

## Artigos originais

## Triagem auditiva em escolares: acurácia de diferentes critérios de análise das emissões otoacústicas evocadas transientes

*Hearing screening in schoolchildren: accuracy of different criteria used to analyze transient evoked otoacoustic emissions*Aryelly Dayane da Silva Nunes-Araújo<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-3814-2675>Sheila Andreoli Balen<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-1353-4362>Antonio Pereira Junior<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-0808-1058>Isabelle Ribeiro Barbosa<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-1385-2849>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde (LAIS), Hospital Universitário Onofre Lopes, Departamento de Fonoaudiologia, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Pará - UFPA, Laboratório de Processamento de Sinal, Belém, Pará, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi, Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, Santa Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil.

Fonte de Auxílio: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) – Código 001.

Conflito de interesses: Inexistente



Recebido em: 09/03/2021  
Aceito em: 27/10/2021

**Endereço para correspondência:**

Sheila Andreoli Balen  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências da Saúde  
Rua Gen. Gustavo de Farias, s/n -  
Coordenação do Curso de Fonoaudiologia  
Petrópolis  
CEP: 59020-020 - Natal,  
Rio Grande do Norte, Brasil  
E-mail: sheila@sheilabalén.com

## RESUMO

**Objetivo:** comparar a acurácia de diferentes critérios de análise das emissões otoacústicas evocadas transientes na triagem auditiva em escolares.

**Métodos:** estudo de acurácia no qual foi realizada avaliação audiológica (audiometria, logaudiometria, timpanometria) e emissões transientes de 70 escolares do primeiro ao quinto ano de escola municipal do nordeste do Brasil (6-14 anos,  $9,9 \pm 2$  anos), com quatro critérios, todos com relação sinal/ruído  $\geq 3$  dB, sendo no critério A em todas as bandas de frequência; B em três bandas de frequências consecutivas; C em três das cinco bandas de frequência não consecutivas; D em 2, 3 e 4 kHz. Foram analisadas a sensibilidade, especificidade, acurácia e valores preditivos com seus respectivos intervalos de confiança de 95%.

**Resultados:** o critério A apresentou maior sensibilidade (92,31%, IC95%: 67-98%) e menor especificidade (17,35%, IC95%: 10-29%); o critério C maior especificidade (84,21%, IC95%: 72-91%) e maior valor preditivo positivo (52,63%; IC95%: 51,63-54,63). A acurácia foi 82,85% (IC95% 78,23-87,47) no critério C e 70% (IC95%: 65,38-74,62) no critério B.

**Conclusão:** o critério C (relação sinal/ruído  $\geq 3$  dB em três bandas de frequência não consecutivas) apresentou a melhor acurácia, sendo considerado a melhor opção como critério para o uso isolado das emissões transientes como procedimento de triagem auditiva em escolares.

**Descritores:** Confiabilidade dos Dados; Instituições Acadêmicas; Criança; Programas de Rastreamento; Testes Auditivos

## ABSTRACT

**Purpose:** to compare the accuracy of different criteria used to analyze transient evoked otoacoustic emissions in schoolchildren.

**Methods:** an accuracy study, where an audiological assessment (audiometry, logaudiometry, tympanometry) and transient emissions were performed with 70 schoolchildren, from the first to the fifth grade of a municipal school, in Northeastern Brazil (6-14 years,  $9.9 \pm 2$  years), with four criteria, all with signal-to-noise ratio  $\geq 3$  dB, being: criterion A, in all frequency bands; B, in three consecutive frequency bands; C, in three of the five non-consecutive frequency bands; D, in 2, 3 and 4 kHz. Sensitivity, specificity, accuracy and predictive values with their respective confidence intervals of 95% were analyzed.

**Results:** criterion A showed higher sensitivity (92.31%, 95% CI: 67-98%) and lower specificity (17.35%, 95% CI: 10-29%); criterion C higher specificity (84.21%, 95% CI: 72-91%) and higher positive predictive value (52.63%; 95% CI: 51.63-54.63). Accuracy was 82.85% (95% CI 78.23-87.47) in criterion C and 70% (95% CI: 65.38-74.62) in criterion B.

**Conclusion:** criterion C, signal-to-noise ratio  $\geq 3$  dB in three non-consecutive frequency bands, showed the best accuracy, being considered the best choice as a criterion for the isolated use of transient emissions as a hearing screening procedure, in schoolchildren.

**Keywords:** Data Accuracy; School; Child; Mass Screening; Hearing Tests

## INTRODUÇÃO

A prevalência mundial de perda auditiva incapacitante em crianças é de 34 milhões de casos<sup>1</sup>, sendo substancialmente maior em países de renda baixa/média comparada a países de alta renda<sup>2</sup>. Na faixa etária escolar a prevalência da perda auditiva varia de acordo com as condições socioculturais e de acesso aos serviços de saúde. As alterações auditivas na infância podem ocorrer após complicações da orelha média<sup>3</sup> e ter como fator associado a infecção de vias aéreas superiores<sup>4</sup>, além de acúmulo de cerúmen como causa de perda auditiva<sup>5,6</sup>. A falta de acesso da população a cuidados básicos de saúde em países em desenvolvimento geralmente leva ao tratamento inadequado de infecções de orelha média em crianças.

Tendo em vista o risco auditivo decorrente de infecções na orelha média e os benefícios da intervenção precoce, recomenda-se a avaliação auditiva regular de crianças em idade escolar<sup>7,8</sup>, preferencialmente dentro de um programa de saúde auditiva<sup>8</sup>. Embora pesquisas de prevalência de perda auditiva nessa população apresentem métodos distintos, a relevância da investigação da perda auditiva e a necessidade de intervenção precoce nessa faixa etária são unânimes<sup>9</sup>. O procedimento definido como padrão de referência para avaliação de escolares é a audiometria tonal liminar<sup>7</sup>, enquanto as medidas de imitância acústica e otoscopia são os testes escolhidos para detectar alterações específicas da orelha média. As Emissões Otoacústicas Evocadas Transientes (EOAT) podem ser utilizadas na triagem auditiva escolar<sup>7,10,11</sup> por ser um procedimento rápido e com alta taxa de aceitação pelas crianças, portanto adequado para programas de triagem auditiva escolar<sup>12</sup>. Além disso, existem evidências de que possui melhor sensibilidade e especificidade quando comparado à audiometria tonal liminar e à timpanometria, havendo a vantagem também de ser um método que não requer a resposta da criança e é mais rápido do que os demais, em especial quando comparado à audiometria tonal liminar<sup>9</sup>. A implementação do uso das EOAT pode reduzir as taxas de encaminhamento, aumentar a identificação de perda auditiva e melhorar as taxas de acompanhamento de distúrbios auditivos<sup>13</sup>.

Geralmente, o uso das EOAT como método de triagem auditiva na escola utiliza predominantemente estímulos clique que têm banda de frequência ampla e produzem uma resposta coclear global. Em geral, o estímulo clique é o padrão dos equipamentos de EOAT para triagem auditiva<sup>14</sup>. A amplitude das EOAT

com clique tende a diminuir com a idade. A amplitude das respostas otoacústicas é maior até 1 ano de idade (cerca de 4,25 dB NPS), passando para 0,26-0,52 dB NPS de 1 a 10 anos, 0,23 dB NPS de 11 a 25 anos e 0,14 dB NPS de 26 a 60 anos<sup>15</sup>. A relação sinal/ruído (S/R) também diminuiu com o aumento da idade nas bandas de frequência acima de 1,5 kHz. A relação sinal/ruído em frequências mais agudas reduz mais rápido do que em frequências mais graves, levando à mudança máxima da relação sinal/ruído de 3, 2 e 4,0 kHz em neonatos para 1,5 kHz em adultos, o que diminui ainda mais o nível de resposta total das EOAT<sup>15</sup>. Durante o desenvolvimento, constata-se que, em neonatos, as respostas das EOAT são mais robustas nas bandas de frequência de 2 a 4 kHz e em crianças em idade pré-escolar e escolar são, em geral, uniformes entre 1 a 4 kHz.

Nas recomendações da Academia Americana de Audiologia<sup>7</sup>, os critérios de passa/falha para cada equipamento de EOAT devem ser estabelecidos de acordo com a faixa etária atendida pelo programa de triagem auditiva. Porém, são necessárias evidências científicas comparativas da acurácia de diferentes critérios para auxiliar na tomada de decisão dos profissionais que atuam na triagem auditiva em escolares utilizando as EOAT estímulo com clique<sup>16</sup>, contribuindo para que o procedimento seja utilizado como ferramenta de triagem auditiva em escolares e dessa forma, na identificação da perda auditiva.

Infere-se, com base nas mudanças que ocorrem nas respostas das EOAT e na relação sinal/ruído das mesmas durante o desenvolvimento, que o critério passa/falha das EOAT adotado para neonatos não deve ser necessariamente o mesmo utilizado na triagem auditiva de pré-escolares e escolares. O objetivo do presente estudo foi comparar a acurácia de diferentes critérios de análise das EOAT na triagem auditiva em escolares.

## MÉTODOS

O presente estudo de acurácia diagnóstica na comparação de diferentes critérios de análise das EOAT como protocolo de triagem auditiva em escolares com a avaliação audiológica foi realizado após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil (nº 030/11) e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelos pais ou responsáveis pelas crianças.

A partir da população de 182 escolares matriculados no primeiro ao quinto ano de uma Escola Municipal de Natal (RN) e baseado em uma proporção estimada de perda auditiva de 16,8%<sup>3</sup> e margem de erro de 7% e taxa de não resposta de 5%, o cálculo amostral resultou em 72 escolares. Dos 80 escolares que compareceram à escola após convite, 3 apresentavam necessidades educacionais especiais e não conseguiram finalizar todos os procedimentos e 7 desistiram. Dessa forma, a amostra foi constituída por 70 escolares com idade entre 6 e 14 anos ( $9,9 \pm 2$ ), sendo 36 do sexo masculino e 34 do sexo feminino. Oito (11,4%) estavam matriculados no primeiro ano, nove (12,8%) no segundo, 13 (18,6%) no terceiro, 20 (28,6%) no quarto e 20 (28,6%) no quinto ano. Os critérios de elegibilidade para composição da amostra foram estar matriculado e frequentando regularmente a escola, ter condições de realizar todos os procedimentos e realiza-los todos no mesmo dia, e não apresentar obstrução do MAE (Meato Acústico Externo) no momento da avaliação.

Os escolares foram submetidos à meatoscopia, audiometria tonal liminar (ATL), logoaudiometria, timpanometria e EOAT, realizadas em uma sala silenciosa da escola por pesquisadores treinados, que fizeram a avaliação de cada procedimento de forma independente, ou seja, sem conhecimento dos resultados dos outros procedimentos caracterizando um estudo uni-cego. A ATL, a logoaudiometria e emissões otoacústicas foram realizadas em cabina acústica. Todos os procedimentos foram realizados no mesmo dia para garantir as mesmas condições de avaliação em equipamentos calibrados. A orelha de início da avaliação foi alternada em todos os procedimentos para evitar efeito da orelha inicial. Em caso de alteração detectada em algum procedimento, o escolar foi imediatamente retestado após retirada dos fones ou olivas e reinstrução do procedimento<sup>7</sup>. O nível de intensidade do ruído foi medido com decibelímetro *ICEL Manaus DL-4020* antes, durante e na finalização dos procedimentos, com média inferior a 50dB. A pesquisa das EOAT foi interrompida quando ocorreu alerta de detecção de excesso de ruído ambiental pelo equipamento, sendo retomada em condições acústicas favoráveis.

A meatoscopia realizada com otoscópio *Heidji* avaliou as condições do meato acústico externo (MAE) de ambas as orelhas; na presença de obstrução ou presença de corpo estranho, o escolar era excluído da pesquisa. A ATL foi realizada com o audiômetro

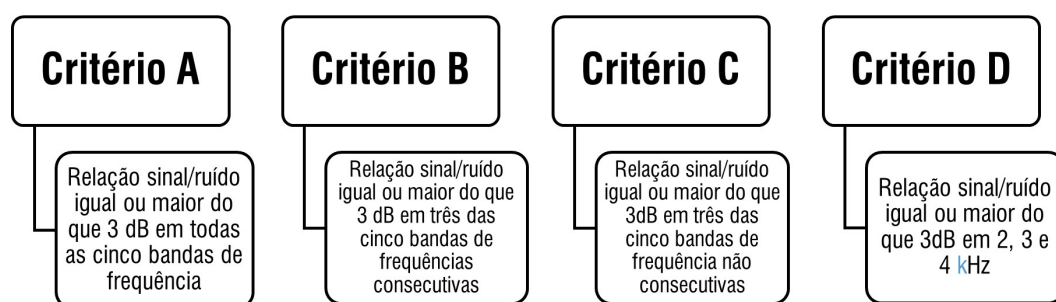
*Interacoustic AD229* e fones de ouvido TDH-39. Os limiares auditivos foram avaliados por via aérea nas frequências de 250 a 8000Hz, sendo a avaliação por via óssea executada nas frequências de 500 a 4000 Hz na presença de limiares de via aérea rebaixados, ambas pelo método descendente. Na logoaudiometria, pesquisaram-se o limiar de reconhecimento de fala (LRF) e o índice de reconhecimento de fala (IRF). O mascaramento foi aplicado quando houve possibilidade de a orelha contralateral contribuir na resposta da orelha testada. Os escolares foram considerados com limiares auditivos dentro da normalidade quando a média quadritonal (500, 1000, 2000 e 4000 Hz) se encontrava igual ou menor que 15 dB NA<sup>17</sup>, sendo considerada a melhor orelha, IRF igual ou maior que 92%, LRF compatível com a média de 500, 1000 e 2000 Hz<sup>18</sup>.

A timpanometria foi realizada com impedanciômetro *Interacoustic AT235* no modo automático, com tom sonda de 226Hz, gerando pressão de +200 a -400 daPA. Para definição da curva timpanométrica tipo A, consideraram-se pressão de orelha média 0 da Pa ou valor próximo (variação de +100 a -100daPa) e a complacência estática entre 0,3 e 1,6cc<sup>19</sup>. A presença de pressão negativa acima de -150 daPA (curva tipo C) ou ausência de variação de pressão (curva tipo B) indicou problemas condutivos.

Para captação das emissões otoacústicas evocadas transientes (EOAT), utilizou-se o equipamento *Otoport* da *Otodynamic* no modo *Quickscreen*, com estímulos clique de intensidade de 84dBpe e largura de banda de 841 a 4757 Hz. A resposta, sob forma de pressão acústica no MAE, foi captada por um microfone acoplado à sonda que permitiu a separação das Emissões Otoacústicas (EOA) e do ruído<sup>20</sup>. Registraram-se as amplitudes e a relação sinal/ruído nas bandas de frequências de 1.000, 1.500, 2.000, 3.000 e 4.000Hz para cada orelha. Também foram registrados os índices de reprodutibilidade das EOAT, o nível de ruído presente no meato acústico externo durante o teste, tempo necessário (segundos) para a captação das EOAT e os índices de estabilidade da sonda no MAE. Em caso de ausência de resposta das EOAT, as sondas foram retiradas e o reteste foi realizado imediatamente, sendo mantida e considerada na análise apenas a última resposta<sup>7</sup>. Ao ser detectada alteração audiológica em qualquer uma das etapas da avaliação audiológica, o escolar foi encaminhado para avaliação médica na Rede Municipal de Saúde.

Para análise do critério de passa nas EOAT, estabeleceram-se quatro critérios (Figura 1). Em todos os critérios, adotou-se a relação sinal/ruído de 3dB seguindo sugestão do equipamento utilizado, bem como de outros estudos na mesma faixa-etária<sup>14</sup>. Portanto, a variabilidade estudada entre os critérios foi a quantidade de bandas de frequências com relação sinal/ ruído de 3dB (critério A comparativamente aos demais critérios), se eram consecutivas ou não (critério B X critério C) e a especificidade de frequência (critério D). Essas escolhas de análise foram pautadas nos critérios adotados em outro estudo e que podem

impactar na tomada de decisão ao definir se o sujeito passou ou falhou no procedimento de EOAT durante a triagem auditiva escolar. Em todos os critérios passa-falha também foram cumpridas as condições de reprodutibilidade das EOAT superior a 50% e estabilidade da sonda superior a 70%<sup>21</sup>. Considerou-se resultado “passa” a presença de EOAT em ambas as orelhas em cada protocolo estudado. Dessa forma, a análise dos dados foi realizada pelo número de sujeitos da pesquisa, e não de orelhas avaliadas, mantendo-se a lógica de passa/falha do sujeito em um Programa de Triagem Auditiva<sup>7</sup>.



**Figura 1.** Critérios de passa adotados nas emissões otoacústicas evocadas transientes a partir da relação sinal/ruído nas bandas de frequência

A determinação da acurácia é realizada pela comparação dos “doentes” e “não doentes”, classificados dessa forma a partir do teste de referência. A sensibilidade é definida como a proporção de “doentes” entre os sujeitos que tem resultado positivo para o agravo em estudo, e a especificidade como a proporção e pessoas “não doentes” que apresentam o teste negativo para o agravo<sup>22</sup>. Nesse estudo foram considerados “doentes” os sujeitos identificados com perda auditiva e “não doentes” aqueles que não apresentaram perda auditiva na avaliação audiológica. Em caso de resultado positivo, o valor preditivo positivo é a probabilidade de ter a doença, e no caso do resultado negativo o valor preditivo negativo é a probabilidade de não ter a doença<sup>22</sup>, nesse caso a perda auditiva.

A análise dos resultados da audiometria tonal liminar, logaudiometria e timpanometria, que constituiu a avaliação audiológica (teste de referência), permitiu a caracterização da presença de perda auditiva quanto ao tipo e grau. A presença ou ausência da perda auditiva foi considerado como o resultado do teste diagnóstico que foi comparado ao resultado das EOAT (teste *index*), não sendo excluídos os sujeitos com perda auditiva para que fosse possível

determinar a acurácia dos protocolos. Estabeleceu-se a ocorrência de passa nas EOAT da amostra para cada um dos quatro critérios apresentados. A partir desses resultados foram avaliadas as características diagnósticas de cada critério, em comparação do seu resultado passa/falha com a presença/ausência de perda auditiva por meio da tabela 2x2. Dessa forma foram obtidas as medidas de sensibilidade, especificidade, acurácia e valores preditivos positivo e negativo, para cada um dos critérios com seus respectivos intervalos de confiança de 95%.

## RESULTADOS

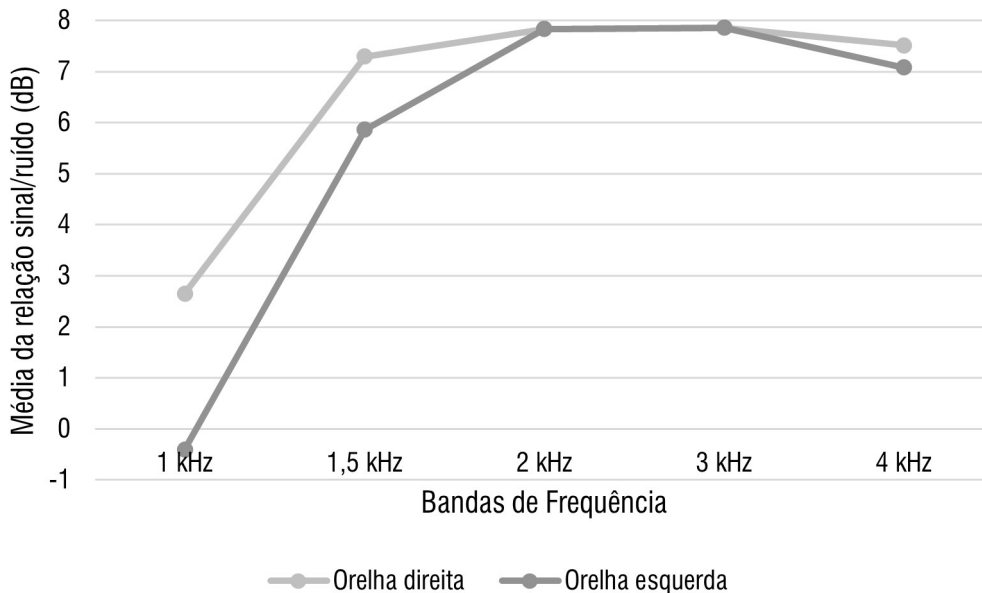
Entre os escolares avaliados, 57 (81,43%) alunos possuíam avaliação audiológica dentro da normalidade, indicando ausência de perda auditiva, e 13 (18,57%) apresentaram perda auditiva (PA). No que se refere ao tipo de PA, 11 (15,71%) escolares tiveram perda auditiva condutiva e 2 (2,85%) sensorioneural. Quanto à lateralidade, 5 (38,46%) eram bilaterais e 8 (61,53%) unilaterais.

O tempo médio de captação das EOAT foi de 18,98 segundos, com média de estabilidade da sonda

de 96,85% e reprodutibilidade de 77,62 %. A média da relação sinal/ruído obtida por orelha na banda de frequência de 1kHz foi menor do que as demais frequências no teste de EOAT (Figura 2).

Ao analisar a ocorrência de passa/falha de acordo com os critérios estudados, o critério A teve maior

ocorrência de falha e o critério C maior ocorrência de passa. A partir da análise de sensibilidade e especificidade, encontrou-se que os critérios A e D apresentaram maior sensibilidade, e os critérios B e C maior especificidade. O VPP do critério C é maior, enquanto o VPN maior é do critério A (Tabela 1).



**Figura 2.** Média da relação sinal/ruído por orelha e banda de frequência na amostra estudada

**Tabela 1.** Ocorrência de passa/falha nas emissões otoacústicas evocadas transientes e resultados da sensibilidade, especificidade, valores preditivos e acurácia em função dos critérios analisados

Critério	Passa	Falha	S	E	VPP	VPN	Acurácia
A	11 (15,72%)	59 (84,28%)	92,31% (IC:67-98%)	17,54% (IC:10-29%)	20,34% (IC: 19,34-31,34%)	9,09% (IC: 8,09-10,09%)	31,42% (IC: 26,80-36,04%)
B	42 (60%)	28 (40%)	76,92% (IC:49-92%)	68,42% (IC:55-79%)	35,71% (IC: 41,86-44,86%)	7,14% (IC:13,29-15,29%)	70% (IC: 65,38-74,62%)
C	51 (72,86%)	19 (27,14%)	76,92% (IC:49-92%)	84,21% (IC:72-91%)	52,63% (IC:51,63-54,63%)	5,88% (IC:4,68-6,58%)	82,85% (IC: 78,23-87,47%)
D	45 (64,28%)	25 (35,71%)	84,62% (IC: 57-95%)	40,35% (IC:28-53%)	24,44% (23,44-26,44%)	8,00% (IC:7-9%)	48,57% (IC: 43,95-53,19%)

Legenda: S – sensibilidade; E – especificidade; VPP – valor preditivo positivo; VPN – valor preditivo negativo; IC – intervalo de confiança.

## DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que a escolha de critérios de avaliação influenciou na acurácia das EOAT durante a triagem auditiva. Os critérios A e D propostos pela presente pesquisa resultaram em maior sensibilidade, enquanto os critérios B e C produziram maior especificidade, sendo esse último

associado com os maiores valores preditivos positivo e negativo. A acurácia foi maior no critério C seguido do critério B, sendo que os critérios D e A ficaram abaixo de 50% de acurácia.

A relação S/R é um parâmetro importante da análise das EOAT, geralmente com respostas mais robustas nos neonatos<sup>16</sup>. No contexto escolar, as EOAT podem ser aplicadas em associação a outros procedimentos,

como testes de limiar auditivo<sup>6</sup>, e ainda podem ser utilizadas as EOA por produto de distorção<sup>23,24</sup> ou por estímulo *chirp*<sup>14</sup>. Por ter o objetivo de conhecer diferentes critérios de análise das EOAT, nesse estudo foram aplicadas de forma isolada, porém tendo seus resultados comparados nos diferentes critérios. Podem constituir uma potencialidade para o uso das EOAT também na triagem com escolares, como já o é para o público neonatal, ou ainda evidenciar mudanças nos resultados da acurácia diagnóstica a partir da combinação de procedimentos.

O critério passa/falha interfere nos resultados encontrados; outros estudos realizados em crianças pré-escolares e escolares demonstraram uma S/R maior ou igual a 3 dB em todas as bandas de frequência e reprodutibilidade maior que 50%<sup>25</sup>, semelhante ao critério A e à relação S/R dos quatro critérios avaliados nesta investigação. Uma análise de diferentes critérios passa/falha em triagem auditiva neonatal encontrou como critério válido a presença de resposta em duas ou três bandas de frequência<sup>16</sup>, diferente do encontrado para a amostra desse estudo com escolares. Embora sejam populações diferentes, os estudos com neonatos exploram mais esses aspectos da análise dos critérios para definir a presença e ausência da resposta, em consequência do parâmetro passa/falha. Infere-se que essa diferença de resultado a partir do critério passa com presença de resposta em todas as bandas ou duas a três bandas de frequência se deve, provavelmente, à presença elevada em neonatos de ausência ou à diminuição da relação S/R nas bandas de frequência de 1000 e 1.5000 Hz, em virtude tanto das questões anatômicas do meato acústico externo dos neonatos quanto das eventuais alterações condutivas nessas estruturas no primeiro ano de vida do bebê. Observou-se ainda uma média de relação S/R menor na frequência de 1000 Hz, corroborando o que é evidenciado em neonatos e crianças. Tais mudanças que ocorrem a partir das alterações condutivas podem ocorrer também entre os escolares, demonstrando a possibilidade de adoção desse critério para triagem no ambiente escolar.

O registro no modo *Quickscreen* tem uma janela de gravação curta, com comprimento menor, podendo ser utilizado para uma detecção rápida de EOAT válida em neonatos. Em comparação a outros protocolos lineares e não lineares, esse modo teve menor reprodutibilidade, principalmente de 1 a 1,4 kHz, sendo observada maior diferença em 1 kHz<sup>14</sup>. Outro estudo também com neonatos utilizou a captação *Quickscreen*

como critério de inclusão para pesquisa de triagem da função coclear<sup>21</sup>. Já outra pesquisa realizada em adultos encontrou relação S/R significativamente maior no *Quickscreen* em 1, 2 e 4 kHz<sup>26</sup>. No entanto, é importante ressaltar que esses estudos não foram realizados com participantes em idade escolar, além de terem utilizado um equipamento distinto ao deste trabalho. Apesar disso a aplicação de diferentes critérios de análise da triagem aplicados e estudados nos neonatos é um importante fator a ser considerado também nos escolares discutindo o impacto das variações dos critérios no resultado final da triagem. A captação no modo *Quickscreen* é então um importante ponto a ser investigado em novos estudos, principalmente por sua rápida aplicação e sendo esse um aspecto a ser considerado em um programa de triagem auditiva escolar.

Pesquisa com escolares eslovacos apresentou médias da relação sinal/ruído menores do que 3 dB em 1.000Hz e 4.000 Hz<sup>27</sup>, o que reitera a possibilidade de uso de relação S/R menor que 3dB nos critérios B, C e D. É importante ressaltar que o estudo de Pavlovcinova e colaboradores (2010)<sup>27</sup> utilizou um equipamento de diagnóstico, enquanto o presente trabalho usou um equipamento portátil direcionado para realização de triagem, o que pode conduzir a resultados diferentes. Em outro estudo<sup>28</sup>, pré-escolares e escolares foram avaliados com EOAT e critério passa/falha de relação S/R maior que 3 dB em três bandas das cinco bandas de frequências testadas, semelhante aos critérios B ou C desta pesquisa, concordando com os resultados aqui encontrados e corroborando para a adoção do critério C.

Neste estudo, o uso de 3dB revelou uma baixa taxa de falso positivo, alta eficiência e elevado valor preditivo, enquanto já está proposto na literatura que a relação S/R a partir de 1dB pode melhorar esses resultados<sup>29</sup>. Essa concordância parcial pode ser justificada devido à faixa etária mais ampla da presente amostra. Há maior evidência de alterações condutivas em crianças dessa faixa etária<sup>5</sup> e a possibilidade de alteração auditiva nos adolescentes pela exposição a ruído não ocupacional<sup>30</sup>, logo estudo que contempla esses dois públicos, com prováveis etiologias de alterações auditivas distintas, aponta outros resultados. Entre alterações condutivas na infância, a otite média com efusão é frequente e deve ser considerada em programas de saúde auditiva. Apesar das possíveis diferenças entre as alterações auditivas mais frequentes em crianças mais novas ou em adolescentes, não foi objetivo desse estudo fazer a

comparação dos diferentes critérios entre essas faixas etárias. No entanto, é possível que os protocolos das EOAT possam ser ajustados de acordo com as características etárias, hipótese que deve ser investigada em outros estudos.

As relações entre as EOA e alterações condutivas tem sido investigadas. Pesquisa brasileira que comparou as respostas das EOAT e por produto de distorção em escolares com e sem histórico de otite média, encontrou que as respostas foram mais prováveis de estarem ausentes e com amplitude estatisticamente menor no grupo com histórico de otite média<sup>31</sup>. Um estudo anterior de diagnóstico da otite média com efusão avaliou a captação das EOAT com relação S/R igual ou maior que 6 dB em quatro das cinco bandas de frequência testadas<sup>10</sup>. Outra pesquisa<sup>32</sup> em alterações de orelha média utilizou como critério relação S/R igual ou maior a 3 dB em três das cinco bandas de frequência testadas, semelhante aos critérios B e C. A ausência de EOAT encontrada foi altamente relacionada às alterações de orelha média<sup>32</sup>. Essa diferença de critério em alterações audiológicas específicas aponta também para a importância de novos estudos com diferentes critérios passa/falha das EOAT, uma vez que os escolares podem apresentar uma diversidade de alterações audiológicas, que devem ser triadas<sup>8</sup>.

As melhores medidas de acurácia diagnóstica encontradas no critério C podem estar justificadas não só pelas características da amostra, como também pelas características das EOAT. Por utilizarem um estímulo amplo como o clique, a resposta da funcionalidade das Células Ciliadas Externas também será ampla, não sendo a ausência de resposta em uma banda de frequência garantia de perda auditiva naquela banda. Em virtude dessas características fisiológicas, podem ser justificadas as melhores medidas diagnósticas no critério que considera a resposta em três bandas de frequência não consecutivas.

Tem sido recomendada a realização de ações que reduzam o impacto das perdas auditivas incapacitantes, como a prevenção e identificação das perdas auditivas e doenças do ouvido<sup>33</sup>. Nesse contexto, a triagem auditiva tem um importante papel, por poder ser aplicada em larga escala em população assintomática, e dessa forma permitir a identificação dessas alterações para que as outras etapas dos programas de triagem auditiva possam ser realizadas.

A triagem auditiva em escolares é considerada custo efetivo<sup>34</sup> mas não há um protocolo determinado

para sua realização ao redor do mundo<sup>35</sup>, o que ganha particular destaque com as EOAT, já amplamente utilizadas no país com a triagem auditiva neonatal. Podem ser utilizadas na etapa inicial de um programa de triagem auditiva escolar, como etapa de identificação, que irá auxiliar não só na determinação da prevalência e incidência da perda auditiva, como também poderá contribuir para o acompanhamento desse escolar na rede de educação e saúde.

No entanto, apesar da relevância da prevalência e fatores associados à perda auditiva em escolares<sup>4</sup>, o estudo de métodos eficazes e econômicos parece ser uma realidade de locais em que a promoção da saúde auditiva não é prioritária e a triagem auditiva não é rotineira, como em outros países. Assim sendo, estudos e discussões de métodos que incluem inovação tecnológica, como aplicativos para triagem auditiva<sup>36</sup> ou estabelecimento do limiar auditivo automatizado<sup>37</sup>, devem também ser realizados para que se adequem às realidades locais de saúde. Nesse sentido, a inclusão da triagem como parte de um programa de saúde auditiva<sup>8</sup> requer a seleção de procedimento que melhor se adequa às condições de vida e saúde da população envolvida. Escolares que passam em triagem auditiva com EOAT têm alta probabilidade de não ter perda auditiva<sup>12</sup>, que tem ainda maior destaque pelas condições comuns nessa faixa etária de complicações da orelha média<sup>3</sup>, infecção de vias aéreas superiores<sup>4</sup>, acúmulo de cerúmen<sup>5,6</sup> e a exposição a ruído não ocupacional<sup>30</sup>. Todas essas condições podem ser prevenidas para evitar a perda auditiva, por exemplo, por meio de ações de educação em saúde auditiva. Contudo, se não prevenidas ou identificadas por meio de triagem auditiva com um método adequado para essa população, o escolar terá chances reduzidas de intervenção em período ideal que minimiza tais impactos negativos.

A perda amostral deste estudo pode ter interferido nos resultados, como observado pelos intervalos e confiança e valores preditivos, que impactam a validade externa das conclusões. A comparação com resultados de outros estudos disponíveis na literatura foi limitada pela disponibilidade de pesquisas com equipamento semelhante ao utilizado para captação das EOA no presente estudo. Além disso, a captação no modo *Quickscreen* utilizada nesta investigação é rara em trabalhos de triagem auditiva. Apesar das limitações, os resultados deste estudo apontam para aplicabilidade das EOAT como procedimento de triagem em escolares e sugere-se que sejam realizadas novas

pesquisas comparando não só os diferentes critérios das EOAT, como a possibilidade de combinação de diferentes testes de triagem auditiva, a fim de elevar também a especificidade. A partir dos resultados, sugere-se adotar o critério C quando as EOAT forem utilizadas de forma isolada na identificação da perda auditiva em escolares. A aplicação da triagem auditiva em um programa de saúde auditiva também contribui para promover ações de educação em saúde auditiva que podem contribuir positivamente para redução dos casos de perda auditiva.

## CONCLUSÃO

Entre os critérios avaliados neste estudo, o critério C (relação sinal/ruído igual ou maior a 3dB em três bandas de frequência testadas não consecutivas) obteve sensibilidade e especificidade maior do que 70% e acurácia de 82,85%, sendo considerado a melhor opção como critério para o uso isolado das emissões transientes como procedimento de triagem auditiva em escolares.

## REFERÊNCIAS

1. WHO, World and Health Organization. Deafness and hearing loss [homepage na internet]. 2018. [citado em 5 de Março de 2012]. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
2. Stevens G, Flaxman S, Brunskill E, Mascarenhas M, Mathers CD, Finucane M. Global and regional hearing impairment prevalence: an analysis of 42 studies in 29 countries. *EUR J Public Health*. 2011;23(1):1-7. DOI: 10.1093/eurpub/ckr176.
3. Balen SA, Debiasi TF, Pagnossim DF, Broca VS, Roggia SM, Gondim LM. Caracterização da audição de crianças em um Estudo de Base Populacional no Município de Itajaí/SC. *Arq. Int. Otorrinolaringol*. 2009;13(4):372-80.
4. Nunes ADS, Balen AS, Souza DLB, Barbosa IR. Prevalence of hearing loss and associated factors in school-age individuals in an urban area of Northeast Brazil. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2020;24(3):330-7. DOI: 10.1055/s-0039-3400507. ISSN 1809-9777.
5. Al-Rowaily MA, Alfayez AI, AlJomiy MS, AlBadr AM, Abolfotouh MA. Hearing impairments among Saudi preschool children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2012;76(11):1674-7. doi:10.1016/j.ijporl.2012.08.004
6. Tarafder KH, Akhtar N, Zaman MM, Rasel MA, Bhuiyan MR, Datta PG. Disabling hearing impairment in the Bangladeshi population. *J Laryngol Otol*. 2015;129(2):126-35.
7. American Academy of Audiology. Childhood hearing screening guideline. [homepage na internet]. September 2011. [citado em 5 de Março de 2012]. Disponível em: [http://www.cdc.gov/ncbddd/hearingloss/documents/AAA\\_Childhood%20Hearing%20Guidelines\\_2011.pdf](http://www.cdc.gov/ncbddd/hearingloss/documents/AAA_Childhood%20Hearing%20Guidelines_2011.pdf)
8. Lacerda ABM, Gondim LMA. Hearing health programs for schoolchildren. *J Otolaryngol & Rhinol*. 2019;1(4):1-3. DOI: 10.33552/OJOR.2019.01.000519.
9. Nunes AD, Silva CR, Balen SA, Souza DL, Barbosa IR. Prevalence of hearing impairment and associated factors in school-aged children and adolescents: a systematic review. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2019;85(2):244-53. DOI: 10.1016/j.bjorl.2018.10.009
10. Balatsouras DG, Koukoutsis G, Ganelis P, Korres GS, Aspris A, Kaberos A. Transiently evoked otoacoustic emissions in children with otitis media with effusion. *Int. J. Otorhinolaryng*, 2012;2012:269203. DOI: 10.1155/2012/269203
11. Prieve BA, Schooling T, Venediktov R, Franceschini N. An evidence-based systematic review on the diagnostic accuracy of hearing screening instruments for preschool- and school-age children. *Am J Audiol*. 2015;24(2):250-67. DOI:10.1044/2015\_AJA-14-0065
12. Yin L, Bottrell C, Clarke N, Shacks J, Poulsen MK. Otoacoustic emissions: a valid, eficiente first-line hearing screen for preschool children. *J Sch Health*. 2009;79(4):147-52.
13. Cedars E, Kriss H, Lazar AA, Chan C, Chan DK. Use of otoacoustic emissions to improve outcomes and reduce disparities in a community preschool hearing screening program. *Plos One*. 2018;13(12):e0208050.
14. Jedrzejczak WW, Kochanek K, Sliwa L, Pilka E, Piotrowska A, Sharynski H. Chirp-evoked otoacoustic emissions in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2013;77(1):101-6. DOI: 10.1016/j.ijporl.2012.10.005.
15. Liu J, Wang N. Effect of age on click-evoked otoacoustic emission: a systematic review. *Neural Regen Res*. 2012;7(11):853-61
16. Côrtes-Andrade IF, Bento DV, Lewis DR. Transient evoked otoacoustic emissions (TEOE):



- newborn hearing screening program protocols. *Rev. CEFAC*. 2013;15(3):521-7. DOI: 10.1590/S1516-18462012005000062
17. WHO, World Health Organization. Basic ear and hearing care resource [homepage na internet] 2020. [citado em 20 de fevereiro de 2021]. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1270187/retrieve>
  18. Menegotto IH. Logaudiometria básica. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen SA, Pupo AC, Reis ACMB, Frota S, organizadores. *Tratado de Audiologia*, 1ª ed. São Paulo: GEN, 2011. p.81-99.
  19. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol*. 1970;92:311.
  20. Otoport manual. Otoport DP+TE/DP User Manual Issue 5. Otodynamics Ltd. November; 2009.
  21. Carvalho RMM, Sanches SGG, Ibidi SM, Soares JC, Durante AS. Efferent inhibition of otoacoustic emissions in preterm neonates. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2015;81(5):491-7.
  22. Medeiros MMC, Abreu MM. Epidemiologia clínica. In: Rouquayrol MZ, Silva MGC, editores. *Epidemiologia e Saúde*, 13ª ed. Rio de Janeiro: MedBook, 2013. p. 149-75.
  23. Feder KP, Michaud D, McNamee J, Fitzpatrick E, Ramage-Morin P, Beauregard Y. Prevalence of hearing loss among a representative sample of Canadian children and adolescents, 3 to 19 years of age. *Ear and hearing*. 2017;38(1):7-20. DOI: 10.1097/AUD.0000000000000345
  24. Ramkumar V, John KR, Selvakumar K, Vanaja CS, Nagarajan R, Hall JW. Cost and outcome of a community-based paediatric hearing screening programme in rural India with application of tele-audiology for follow-up diagnostic hearing assessment. *Int J Audiol*. 2018;57(6):407-14. DOI: 10.1080/14992027.2018.1442592
  25. Norton SJ, Widen JE. Evoked otoacoustic emissions in normal-hearing infants and children: emerging data and issues. *Ear Hear*. 1990;11(2):121-7.
  26. Kei J, Sockalingam R, Holloway C, Agyik A, Brinin C, Baine D. Transient evoked otoacoustic emissions in adults: a comparison between two test protocols. *J Am Acad Audiol*. 2003;14(10):563-73. DOI:10.3766/jaaa.14.10.5
  27. Pavlovcinová G, Jakubíková J, Trnovec T, Lancz K, Wimmerová S, Sovčíková E et al. A normative study of otoacoustic emissions, ear asymmetry, and gender effect in healthy schoolchildren in Slovakia. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2010;74(2):173-7. DOI:10.1016/j.ijporl.2009.11.002
  28. Jędrzejczak WW, Hatzopoulos S, Sliwa E, Pilka E. Otoacoustic emissions in neonates measured with different acquisition protocols. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol*. 2013;76(3):382-7. DOI: 10.1016/j.ijporl.2011.12.016.
  29. Driscoll C, Kei J, McPherson B. Outcomes of transient evoked otoacoustic emission testing in 6-year-old school children: a comparison with pure tone screening and tympanometry. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2001;57(1):67-76.
  30. Marques APC, Miranda Filho AL, Monteiro GTR. Prevalence of hearing loss in adolescents and young adults as a result of social noise exposure: meta-analysis. *Rev. CEFAC*. 2015;17(6):2056-64. DOI: 10.1590/1982-021620151761115
  31. Sanfins MD, Bertazolli LF, Skarzynski PH, Skarzynska MB, Donadon C, Colella-Santos MF. Otoacoustic emissions in children with long-term middle ear disease. *Life (Basel)*. 2020;10(11):287. DOI:10.3390/life10110287
  32. Georgalas C, Xenellis J, Davilis D, Tzangaraoulakis A, Ferekidis E. Screening for hearing loss and middle-ear effusion in school-age children, using transient evoked otoacoustic emissions: a feasibility study. *J Laryngol Otol*. 2008;122(12):1299-304.
  33. Graydon K, Waterworth C, Miller H, Gunasekera H. Global burden of hearing impairment and ear disease. *J Laryngol Otol*. 2019;133(1):18-25. DOI: 10.1017/S0022215118001275
  34. Yong M, Liang J, Ballreich J, Lea J, Westerberg BD, Emmett SD. Cost-effectiveness of school hearing screening programs: a scoping review. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2020;162(6):826-38. DOI: 10.1177/0194599820913507.
  35. Yong M, Panth N, McMahan CM, Thorne PR, Emmett SD. How the world's children hear: a narrative review of school hearing screening programs globally. *OTO Open*. 2020;4(2):2473974X20923580. DOI: 10.1177/2473974X20923580.
  36. Mahomed-Asmail F, Swanepoel de W, Eikelboom RH. Diagnostic hearing assessment in schools: validity and time efficiency of automated audiometry. *J Am Acad Audiol*. 2016;27(1):42-8. doi:10.3766/jaaa.15041
  37. Hong SM, Park I-S, Kim YB, Hong SJ, Lee B. Analysis of the prevalence of and factors associated with hearing loss in Korean adolescents. *PLoS*