opções disponíveis para países de média e baixa renda, porém ainda há necessidade da ciência prosperar em prol de tecnologias acessíveis, sustentáveis e portáteis.

CONCLUSÃO

O MoBASA demonstrou ser um método acurado para triagem auditiva de indivíduos com perda auditiva incapacitante em adultos e idosos.

O eHHIE-S e o audiômetro telessaúde embora tenham apresentado sensibilidade acima de 90% tiveram baixa especificidade o que os limita no uso da triagem auditiva, pois podem gerar maior índice de falsos-negativos.

AGRADECIMENTOS

Os pesquisadores agradecem a equipe administrativa e técnica do Centro SUVAG do RN, onde a pesquisa foi realizada pela disponibilidade dos espaços físicos e acesso aos sujeitos de pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. WHO: World Health Organization. Ear and hearing care: indicators for monitoring provision of services [Internet]. Geneva: WHO; 2019. [citado em 2020 Abr 15]. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/hearing-loss#tab=tab_1
2. Béria JU, Raymann BCDW, Gigante LP, Figueiredo ACL, Jotz G, Roithman R, et al. Hearing impairment and socioeconomic factors: a population-based survey of an urban locality in southern. *Rev Panam Salud Publica*. 2007;21(6):381-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1020-49892007000500006>. PMID:17761050.
3. American Academy of Audiology. Accessibility and Affordability of Hearing Care for Adult Consumers [Internet]. Reston: American Academy of Audiology; 2017 [citado em 2020 Abr 15]. Disponível em: <https://www.audiology.org/publications/accessibility-and-affordability-hearing-care-adult-consumers>
4. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.528, de 19 de outubro de 2006. Aprova a Política Nacional de Saúde de Pessoa Idosa [Internet]. Diário Oficial da União; Brasília; 2006 [citado em 2020 Abr 15]. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2006/prt2528_19_10_2006.html
5. Ferrari DV, Lopez EA, Lopes AC, Aiello CP, Jokura PR. Results obtained with a low cost software-based audiometer for hearing screening. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2013;17(3):257-64. <http://dx.doi.org/10.7162/S1809-97772013000300005>. PMID:27053951.
6. Ventry IM, Weinstein BE. Identification of elderly people with hearing problems. *ASHA*. 1983;25(7):37-42. PMID:6626295.
7. Rosis ACA, Souza MRF, Iório MCM. Questionário Hearing Handicap Inventory for the Elderly - Screening version (HHIE-S): estudo da sensibilidade e especificidade. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2009;14(3):339-45. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342009000300009>.
8. Swanepoel DW, Myburgh HC, Howe DM, Mahomed F, Eikelboom RH. Smartphone hearing screening with integrated quality control and data management. *Int J Audiol*. 2014;53(12):841-9. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2014.920965>. PMID:24998412.
9. Abu-Ghanem S, Handzel O, Ness L, Ben-Artzi-Blima M, Fait-Ghelbendorf K, Himmelfarb M. Smartphone-based audiometric test for screening hearing loss in the elderly. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2016;273(2):333-9. <http://dx.doi.org/10.1007/s00405-015-3533-9>. PMID:25655259.

10. Potgieter JM, Swanepoel DW, Myburgh HC, Hopper TC, Smits C. Development and validation of a smartphone-based digits-in-noise hearing test in South African English. *Int J Audiol*. 2015;55(7):405-11. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2016.1172269>. PMID:27121117.
11. Swanepoel DW. Smartphone-based National Hearing Test Launched in South Africa. *Hear J*. 2017;70(1):14-6. <http://dx.doi.org/10.1097/01.HJ.0000511726.41335.83>.
12. van Tonder J, Swanepoel W, Mahomed-Asmail F, Myburgh H, Eikelboom RH. Automated smartphone threshold audiometry: validity and time efficiency. *J Am Acad Audiol*. 2017;28(3):200-8. <http://dx.doi.org/10.3766/jaaa.16002>. PMID:28277211.
13. Barczik J, Serpanos YC. Accuracy of smartphone self-hearing test applications across frequencies and earphone styles in adults. *Am J Audiol*. 2018;27(4):570-80. http://dx.doi.org/10.1044/2018_AJA-17-0070. PMID:30242342.
14. Potgieter JM, Swanepoel W, Myburgh HC, Smits C. The south african english smartphone digits-in-noise hearing test: effect of age, hearing loss and speaking competence. *Ear Hear*. 2018;39(4):656-63. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0000000000000522>. PMID:29189432.
15. Kelly EA, Stadler ME, Nelson S, Runge CL, Friedland DR. Tablet-based screening for hearing loss: feasibility of testing in nonspecialty locations. *Otol Neurotol*. 2018;39(4):410-6. <http://dx.doi.org/10.1097/MAO.0000000000001752>. PMID:29494473.
16. Samelli AG, Rabelo CM, Sanches SGG, Aquino CP, Gonzaga D. Tablet-based hearing screening test. *Telemed J E Health*. 2017;23(9):747-52. <http://dx.doi.org/10.1089/tmj.2016.0253>. PMID:28328389.
17. Watson HA, Tribe RM, Shennan AH. The role of medical smartphone apps in clinical decision-support: A literature review. *Artif Intell Med*. 2019;100:101707. <http://dx.doi.org/10.1016/j.artmed.2019.101707>. PMID:31607347.
18. Bright T, Pallawela D. Validated smartphone-based apps for ear and hearing assessments: a review. *JMIR Rehabil Assist Technol*. 2016;3(2):e13. <http://dx.doi.org/10.2196/rehab.6074>. PMID:28582261.
19. Bush ML, Sprang R. Management of hearing loss through telemedicine. *JAMA Otolaryngol Head Neck*. 2019;145(3):204-5. <http://dx.doi.org/10.1001/jamaoto.2018.3885>.
20. Silva LSG, Gonçalves CG, Soares VMN. National Policy on Health Care Hearing: an evaluative study from covering services and diagnostic procedures. *CoDAS*. 2014;26(3):241-7. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/201420140440>. PMID:25118922.
21. Ventry IM, Weinstein BE. The hearing handicap inventory for the elderly: a new tool. *Ear Hear*. 1982;3(3):128-34. <http://dx.doi.org/10.1097/00003446-198205000-00006>. PMID:7095321.
22. Landis JR, Koch GG. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics*. 1977;33(2):363-74. <http://dx.doi.org/10.2307/2529786>. PMID:884196.
23. Tomioka K, Ikeda H, Hanaie K, Morikawa M, Iwamoto J, Okamoto N, et al. The Hearing Handicap Inventory for Elderly-Screening (HHIE-S) versus a single question: reliability, validity, and relations with quality of life measures in the elderly community. *Qual Life Res*. 2013;22(5):1151-9. <http://dx.doi.org/10.1007/s11136-012-0235-2>. PMID:22833152.
24. Diao M, Sun J, Jiang T, Tian F, Jia Z, Liu Y, et al. Comparison between self-reported hearing and measured hearing thresholds of the elderly in China. *Ear Hear*. 2014;35(5):e228-32. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0000000000000050>. PMID:24979248.
25. Menegotto IH, Soldera CLC, Anderle P, Anhaia TC. Correlação entre perda auditiva e resultados dos questionários Hearing Handicap Inventory for the Adults - Screening Version HHIA-S e Hearing Handicap Inventory for the Elderly - Screening Version - HHIE-S. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2011;15(3):319-26. <http://dx.doi.org/10.1590/S1809-48722011000300009>.
26. Servidoni AB, Conterno LO. Hearing loss in the elderly: is the hearing handicap inventory for the elderly - screening version effective in diagnosis when compared to the audiometric test? *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2018;22(1):1-8. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0037-1601427>. PMID:29371892.
27. Brennan-Jones CG, Taljaard DS, Brennan-Jones SE, Bennett RJ, Swanepoel W, Eikelboom RH. Self-reported hearing loss and manual audiometry: a rural versus urban comparison. *Aust J Rural Health*. 2016;24(2):130-5. <http://dx.doi.org/10.1111/ajr.12227>. PMID:26311193.
28. Jayawardena A, Waller B, Edwards B, Larsen-Reindorf R, Esinam Anomah J, Frimpong B, et al. Portable audiometric screening platforms used in low-resource settings: a review. *J Laryngol Otol*. 2019;133(2):74-9. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022215118001925>. PMID:30392484.

Contribuição dos autores

SAB participou da idealização do estudo, coleta, análise e interpretação dos dados e redação do artigo; BSBC, RNP, TFL e JDJ participaram da coleta, tabulação e análise dos dados; SAB e DVF participaram, na condição de orientadora, da idealização do estudo, análise, interpretação dos dados e redação do artigo; DMSB e RAMV participou na idealização. Desenvolvimento e análise dos dados provenientes do sistema online HHIE-S; EAL participou na idealização, desenvolvimento, treinamento, calibração e análise dos dados técnicos do aplicativo MOBASA e do Audiômetro Telessaúde.