

Artigos de revisão

Métodos fisiológicos como índices de mensuração do esforço auditivo: uma revisão integrativa da literatura

Physiological methods as indexes of listening effort measurement: an integrative literature review

Laura Mochiatti Guijo⁽¹⁾
Ana Cláudia Vieira Cardoso⁽¹⁾

⁽¹⁾ Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Marília, São Paulo, Brasil.

Conflito de interesses: Inexistente



Recebido em: 20/03/2018
Aprovado em: 25/06/2018

Autor correspondente:

Laura Mochiatti Guijo
Rua Guiro Shimabukuro, 106,
Parque das Acácias
CEP: 17510-050 - São Paulo, São Paulo,
Brasil
E-mail: lauramochiatti@gmail.com

RESUMO

Objetivo: revisar a literatura científica e apresentar os instrumentos e métodos existentes para a avaliação objetiva do esforço auditivo em indivíduos normo-ouvintes no cenário mundial.

Métodos: esta foi uma revisão integrativa de literatura cujo intuito foi reunir e resumir o conhecimento científico a respeito da temática métodos objetivos para mensuração do esforço auditivo, desenvolvida por meio da busca de artigos em periódicos especializados, nacionais e internacionais, nos idiomas inglês e português, disponíveis nas bases de dados: PUBMED, Biblioteca Cochrane, LILACS e SCIELO.

Resultados: foram revisados 18 artigos nos quais os métodos fisiológicos foram empregados para mensurar o esforço auditivo em indivíduos normo-ouvintes. Os principais achados dos artigos revisados se referem aos autore(s) e objetivo(s) da pesquisa, país onde a pesquisa foi conduzida, casuística, método fisiológico empregado e, resultados.

Conclusão: não existe consenso entre os pesquisadores quanto ao melhor método fisiológico para mensurar este parâmetro, ou seja, este esforço nas tarefas de percepção de fala, embora o nível de condutância da pele tenha sido considerado a medida mais precisa até o momento.

Descritores: Audição; Cognição; Frequência Cardíaca; Pupila; Resposta Galvânica da Pele

ABSTRACT

Purpose: to review the scientific literature and present existing instruments and methods for the objective assessment of the listening effort in normal hearing individuals worldwide.

Methods: a literature integrative review whose purpose was to gather and summarize the scientific knowledge regarding the objective methods theme for measuring the listening effort, developed through the search of articles in specialized national and international journals, in the English and Portuguese languages, available in the databases: PUBMED, Cochrane Library, LILACS and SCIELO.

Results: 18 articles which used physiological methods to measure the listening effort in individuals with normal hearing were reviewed. The main findings described in those articles refer to the author(s) and purpose(s) of the research, country where the research was conducted, casuistry, physiological method used and results.

Conclusion: there is no consensus among the researchers about the best physiological method to measure this parameter, that is, this effort in the speech perception tasks, although the level of skin conductance is considered the most accurate measure to date.

Keywords: Hearing; Cognition; Heart Rate; Pupil; Galvanic Skin Response

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as áreas da psicologia cognitiva e da audiologia têm se empenhado em encontrar o método mais apropriado de mensurar o esforço auditivo, utilizando diferentes instrumentos para quantificar esse fenômeno tanto por meio de procedimentos subjetivos quanto de procedimentos objetivos. Na avaliação subjetiva tem sido usados questionários^{1,2}, escalas de classificação³ ou métodos de autorrelato. Apesar de estes métodos serem de fácil e rápida aplicabilidade, o uso de um método objetivo para quantificar esse esforço cognitivo, em contextos clínicos, seria de inestimável valor para a obtenção de resultados mais precisos e fidedignos.

Na literatura encontram-se diferentes abordagens para estimar o esforço auditivo objetivamente. Um dos métodos de mensuração empregados por pesquisadores que estudam esta temática é a pupilometria⁴⁻⁶. Nestes estudos, o estímulo de fala utilizado para avaliação do esforço auditivo foram sentenças apresentadas em diferentes relações sinal-ruído, a resposta esperada era a repetição destas sentenças e o aumento do diâmetro da pupila era interpretado como um aumento do esforço auditivo.

Outros estudos utilizaram medidas fisiológicas diferentes para investigar e quantificar o esforço auditivo, dentre elas a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), condutância e temperatura da pele e, atividade eletromiográfica (EMG). Os autores afirmaram que essas medidas poderiam ser empregadas como possíveis índices de esforço auditivo⁷.

Assim como nos estudos com pupilometria, os dados fisiológicos foram registrados durante uma tarefa de reconhecimento de fala e, à medida que a demanda da tarefa aumentava, a atividade eletromiográfica e a condutância da pele também aumentavam.

Autores⁸⁻¹⁰ relataram que alterações nas medidas cardíacas e na condutância da pele são comumente observadas quando as demandas mentais das tarefas são aumentadas. Outros autores^{11,12} constataram alterações na respiração, na eletromiografia, na atividade da eletroencefalografia e na temperatura da pele, durante a avaliação do esforço auditivo, porém estas medidas foram menos consistentes para quantificar este esforço.

Um estudo de revisão sobre o esforço auditivo¹³ concluiu que a falta de uniformidade nos métodos empregados para a avaliação deste parâmetro deve-se as suposições distintas dos profissionais envolvidos na área. Diante disso, estes autores¹³ recomendaram

que os pesquisadores considerem essas premissas ao interpretar seus dados e, sempre que possível, façam previsões baseadas nos conhecimentos teóricos atuais para aumentar a compreensão acerca dos mecanismos subjacentes ao esforço auditivo.

Apesar de a literatura internacional apresentar diversos estudos que mensuram o esforço auditivo de forma objetiva, ainda não há um consenso no que se refere ao melhor índice para se avaliar este parâmetro.

Conhecer as pesquisas e os instrumentos de avaliação objetiva do esforço auditivo que têm sido empregados no âmbito nacional e internacional é o primeiro passo para a capacitação do fonoaudiólogo que atua nesta área e, este domínio possibilitará a escolha do melhor método de avaliação. Desta forma, os objetivos do presente artigo foram revisar a literatura científica e apresentar os instrumentos e métodos existentes para a avaliação objetiva do esforço auditivo em indivíduos normo-ouvintes no cenário mundial.

MÉTODOS

Por não utilizar seres vivos, não foi necessário a aprovação desse trabalho pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

O presente artigo apresenta como método a revisão integrativa da literatura, que tem como intuito reunir e resumir o conhecimento científico produzido a respeito de uma temática investigada, possibilitando a avaliação e a síntese das evidências disponíveis, colaborando para o desenvolvimento deste assunto¹⁴. Esta revisão foi executada de acordo com as seguintes etapas: identificação da questão de pesquisa; busca na literatura por meio do estabelecimento de critérios, tais como: palavras-chave, critérios de inclusão e exclusão; avaliação e análise dos estudos incluídos na revisão bibliográfica; apresentação da revisão e síntese do conhecimento¹⁵.

Com o propósito de nortear a busca e discussão dos estudos, foi formulada a seguinte questão: "Quais métodos existentes têm sido utilizados para avaliar o esforço auditivo de forma objetiva em indivíduos normo-ouvintes no cenário mundial?". A fim de obter respostas para este questionamento, foi realizado o levantamento de artigos em periódicos especializados, nacionais e internacionais, tanto no idioma inglês quanto no português, disponíveis nas seguintes bases de dados: *US National Library of Medicine National Institutes of Health (PUBMED)*, biblioteca *Cochrane*, Biblioteca Virtual em Saúde - Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde

(LILACS) e *Scientific Electronic Library Online*, de forma específica em cada base e, sem limitar o período de busca (SCIELO).

Para o levantamento dos artigos foram determinados termos relacionados ao tema “esforço auditivo”, encontrados nos Descritores em Ciências da Saúde

(DeCS), no *Medical Subject Headings* (MeSH) e, palavras-chave relacionadas ao tema, combinados entre si com a utilização dos operadores booleanos *AND* e *OR*. Os termos escolhidos para a busca foram utilizados de forma isolada e cruzada (Figura 1). Em todas as buscas foi utilizado o filtro “palavra”.

Número da busca	Palavras e descritores cruzados
01	Normal hearing
02	Audição normal
03	Listening effort
04	Esforço auditivo
05	Objective assessment
06	Avaliação objetiva
07	Pupillometry
08	Pupillometria
09	Heart Variability Frequency
10	Variabilidade da frequência cardíaca
11	Skin conductance
12	Condutância da pele

Figura 1. Relação das palavras e descritores de assuntos utilizados na busca da literatura

Inicialmente, a inclusão ou exclusão dos artigos se baseou na informação contida no título e no resumo, porém se estas informações não fossem explícitas em relação ao tema pesquisado, o artigo foi lido para o cumprimento dos seguintes critérios de inclusão: artigos que empregassem métodos objetivos para a avaliação do esforço auditivo em indivíduos com audição normal. Foram excluídos todos os artigos sobre esforço auditivo que utilizavam apenas métodos de autorrelato, questionários, escalas subjetivas e paradigmas de tarefa dupla; estudos sobre avaliação do esforço auditivo em populações com perda de audição; trabalhos com animais; artigos aos quais apenas o resumo e/ou “*abstract*” estivessem disponíveis e, artigos de revisão de literatura.

A análise dos estudos embasou-se, inicialmente, na leitura dos títulos e resumos, seguida pela leitura integral dos artigos que se enquadraram nos critérios de seleção. Cada artigo foi avaliado por um dos autores e, em caso de incerteza, houve um consenso entre todos os autores quanto à inclusão do artigo.

As publicações que foram classificadas como elegíveis para esta revisão foram lidas por pelo menos um dos autores. As características principais dos estudos selecionados e dos índices fisiológicos

empregados para mensurar o esforço auditivo foram organizadas em formato de figura.

Para a organização dos dados, foram computados os artigos que resultaram de cada termo cruzado, que se repetiram em relação à busca anterior e que estavam relacionados ao presente estudo.

Na análise dos estudos selecionados, foram considerados os seguintes dados: autores e objetivo(s) da pesquisa, país onde a pesquisa foi conduzida, casuística, método fisiológico empregado e resultados.

REVISÃO DA LITERATURA

A partir da busca realizada nas bases de dados PUBMED, biblioteca *Cochrane*, LILACS e SCIELO, foram encontrados 206 artigos, sendo que cada artigo foi apresentado em uma ou mais bases de dados. Na leitura dos resumos desses artigos, foram excluídos aqueles que haviam sido previamente selecionados em outras bases de dados, aqueles que não se enquadravam nos critérios de inclusão e, ainda, os periódicos aos quais os artigos completos não se encontravam disponíveis durante o período da busca.

Desse total de 206 artigos, procedeu-se à leitura dos resumos e, descartaram-se 56 artigos porque os participantes apresentavam perda de audição, 16

pela indisponibilidade dos textos completos, 24 por se tratar de estudos cujo método de avaliação do esforço auditivo foi subjetivo, 69 não abordavam o tema esforço auditivo, 18 devido à duplicidade, 4 eram estudos de revisão de literatura e, 1 que era um estudo experimental desenvolvido com animais. Após esta

análise detalhada, foram selecionados 18 artigos que atendiam aos critérios estabelecidos para esta revisão.

O processo de seleção dos estudos incluídos nesta revisão de literatura está ilustrado em forma de figura (Figura 2).

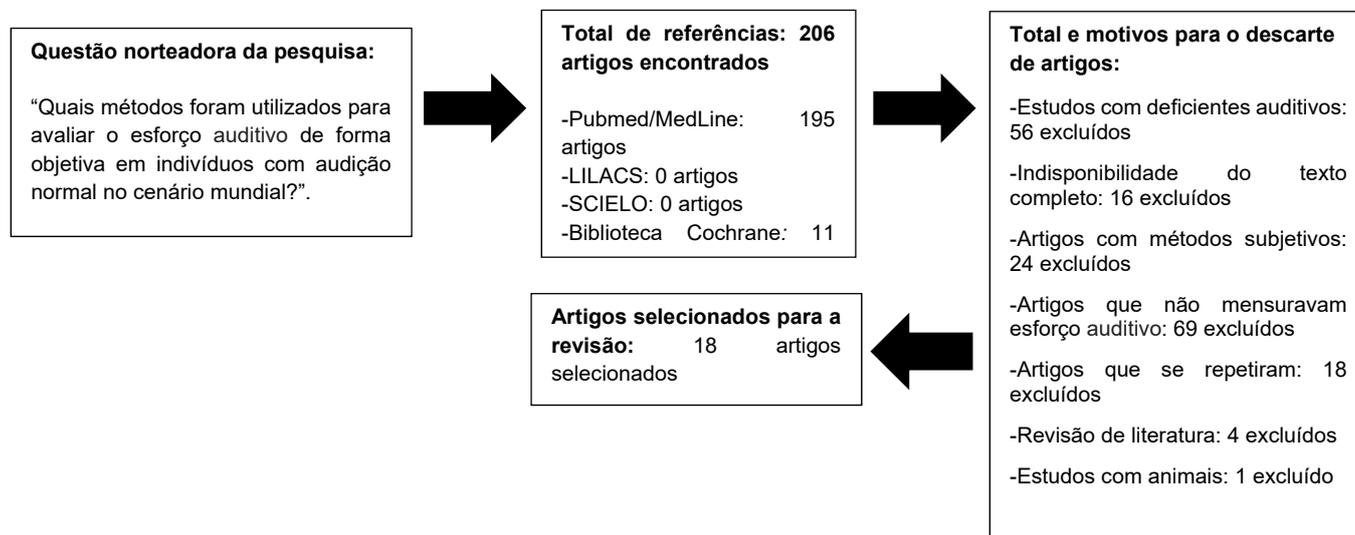


Figura 2. Fluxograma da seleção dos artigos revisados e analisados

A síntese dos artigos que apresenta informações referentes aos autores e objetivo(s) da pesquisa, país onde a pesquisa foi conduzida, casuística, método fisiológico empregado e resultados dos estudos encontra-se na Figura 3.

O artigo atual apresenta uma visão geral dos estudos que utilizaram métodos fisiológicos para avaliar o esforço auditivo de forma objetiva em indivíduos com audição normal e sua abrangência no cenário mundial. Ressalta-se que esta revisão foi conduzida conforme as diretrizes para uma revisão integrativa da literatura, pois não visava avaliar a qualidade dos estudos incluídos, mas descrever as publicações anteriores com o intuito de fornecer uma visão geral das pesquisas desenvolvidas até o momento sobre o tema esforço auditivo e, a mensuração deste parâmetro de forma objetiva.

De forma específica, os objetivos desta revisão foram apresentar os índices fisiológicos existentes que são empregados para a mensuração do esforço auditivo em indivíduos com audição normal no cenário mundial e, fornecer uma síntese dos resultados obtidos.

Com base nos estudos analisados foi possível inferir que dentre os índices fisiológicos utilizados para

a mensuração do esforço auditivo e apresentados nos artigos revisados, o nível de condutância da pele demonstrou ser a medida mais precisa e promissora na quantificação deste esforço^{7,20}. Autores afirmaram que o aumento na condutância da pele ocorreu devido à excitação do sistema nervoso simpático em consequência do aumento da demanda empregada para a realização da tarefa de percepção de fala²².

Índices fisiológicos como a frequência cardíaca, a temperatura da pele⁷ e a pupilometria¹⁷ não sofreram alterações significativas que comprovaram o esforço auditivo empregado na tarefa de percepção de fala em indivíduos normais.

Contudo, estudo relatou que a dilatação pupilar, observada durante a aplicação de testes de percepção de fala, principalmente em situações adversas, reflete os processos auditivos e cognitivos necessários para a resolução da tarefa auditiva²⁸.

Outro estudo investigou por meio da pupilometria se o esforço de processamento de músicos e não músicos é diferente. Os resultados demonstraram que os músicos dispensaram menor esforço auditivo ao desempenhar uma tarefa de percepção de fala em diferentes relações sinal-ruído durante o registro

Autor/ano/objetivo(s)	País	Casuística	Método fisiológico	Resultados
Miles et al., 2017 ¹⁶ Objetivo: Determinar se a dilatação da pupila e a mudança de potência alfa são índices similares para a avaliação do esforço auditivo e se avaliam processos semelhantes.	Austrália	27 indivíduos adultos ingleses com audição normal.	Pupilometria e EEG.	As duas medidas não se correlacionaram, sugerindo que cada uma delas pode refletir diferentes processos cognitivos envolvidos no esforço auditivo.
McGarrigle, Dawes, Stewart, Kuchinsky, Munro, 2017 ¹⁷ Objetivo: Investigar o efeito da relação (S/R) em salas de aula no esforço auditivo (comportamental e pupilométrico) e relacioná-lo a fadiga (auto-relato e pupilometria) em um grupo de crianças em idade escolar.	Estados Unidos da América	41 crianças com audição normal e idade de oito a 11 anos.	Pupilometria	Os achados da pupilometria não demonstraram significância na população estudada (crianças) para a mensuração do esforço auditivo.
Wagner; Toffanin, Baskent, 2016 ¹⁸ Objetivo(s): Comparar o processo automático de competição lexical entre discurso natural e degradado, e combinar fixações de olhos, que capturam o curso de desambiguação lexical, com pupilometria, que quantifica o esforço mental envolvido no processamento do discurso.	Países Baixos	73 adultos com audição normal e idade entre 20 e 31 anos.	Pupilometria	A degradação do sinal ou do canal receptor pode ocasionar um aumento do esforço mental. O processamento incompleto e com esforço nos primeiros estágios pré-lexicais tem suas consequências no processamento lexical, pois agrega incerteza à formação.
Bianchi, Santurette, Wendt, Dau, 2016 ¹⁹ Objetivo(s): Investigar a melhora perceptual de forma comportamental e objetiva para tons complexos harmônicos e não harmônicos para esclarecer se o desempenho em músicos pode ser atribuído ao aumento da seletividade de frequência periférica e/ou se o esforço de processamento é diferente na realização da tarefa.	Dinamarca	10 músicos normo-ouvintes, com mais de quatro anos de treinamento musical formal e, 10 não-músicos normo-ouvintes sem treinamento musical formal. A idade variou de 23 a 28 anos.	Pupilometria	As respostas da pupilometria indicaram um menor esforço de processamento nos músicos versus os não músicos.
Wendt, Dau, Hjortkjær, 2016 ²⁰ Objetivo: Distinguir entre os resultados obtidos pela auto-percepção da taxa de esforço auditivo versus dilatação pupilar.	Estados Unidos da América	11 mulheres e 9 homens com audição normal.	Pupilometria	A dilatação pupilar e esforço auditivo avaliado subjetivamente representam diferentes aspectos deste esforço.
Francis, MacPherson, Chandrasekaran, Alvar, 2016 ²¹ Objetivo: Medir a reatividade fisiológica associada com três condições de escuta degradadas, cada uma das quais diferiu quanto ao nível de dificuldade a fim de engajar diferentes mecanismos cognitivos.	Estados Unidos da América	14 indivíduos falantes do inglês americano, estudantes da Purdue University.	Condutância da pele, amplitude do pulso sanguíneo e frequência de pulso.	Futuras pesquisas são necessárias para distinguir entre as consequências fisiológicas e comportamentais do estresse e da demanda cognitiva sobre o processamento da fala em condições adversas.
Mackersie, Calderon-Moultrie, 2016 ²² Objetivo: Apresentar resultados atuais de um novo estudo com ouvintes normais que avaliou os efeitos da taxa de fala sobre mudanças na condutância da pele e alta frequência HRV (HF-HRV).	Estados Unidos da América	26 jovens adultos (9 do gênero masculino e 17 do gênero feminino) com idade entre 20 e 35 anos.	ECG e condutância da pele.	Houve aumento significativo no nível de condutância da pele refletindo a excitação do sistema nervoso simpático com aumento da taxa de fala. Pesquisas adicionais são necessárias para entender a influência das características acústicas dos estímulos, das demandas das tarefas e das respostas emocionais.
McMahon et al., 2016 ²³ Objetivo: Comparar o poder alfa e dilatação da pupila em uma tarefa de percepção de sentenças em 15 níveis aleatórios de S/R (de -7dB a +7dB) em duas condições: altamente inteligível (16 canais) e moderadamente inteligível (6 canais).	Austrália	16 adultos com audição normal e idade entre 19 e 28 anos.	EEG foi realizada em 16 participantes e pupilometria em 10 participantes	Os resultados sugerem que esses métodos objetivos para medir esforço auditivo e os processos cognitivos envolvidos, ainda não são suficientemente bem compreendidos para serem utilizados dentro de um cenário clínico.
Wagner, Pals, Blecourt, Sarampalis, Başkent, 2016 ²⁴ Objetivo: Investigar o curso do tempo de competição lexical e integração semântica ao processar fala degradada.	Países baixos	28 adultos falantes de holandeses, com audição normal e idade entre 20 e 30 anos.	Pupilometria	Os dados da pupilometria mostram que a integração semântica inicial reduz o esforço auditivo quando palavras fonologicamente similares são separadas.

Autor/ano/objetivo(s)	País	Casística	Método fisiológico	Resultados
Damian, Corona-Strauss, Hannemann, Strauss, 2015 ²⁵ Objetivo: Investigar a viabilidade da avaliação do esforço auditivo em um ambiente com muita demanda multisensorial por meio de EEG.	Alemanha	20 adultos com audição normal (média de idade de 24 anos).	EEG	Este estudo mostra que os dispositivos móveis podem ser utilizados para medir o esforço auditivo em uma situação de condução multidimensional.
Bertoli, Bodmer, 2015 ²⁶ Objetivo: Investigar, em dois grupos de normo-ouvintes, se a amplitude dos potenciais relacionados a eventos aumenta em uma tarefa de "novel sounds" irrelevantes a medida que a dificuldade da tarefa aumenta.	Suíça	18 adultos idosos com audição normal (média de idade de 70 anos) e, 18 adultos jovens com audição normal (média de idade de 23 anos).	Potenciais evocados auditivos relacionados a evento.	As amplitudes do <i>Novelty</i> P3 e do potencial positivo atrasado foram maiores em jovens do que em idosos, sendo que com o aumento da demanda da tarefa, o <i>Novelty</i> P3 apresentou efeitos mais robustos em jovens e o potencial positivo atrasado em idosos. Portanto, o uso destes potenciais para medir esforço auditivo é relevante, mas diferentes análises devem ser consideradas.
Koelewijna, Kluivera, Shinn-Cunninghamb, Zekveld, Kramer, 2015 ²⁷ Objetivo: Investigar como a resposta da dilatação pupilar é afetada pelo conhecimento prévio da localização da fala alvo, do início do discurso alvo e do falante.	Países baixos	56 adultos jovens com audição normal.	Pupilometria	Comunicar-se em um ambiente dinâmico como em um coquetel, com excesso de ruído ambiental e de fala, requer um esforço auditivo substancial devido às demandas colocadas em processos atencionais.
Zekveld, Heslenfeld, Joshruide, Versfeld, Kramer, 2014 ²⁸ Objetivo: identificar os correlatos neurais da dilatação da pupila durante a compreensão de sentenças com sinal de fala degradado em 17 normo-ouvintes.	Países baixos	17 adultos com audição normal e idade entre 19 e 33 anos.	Pupilometria	A dilatação da pupila durante a percepção de fala em situações desafiadoras refletem os processos auditivos e cognitivos.
Bernarding, Strauss, Hannemann, Corona-Strauss, 2012 ²⁹ Objetivo: Propor uma nova medida para a quantificar o esforço auditivo em grande escala utilizando o EEG.	Estados Unidos da América	13 adultos com audição normal (média de idade de 24 anos).	EEG	Os resultados demonstram que pesquisas adicionais devem incluir o desenvolvimento de tarefas de escuta que demandam maior esforço para revelar também diferenças entre os paradigmas auditivos.
Mackersie, Cone, 2011 ⁷ Objetivo(s): a) determinar se os índices fisiológicos de esforço auditivo são mais sensíveis do que as medidas subjetivas durante uma tarefa de fala; b) determinar a sensibilidade relativa de quatro medidas fisiológicas para mudanças na demanda de tarefas e c) determinar as relações entre as mudanças nas medidas fisiológicas e mudanças nas classificações subjetivas de estresse e carga cognitiva.	Estados Unidos da América	15 adultos com audição normal (média de idade de 27 anos).	Frequência cardíaca, condutância da pele, temperatura da pele e atividade de EMG.	Houve um aumento significativo na condutância da pele e na atividade de EMG à medida que a demanda de tarefa auditiva aumentava. A frequência cardíaca e a temperatura da pele não sofreram alterações significativas. Não houve associação forte entre medidas subjetivas e fisiológicas.
Bernarding et al., 2011 ³⁰ Objetivo: Explorar os efeitos na estabilidade de sincronização na fase de wavelet usando duas simulações de perdas auditiva e de AASI.	Estados Unidos da América	14 adultos com audição normal (média de idade de 26 anos).	Potencial Auditivo Evocado de Longa Latência.	Os resultados mostraram que, no caso de uma simulação simultânea de perda auditiva com o uso de ruído mascador e um AASI, pode-se conseguir uma discriminação objetiva entre uma situação de escuta fácil e difícil.
Zekveld, Kramer; Festen, 2010 ³¹ Objetivo: Avaliar a influência da inteligibilidade das sentenças na resposta da dilatação da pupila durante diferentes situações de escuta.	Estados Unidos da América	38 adultos com audição normal (média de idade de 23 anos).	Pupilometria	Os resultados sustentam que o esforço auditivo, conforme indicado pela resposta da pupila, aumenta com a diminuição da inteligibilidade da fala. Este estudo indica que a pupilometria pode ser usada para examinar como os ouvintes atingem um determinado nível de desempenho.
Bernarding, Corona-Strauss, Latzel, Strauss, 2010 ³² Objetivo: Estimar o esforço auditivo com o uso da sincronização de WPSS dos potenciais evocados de longa latência utilizando dois diferentes paradigmas com relação sinal-ruído distintas para imitar ambientes com diferentes níveis de ruído.	Estados Unidos da América	21 adultos com audição normal (média de idade de 25 anos).	Potencial Auditivo Evocado de Longa Latência.	WPSS é uma medida robusta para perceber as diferenças entre o esforço necessário para realizar tarefas em condições de escuta fáceis e difíceis, mas, pesquisas adicionais com deficientes auditivos serão relevantes para provar, a aplicabilidade deste método para melhorar os procedimentos de adaptação do AASI.

Legenda: AASI = Aparelho de Amplificação Sonora Individual, EEG = Eletroencefalografia, ECG = Eletrocardiograma, EMG = Eletromiografia, P3 = Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência – P300, (S/R) = Relação sinal-ruído, WPSS = *Wavelet phase synchronization stability*.

Figura 3. Síntese dos estudos selecionados para análise de métodos fisiológicos de avaliação do esforço auditivo em indivíduos com audição normal (n=18)

da pupilometria provavelmente devido às suas habilidades musicais¹⁹.

Na maioria dos estudos revisados a população avaliada foi composta por adultos jovens, sendo apenas um estudo conduzido com uma população infantil¹⁷.

Alguns autores afirmam a relevância da realização de novas pesquisas para determinar os aspectos fisiológicos^{21,32} e da demanda cognitiva envolvidos no processamento de fala em diferentes relações sinal-ruído, com estímulos acústicos que apresentam características distintas e, considerando as respostas emocionais dos indivíduos avaliados^{21,22}.

Vale ressaltar que dois estudos mensuraram o esforço auditivo tanto de forma subjetiva quanto objetiva e, constataram que a diferença dos métodos empregados na avaliação representava diferenças nos processos cognitivos envolvidos^{16,20}.

Alguns estudos mensuraram o esforço auditivo de indivíduos normo-ouvintes com o uso de potenciais auditivos de longa latência^{26,30,32} e, os autores observaram que estas medidas foram capazes de detectar diferenças nas vias corticais auditivas quando os indivíduos realizaram o esforço auditivo necessário para desempenhar tarefas de percepção de fala e, até mesmo compreender o discurso em condições de escuta distintas, tais como silêncio e ruído. O estudo que utilizou o Potencial Evocado Auditivo Relacionado a Eventos²⁶ como índice de esforço auditivo visou comparar o desempenho de adultos jovens e idosos. A análise dos achados evidenciou que as amplitudes do *Novelty* P3 e do potencial positivo atrasado foram maiores em jovens do que em idosos e, que com o aumento da demanda da tarefa, o *Novelty* P3 apresentou efeitos mais robustos em jovens e o potencial positivo atrasado em idosos.

A presente revisão de literatura demonstra que os métodos fisiológicos empregados para a mensuração do esforço auditivo parecem ser sensíveis a diferentes condições experimentais, e por este motivo, são necessárias novas pesquisas que adotem outros delineamentos nesta mensuração.

Além disto, fica evidente que as pesquisas nesta área são relativamente recentes visto que dos 18 artigos selecionados, 72,2% dos artigos¹⁶⁻²⁸ são dos últimos cinco anos. Cabe ainda ressaltar que a análise dos artigos revelou a inexistência de estudos nacionais que mensuraram o esforço auditivo utilizando índices fisiológicos como método de mensuração deste parâmetro tanto em indivíduos normo-ouvintes quanto

em indivíduos com perda de audição. Destaca-se ainda que na literatura internacional 50% das pesquisas foram conduzidas nos Estados Unidos da América^{7,17,20-22,29-32}, 22,2% nos Países Baixos^{18,24,27,28}, 11,1% na Austrália^{6,23} (11,1%) e, 5,5% respectivamente na Dinamarca¹⁹, Alemanha²⁵ e Suíça²⁶.

Diante da relevância em se estudar e pesquisar os processos cognitivos envolvidos na percepção da fala e seu esforço para compreendê-la, seria primordial a continuidade das investigações que contribuam para a descoberta do índice fisiológico mais preciso para a mensuração do esforço auditivo, a fim de beneficiar os indivíduos com perda de audição em seu processo de compreensão de fala em situações cotidianas.

CONCLUSÃO

Este estudo apresentou uma revisão de literatura sobre os índices fisiológicos mais comumente empregados para a mensuração do esforço auditivo de normo-ouvintes e, se concluiu que não existe consenso entre os pesquisadores quanto ao melhor método fisiológico para se mensurar este parâmetro auditivo, ou seja, este esforço nas tarefas de percepção de fala, embora o nível de conductância da pele tenha sido considerada a medida mais precisa para esta mensuração.

REFERÊNCIAS

1. Gatehouse S, Noble W. The speech, spatial and qualities of hearing scale (SSQ). *Int J Audiol*. 2004;43(2):85-99.
2. Gatehouse S, Akeroyd M. Two-eared listening in dynamic situations. *Int J Audiol*. 2006;45(Suppl 1):S120-4.
3. Humes LE. Dimensions of hearing aid outcome. *J Am Acad Audiol*. 1999;10(1):26-39.
4. Goldwater BC. Psychological significance of pupillary movements. *Psychol Bull*. 1972;77(5):340-55.
5. Kramer SE, Kapteyn TS, Festen JM, Kuik DJ. Assessing aspects of auditory handicap by means of pupil dilatation. *Audiology*. 1997;36(3):155-64.
6. Zekveld AA, Kramer SE, Festen JM. Pupil response as an indication of effortful listening: the influence of sentence intelligibility. *Ear Hear*. 2010;31(4):480-90.
7. Mackersie CL, Cones H. Subjective and psychophysiological indexes of listening effort in a competing-talker task. *J Am Acad Audiol*. 2011;22(2):113-22.

8. Fournier LR, Wilson GF, Swain CR. Electrophysiological, behavioral, and subjective indexes of workload when performing multiple tasks: manipulations of task difficulty and training. *Int J Psychophysiol.* 1999;31(2):129-45.
9. Wilson GF, Russell CA. Real-time assessment of mental workload using psychophysiological measures and artificial neural networks. *Hum Factors.* 2003;45(4):635-44.
10. Richter M, Friedrich A, Gendolla GHE. Task difficulty effects on cardiac activity. *Psychophysiology.* 2008;45(5):869-75.
11. Backs RW, Seljos KA. Metabolic and cardiorespiratory measures of mental effort: The effects of level of difficulty in a working memory task. *Int J Psychophysiol.* 1994;16(1):57-68
12. Veltman JA, Gaillard AWK. Physiological workload reactions to increasing levels of task difficulty. *Ergonomics.* 1998;41(5):656-69.
13. McGarrigle R, Munro KJ, Dawes P, Stewart AJ, Moore DR, Barry JG et al. Listening effort and fatigue: what exactly are we measuring? A British Society of Audiology Cognition in Hearing Special Interest Group 'white paper'. *Int J Audiol.* 2014;53(7):433-40.
14. Mendes KDD, Silveira RCCP, Galvão CM. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto & Contexto Enferm.* 2008;17(4):758-64.
15. Whitemore R, Knafl K. The integrative review: updated methodology. *J Adv Nurs.* 2005;52(5):546-53.
16. Miles K, Mc Mahon C, Boisvert I, Ibrahim R, de Lissa P, Graham P et al. Objective assessment of listening effort: coregistration of pupillometry and EEG. *Trends Hear.* 2017;21:1-13.
17. McGarrigle R, Dawes P, Stewart AJ, Kuchinsky SE, Munro KJ. Measuring listening-related effort and fatigue in school aged children using pupillometry. *J Exp Child Psychol.* 2017;161:95-112.
18. Wagner AE, Toffanin P, Baskent D. The timing and effort of lexical access in natural and degraded speech. *Front. Psychol.* 2016;7(398):1-14.
19. Bianchi F, Santurette S, Wendt D, Dau T. Pitch discrimination in musicians and non-musicians: effects of harmonic resolvability and processing effort. *J. Assoc. Res. Otolaryngol.* 2016;17(1):69-79.
20. Wendt D, Dau T, Hjortkjær J. Impact of background noise and sentence complexity on processing demands during sentence comprehension front. *Psychol.* 2016;7(345):1-12.
21. Francis AL, MacPherson MK, Chandrasekaran B, Alvar AM. Autonomic nervous system responses during perception of masked speech may reflect constructs other than subjective listening effort. *Front. Psychol.* 2016;7(263):1-15.
22. Mackersie CL, Calderon-Moultrie N. Autonomic nervous system reactivity during speech repetition tasks: heart rate variability and skin conductance. *Ear Hear.* 2016;37(1):118S-25S.
23. McMahan, Boisvert I, de Lissa P, Granger L, Ibrahim R, Lo CY et al. Monitoring alpha oscillations and pupil dilation across a performance-intensity function. *Front. Psychol.* 2016;7(745):1-12.
24. Wagner A, Pals C, Blecourt CM, Sarampalis A, Başkent D. Does signal degradation affect top-down processing of speech? In: Van Dijk P, Başkent D, Gaudrain E, Kleine E, Wagner A, Lanting C (orgs). *Physiology, psychoacoustics and cognition in normal and impaired hearing.* Switzerland: Springer Open, 2016. p. 297-306.
25. Damian A, Corona-Strauss FI, Hannemann R, Strauss DJ. Towards the assessment of listening effort in real life situations: mobile EEG recordings in a multimodal driving situation. *IEEE.* 2015;2015(1):8123-6.
26. Bertoli S, Bodmer D. Effects of age and task difficulty on ERP responses to novel sounds present during a speech perception in noise test. *Clin Neurophysiol.* 2016;127(1):360-8.
27. Koelewijna T, Kluivera H, Shinn-Cunninghamb BG, Zekvelda AA, Krame SE. The pupil response reveals increased listening effort when it is difficult to focus attention. *Hear Res.* 2015;323:81-90.
28. Zekveld AA, Heslenfeld DJ, Joshruide IS, Versfeld NJ, Kramer SE. The eye as a window to the listening brain neural correlates of pupil size as a measure of cognitive listening load. *Neuroimage.* 2014;101:76-86.
29. Bernarding C, Strauss DJ, Hannemann R, Corona-Strauss FI. Quantification of listening effort correlates in the oscillatory EEG activity: a feasibility study. *IEEE.* 2012;2012(1):4615-8.
30. Bernarding C, Strauss DJ, Latzel M, Hannemann R, Chalupper J, Corona-Strauss FI. Simulations of hearing loss and hearing aid: effects on electrophysiological correlates of listening effort. *IEEE.* 2011;2011(1):2319-22.

31. Zekveld AA, Kramer SE, Festen JM. Pupil response as an indication of effortful listening: the influence of sentence intelligibility. *Ear Hear.* 2010;31(4):480-90.
32. Bernarding C, Corona-Strauss FI, Latzel M, Strauss DJ. Auditory streaming and listening effort: an event related potential study. *IEEE.* 2010;2010(1):6817-20.