

Implicações da prática musical no processamento auditivo central: uma revisão sistemática

Implications of musical practice in central auditory processing: a systematic review

Prática musical no processamento auditivo central

Musical practice in central auditory processing

RESUMO

Objetivo: Verificar as evidências científicas sobre as implicações da prática musical no processamento auditivo central. **Estratégia de Pesquisa:** Foi utilizada a combinação baseada em revisão sistemática conduzida conforme as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) e foram utilizadas as bases de dados Medline (Pubmed), LILACS, SciELO, BIREME, SCOPUS, WEB OF SCIENCE. **Crítérios de Seleção:** O período de busca dos artigos compreendeu os últimos 5 anos (2015 a 2020), sem restrição de idioma e localização. **Análise dos Dados:** Foi realizada avaliação da qualidade dos artigos, na qual se incluía artigos com nota mínima 6 em escala de qualidade modificada da literatura. **Resultados:** Inicialmente foram encontradas 1362 publicações, das quais 1338 foram excluídas na triagem do título, 15 excluídas pelo resumo, sendo nove artigos analisados na íntegra e quatro deles excluídos após análise, pois não responderam à pergunta norteadora proposta para esta pesquisa. Foram admitidos para esta pesquisa cinco artigos que atendiam os critérios de inclusão propostos. Constatou-se que nos adultos a habilidade musical está associada ao melhor desempenho de várias habilidades do processamento auditivo, bem como o treinamento musical em crianças promoveu uma maturidade acelerada do processamento auditivo e a exposição à música facilitou o aprendizado das informações auditivas nos recém-nascidos. **Conclusão:** Considerando as evidências científicas, constatou-se que a experiência musical pode aprimorar habilidades específicas do processamento auditivo central, independente da idade, otimizando o desenvolvimento linguístico das crianças.

Palavras-chaves: Música. Audição. Vias Auditivas. Percepção Auditiva. Potenciais Evocados Auditivos.

INTRODUÇÃO

Segundo Bréscia¹, as primeiras civilizações utilizavam a música em todos os seus rituais, como no nascimento e na morte. A música estimula o estado físico, emocional, cognitivo e social das pessoas. Exames de imagem demonstram atividade em partes do cérebro, em áreas associadas a audição e emoções, quando entram em contato com a música², e quando se toca um instrumento musical, são criadas conexões neurais, que ligam os dois hemisférios cerebrais, que começam a atuar em conjunto³.

O processamento auditivo central (PAC) refere-se a uma série de processos envolvidos na detecção e na reação aos sons recebidos e envolve predominantemente as estruturas do sistema nervoso central (SNC)⁴, porém para que a decodificação ocorra de forma correta é necessário que as habilidades auditivas estejam íntegras e eficazes⁵. Observa-se que alterações nesse sistema podem levar a dificuldades de aprendizagem, de entendimento e atraso na linguagem⁶.

O PAC conta com habilidades de reconhecimento e localização sonora, compartilhamento de atenção entre dois estímulos, seleção de um estímulo auditivo na presença de ruído de fundo, diferenciação da variação de frequência, intensidade e duração do som, além de perceber diferenças e semelhanças entre sons verbais⁷, e a prática musical é considerada uma ótima forma de estimular essas habilidades⁸, tornando-se uma aliada no tratamento e prevenção de alguns distúrbios^{9,10}.

A integridade do processamento auditivo é um pré-requisito para o desenvolvimento das habilidades linguísticas. Relata-se que a experiência musical interfere positivamente no desenvolvimento global infantil, bem como nas habilidades metalinguísticas^{10,11}. Destaca-se a experiência musical que poderá promover o aprimoramento das habilidades do processamento auditivo e da consciência fonológica em crianças de 5 anos¹².

Pesquisas sugerem uma plasticidade cerebral induzida pela prática da música e, portanto, uma diferença funcional e estrutural nas áreas auditivas cerebrais de músicos quando comparadas as de não músicos¹³⁻¹⁶, podendo indicar um processamento mais rápido dos estímulos auditivos, denotado, por exemplo, pela latência diminuída e amplitude maior do P3 na referida população¹⁷.

Estudos recentes evidenciaram que a prática e o treinamento musical aprimoram as habilidades de processamento auditivo^{7,18}, mostrando-se eficazes e com potencialidades para serem utilizados em crianças a fim de auxiliar na aquisição das habilidades auditivas, bem como para aprimorá-las⁷.

A partir do exposto, a presente pesquisa apresenta como objetivo principal e norteador verificar as evidências científicas sobre as implicações da prática musical no processamento auditivo central, visando responder à seguinte pergunta de pesquisa: Quais as implicações da prática musical no processamento auditivo central?

MÉTODOS

PROTOCOLO E REGISTRO

A presente revisão sistemática foi conduzida conforme as recomendações PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*)¹⁹.

As buscas por artigos científicos foram conduzidas por dois pesquisadores independentes nas bases de dados eletrônicas MEDLINE (Pubmed), LILACS, SciELO, SCOPUS, WEB OF SCIENCE e BIREME, sem restrição de idioma, período e localização. A pesquisa foi estruturada e organizada na forma PICOS, que representa um acrônimo para

População alvo, Intervenção, Comparação, “*Outcomes*” (desfechos) e “*Study type*” (tipo de estudo). População de interesse ou problema de saúde (P) corresponde a pacientes; intervenção (I) diz respeito a música; Comparação (C) corresponde à exposição a prática musical; Outcomes (O) refere-se ao PAC; e os tipos de estudos admitidos (S) foram estudo descritivo, estudo transversal, estudo observacional, relatos de caso, estudos de caso-controle, ensaios clínicos controlados e estudos de coorte.

TABELA 1. DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES DO PICOS

Acrônimo	Definição
P	Pacientes
I	Fonoaudiológico
C	Música
O	PAC
S	Estudo descritivo Estudo transversal Estudo observacional

Fonte: Desenvolvido pelos autores.

ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Os descritores foram selecionados a partir do dicionário Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Heading Terms* (MeSH), considerando a sua grande utilização pela comunidade científica para a indexação de artigos na base de dados PubMed. Diante da busca dos descritores, foi realizada a adequação para as outras bases utilizadas. Em um primeiro momento foram propostas para as buscas a seguinte combinação de descritores: (music) and (auditory processing) and (central nervous system). A busca ocorreu de forma concentrada em julho de 2020.

Critérios de Elegibilidade

Os desenhos dos estudos admitidos inicialmente foram dos tipos descritivo, transversal, observacional, de caso-controle, de coorte, relatos de caso e ensaios clínicos controlados. Foram incluídos estudos sem restrição de idioma, período e localização. A Tabela 2 representa os critérios de inclusão e exclusão desenvolvidos nesta pesquisa. Os estudos obtiveram pontuação maior que 6 no protocolo modificado de Pithon et al.²⁰ para avaliação da qualidade dos mesmos.

TABELA 2. Síntese dos critérios de inclusão/exclusão

Crítérios de Inclusão	
Delineamento	Estudos longitudinais
Localização	Sem Restrição
Idioma	Sem restrição
Período	Janeiro de 2010 a Junho de 2020
Crítérios de Exclusão	
Delineamento	Revisões de literatura Revisões sistemáticas Meta-análises Estudos de caso Estudos transversais Estudos de preferência
Estudos	Estudos pouco claros Mal descritos ou inadequados
Forma de publicação	Apenas resumo

Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Risco de viés

A qualidade dos métodos utilizados nos estudos incluídos foi avaliada pelos revisores de forma independente (PH, CHB e LFG), de acordo com a recomendação PRISMA¹⁹. A avaliação priorizou a descrição clara das informações. Neste ponto, a revisão foi realizada às cegas, mascarando os nomes dos autores e revistas, evitando qualquer viés potencial e conflito de interesses.

Crítérios de Exclusão

Foram excluídos estudos publicados no formato de Cartas ao editor, diretrizes, revisões de literatura, revisões narrativas, revisões sistemáticas, meta análises e resumos. Estudos que não tenham descrito ou que foram pouco claros ou, ainda, indisponíveis na íntegra, representados na Tabela 2.

ANÁLISE DOS DADOS

A extração dos dados para o processo de elegibilidade dos estudos foi realizada utilizando-se uma ficha própria para revisão sistemática elaborada por dois pesquisadores em Programa Excel[®], na qual os dados extraídos foram adicionados inicialmente por um dos pesquisadores e, então, conferidos por outro pesquisador. Primeiramente foram selecionados de acordo com o título; em seguida, os resumos foram analisados e apenas os que fossem potencialmente elegíveis foram selecionados. Com base nos resumos, os artigos foram selecionados para leitura integral, foram admitidos os que atendiam a todos os critérios pré-determinados. Em caso de desacordo entre avaliadores, um terceiro avaliador tomou a decisão sobre a elegibilidade do estudo em questão.

Forma de seleção dos estudos

Inicialmente os revisores de elegibilidade (CHB e LFG) foram calibrados para a realização da revisão sistemática por FSAP, KMP e PH. Após a calibração e esclarecimentos de dúvidas, os títulos e resumos foram examinados por dois revisores de elegibilidade (CHB e LFG), de forma independente, os quais não estavam cegos para o nome dos autores e das revistas. Aqueles que apresentaram um título dentro do âmbito, mas os resumos não estavam disponíveis, também foram obtidos e analisados na íntegra.

Posteriormente, os estudos elegíveis preliminarmente tiveram o texto completo obtido e avaliado. Em casos específicos, quando o estudo com potencial de elegibilidade apresentasse dados incompletos, os autores foram contatados por e-mail para mais informações. Na inexistência de acordo entre os revisores, um terceiro (PH) foi envolvido para a decisão final.

Dados Coletados

Após a triagem, os textos dos artigos selecionados foram revisados e extraídos de forma padronizada por dois autores (CHB e LFG) sob a supervisão de KMP, FSAP e PH, identificando-se ano de publicação, local da pesquisa, idioma de publicação, tipo de estudo, amostra, método, resultado e conclusão do estudo.

Resultado clínico

O resultado clínico de interesse consistiu em analisar o efeito da música no processamento auditivo. Aqueles que não utilizaram a abordagem do efeito da música no processamento auditivo não fizeram parte da amostra da revisão de literatura.

RESULTADOS

A partir dos descritores eleitos, os bancos de dados foram consultados e foram obtidos os resultados disponibilizados na Tabela 3.

Tabela 4. Resultado dos Estudos Encontrados

Autor/ Ano/ Local de realização/Ti po de Estudo	Objetivo	Potencial (is) analisado(s)	Estímulo(s) Utilizado (s)	Resultados	Conclusão
FABHAUER et al. ⁽²¹⁾ , 2015 Transversal Alemanha	Verificar a relação entre a capacidade musical e o processamento cognitivo de curto prazo, medido pelos potenciais relacionados ao evento.	P1, N1, P2, N2, P3	Não especificado	O achado mais importante foi que existe uma correlação linear significativa entre a habilidade musical como medido por esses testes e as latências P3 dos potenciais relacionados a eventos auditivos e visuais. Além disso, os músicos mostraram latências mais curtas dos potenciais relacionados ao evento do que os não músicos.	A habilidade musical, medida pelos testes neuropsicológicos, está associada à melhoria do processamento cognitivo de curto prazo, tanto no domínio auditivo quanto, surpreendentemente, também no visual.
BROWN et al. ⁽²²⁾ 2016 Transversal Estados Unidos	Determinar se o complexo de alteração acústica (ACC) é sensível o suficiente para refletir as diferenças no processamento espectral exibidas por músicos e não-músicos.	ACC	fala no ruído; sequência de quatro notas de seis instrumentos musicais; série de três notas simuladas de um clarinete, geradas digitalmente; ruído de ondulação.	Os músicos foram capazes de detectar mudanças menores no tom do que os não-músicos. Eles também foram capazes de detectar uma mudança na posição dos picos e vales em um estímulo de ruído de ondulação em densidades de ondulação mais altas do que os não músicos. As respostas do ACC gravadas por músicos foram maiores do que as registradas por não músicos quando a amplitude da resposta do ACC foi normalizada para a amplitude da resposta inicial em cada par de estímulos. Os limiares de detecção visual	Os músicos são mais capazes de discriminar sinais acústicos espectralmente complexos do que os não músicos. Essas diferenças são evidentes não apenas nos testes perceptivos / comportamentais, mas também nas medidas eletrofisiológicas da resposta neural no nível do córtex auditivo. Embora esses resultados sejam baseados em observações feitas por ouvintes com audição normal, eles sugerem que o ACC pode fornecer um método não-comportamental de avaliar a discriminação auditiva e, como resultado, pode ser útil em

				<p>derivados dos dados potenciais evocados foram melhores para músicos do que para não músicos, independentemente de a tarefa ser discriminação de afinação musical ou detecção de uma alteração no espectro de frequências dos estímulos de ruído de ondulação. Medidas comportamentais de discriminação foram geralmente mais sensíveis que medidas eletrofisiológicas. Contudo, as duas métricas foram correlacionadas.</p>	<p>estudos futuros que exploram a eficácia da participação em um ambiente musical. , programa de treinamento auditivo, talvez voltado para ouvintes pediátricos ou com deficiência auditiva.</p>
<p>HABIBI et al.,⁽²⁵⁾ 2016 Longitudinal Estados Unidos</p>	<p>Investigar os efeitos de um programa de treinamento em música no desenvolvimento auditivo de crianças, ao longo de dois anos, a partir dos 6-7 anos de idade.</p>	<p>P1, N1, P2, N2, P3</p>	<p>Tom puro, piano e violino, combinados em frequência fundamental com os tons musicais.</p>	<p>Antes de participar, as crianças que iniciaram treinamento em música não diferiram daquelas dos grupos de controle em relação às medidas cognitivas, motoras, musicais ou cerebrais. Após dois anos, foi observado que as crianças do grupo de música, mostram uma capacidade aprimorada de detectar alterações no ambiente tonal e uma maturidade acelerada do processamento auditivo, medida pelos potenciais evocados auditivos corticais.</p>	<p>O treinamento musical pode resultar em alterações cerebrais específicas dos estímulos em crianças em idade escolar.</p>
<p>MEHA-BETTISON et al.⁽²³⁾ , 2017 Transversal Estados Unidos</p>	<p>Investigar se os músicos profissionais superaram os não músicos no</p>	<p>P1, N1 e P2</p>	<p>Sílaba /da/</p>	<p>Os músicos superaram significativamente os não músicos na tarefa de discriminação de frequência e na percepção de fala no ruído</p>	<p>Com o uso de dados comportamentais e eletrofisiológicos, os resultados fornecem evidências convergentes para o melhor</p>

Unidos	processamento auditivo e na percepção do ruído da fala			(voz alvo e voz competitiva iguais a 0°). A amplitude de N1 dos músicos não mostrou diferença entre as condições de 5 dB e 0 dB, enquanto os não músicos mostraram uma amplitude de N1 significativamente menor em 0 dB em comparação com 5 dB. A análise tempo-frequência indicou que os músicos tinham dessincronização de potência alfa significativamente mais alta na condição de 0 dB, indicando envolvimento da atenção.	reconhecimento de fala no ruído em músicos.
SUPPANEN et al ⁽²⁴⁾ , 2019 Transversal Finlândia	Verificar se a música e o ritmo podem facilitar o aprendizado das informações auditivas em recém-nascidos.	Não especificado	Versão finlandesa de uma conhecida canção de ninar em três condições diferentes (canção de ninar, música, fala)	Foram encontradas respostas cerebrais estatisticamente significantes em recém-nascidos quando foram apresentadas alterações de sílabas e palavras na canção de ninar, porém mudanças inseridas na música e na fala não provocaram respostas corticais diferentes. A estrutura rítmica das rimas infantis pode facilitar o aprendizado dos recém-nascidos com informações auditivas.	Rimas infantis podem facilitar o aprendizado dos recém-nascidos com informações auditivas e, portanto, pode ser benéfico para o desenvolvimento da linguagem.

Fonte: FABHAUER et al., 2015; BROWN et al., 2016; HABIBI et al., 2016; MEHA-BETTISON et al., 2017; SUPPANEN et al., 2019.

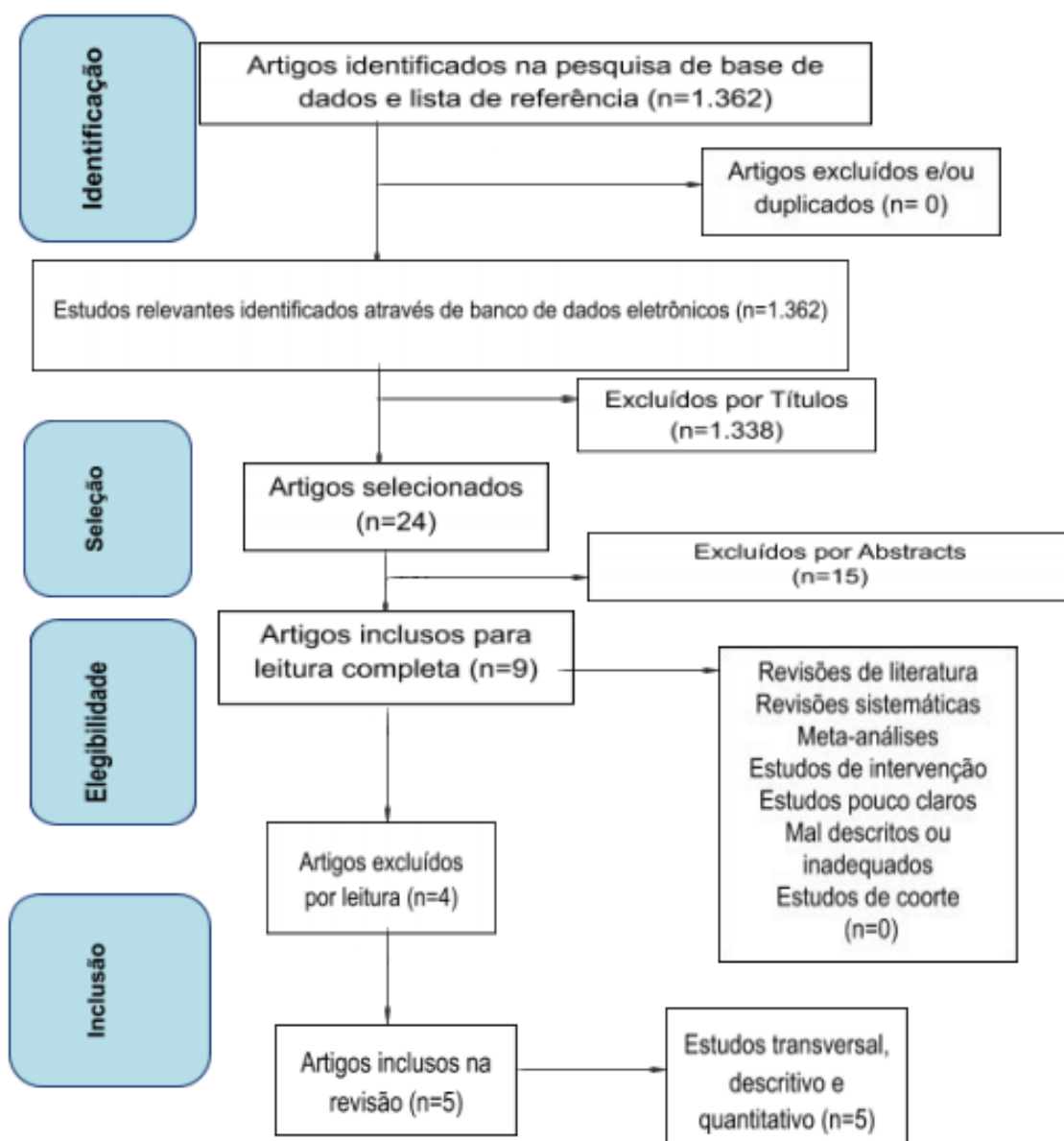
Legenda: Complexo de alteração acústica = ACC;

Inicialmente foram encontradas 1362 publicações, das quais, 1338 foram excluídas na triagem do título, 15 excluídas pelo resumo, sendo nove artigos analisados na íntegra e quatro

deles excluídos após análise, pois não responderam aos critérios de inclusão propostos para esta pesquisa. Assim, foram admitidos para este estudo cinco publicações (Figura 1).

Os desenhos dos estudos admitidos são do tipo transversal e longitudinal, todos com pontuação 11 no protocolo modificado de Pithon et al.²⁰, que avalia criteriosamente a qualidade das publicações. Os dados extraídos dos estudos foram realizados de forma descritiva e comparativa.

Figura 1. Fluxograma do processo de busca



Com relação à descrição dos resultados dos artigos elegíveis neste estudo, as informações foram apresentadas em formato detalhado, como os potenciais analisados nas avaliações, os estímulos utilizados e outras informações encontram-se expostas na Tabela 4.

<INSERIR TABELA 4>

Em três estudos admitidos, a amostra foi composta por 20 indivíduos adultos, divididos em grupos de músicos e não músicos²¹⁻²³. Com relação à idade dos participantes, em um deles houve variação de 22 a 59 anos²³; em outros dois, a idade média dos músicos foi de 23 anos (DP = 2)²¹ e 42,2 anos (DP = 16,04)²² e dos não músicos foi de 24 anos (DP = 2)²¹ e 38,4 anos (DP = 12,03)²². Os outros dois estudos selecionados nesta pesquisa foram realizados com recém-nascidos (n=21)²⁴ e com crianças com idades entre 6 e 7 anos (n=37)²⁵.

Enquanto os estudos realizados com adultos²¹⁻²³ avaliaram o funcionamento do sistema nervoso auditivo central de músicos e não músicos, tendo em vista que os músicos já deveriam ter histórico de exposição prolongada a música, os estudos com crianças²⁵ e recém-nascidos²⁴ submeteram esses sujeitos a diferentes estímulos sonoros, a fim de verificar os efeitos desta exposição na via auditiva.

O tempo médio de exposição à prática musical em um dos estudos realizados com adultos foi de 14 anos (DP 2 anos)²¹; no outro, esse tempo variou de 16 a 54 anos, sendo que 80% dos músicos tinham 40 anos ou mais de exposição, todos por no mínimo 15 horas semanais²³; e, em um deles, o tempo de exposição dos músicos não foi apresentado, embora tenham levado este fator em consideração ao quantificar os antecedentes e a experiência musical por meio de um questionário (*Iowa Musical Background Questionnaire - IMBQ*)²².

No estudo de Habibi et al.²⁵ as crianças do grupo exposto ao treinamento musical (n=13), por um período de 6 a 7 horas semanais no decorrer de dois anos, foram comparadas com outros dois grupos de crianças com o mesmo contexto socioeconômico, sendo um deles envolvido em treinamento esportivo (n=11) e outro sem envolvimento com treinamentos sistemáticos (n=13).

Na pesquisa de Suppanen et al.²⁴, recém-nascidos foram submetidos a uma versão finlandesa de uma conhecida canção de ninar, gravada por uma falante nativa do idioma, em três condições diferentes, usando dois versos distintos em cada condição: uma versão lida como uma canção de ninar, falada metricamente; uma versão cantada em uma determinada melodia; e, uma versão lida em forma de discurso comum. Nas três condições foram registrados os potenciais relacionados a eventos auditivos dos recém-nascidos. Em seguida, foi investigado o efeito do aprendizado, introduzindo mudanças pouco frequentes de vogal, palavra, afinação e intensidade nos trechos da fala e registrando as respostas neurais a eles.

As metodologias utilizadas pelos autores para avaliar o funcionamento da via auditiva central foram diversas, incluindo avaliações comportamentais / psicoacústicas^{22,23,25} e eletrofisiológicas^{21,23,25}. Dentre os exames comportamentais utilizados constatou-se testes de compreensão de fala no ruído, discriminação de *pitch*^{22,23}, reconhecimento do timbre (tarefa em conjunto fechado)²², discriminação de tons/ritmos²⁵, além dos testes *gaps-in-noise* (GIN) e modulação de amplitude sinusoidal (SAM)²³. Os exames eletrofisiológicos, utilizados nos cinco estudos selecionados²¹⁻²⁵, dizem respeito ao registro de potenciais relacionados a eventos (PRE) ou potenciais cognitivos, que são amplamente utilizados para avaliar o desenvolvimento do sistema auditivo central e permitem a identificação de etapas do processo sensorial e cognitivo em resposta a estímulos auditivos. Os potenciais analisados, bem como os estímulos utilizados encontram-se expostos na Tabela 4.

Quanto aos resultados obtidos nos estudos admitidos desenvolvidos com adultos, evidenciou-se correlação significativa entre a habilidade musical e as latências de P3, sendo as latências obtidas em músicos menores do que as registradas em não músicos²¹, além das amplitudes das respostas corticais serem maiores²². Os músicos demonstraram ser capazes de detectar mudanças menores no tom quando comparados aos não músicos²². Além disso, os músicos comprovaram ter mais capacidade de discriminar sinais acústicos espectralmente complexos do que os não músicos²². Um dos estudos constatou ainda, que os músicos demonstraram melhor reconhecimento de fala no ruído (voz alvo e voz competitiva iguais, incididas a 0°), além de superar significativamente os não músicos na tarefa de discriminação de frequência²³.

O estudo realizado com crianças constatou que o treinamento musical, por um período de dois anos, pode resultar em alterações cerebrais específicas impactando positivamente no desenvolvimento das habilidades auditivas, visto que os resultados mostram uma capacidade aprimorada de detectar alterações no ambiente tonal e maturidade acelerada do processamento auditivo das crianças submetidas ao treinamento musical²⁵.

Quanto aos efeitos da música nos recém-nascidos expostos a uma conhecida canção de ninar em três diferentes condições (falada metricamente; cantada, com melodia e lida como discurso), pode-se constatar que a estrutura rítmica da canção para dormir facilitou o aprendizado dos recém-nascidos com informações auditivas e, portanto, pode ser benéfico para o desenvolvimento da linguagem. Vale ressaltar que esse efeito não foi encontrado mediante a outra música apresentada²⁴.

DISCUSSÃO

Os estudos admitidos nesta revisão sistemática convergem no que diz respeito aos efeitos da música ou treinamento musical, inferindo que estes aprimoram as habilidades do processamento auditivo, além de causar mudanças corticais que, em crianças e recém-nascidos, favorecem o aprendizado e o desenvolvimento da linguagem, corroborando o constatado em outras publicações^{7,12,26,27}.

A literatura aponta que a prática musical influencia positivamente as habilidades do PAC^{9,18} e pode ser considerada como uma ferramenta para melhorar estas habilidades, tornando-se um fator de proteção em relação a distúrbios de desenvolvimento, em especial àqueles relacionados ao desenvolvimento de fala e linguagem^{9,7}.

As amostras dos estudos admitidos nesta revisão sistemática foram compostas por adultos, crianças de 6 a 7 anos e por neonatos, pois não consistia em um critério de exclusão a faixa etária. Outros estudos realizados com intuito de verificar os efeitos da música, bem como do treinamento musical em populações de adultos^{17,28-33} e crianças^{7,12,26,27,34-36} foram evidenciados na literatura, sendo que, no geral, os estudos com crianças realizam a exposição a música/treinamento musical no período do estudo, enquanto os estudos com adultos avaliam os efeitos da música que já é presente no dia a dia dos sujeitos, há muitos anos.

A literatura sobre os efeitos da música, bem como do treinamento musical no processamento auditivo de adultos é ampla, sendo constatada uma superioridade nas habilidades de ordenação temporal²⁹, reconhecimento de fala no ruído²⁸ e resolução temporal³¹, quando comparado ao desempenho de não músicos, além dos músicos demonstrarem superioridade em subtestes padronizados de memória visual, fonológica e executiva¹⁷. Estudo desenvolvido com 30 cantores populares de bandas comparou o desempenho nas habilidades auditivas de resolução e ordenação temporal entre indivíduos que cantam e tocam instrumento(s) musical(is) (n=15) com o desempenho dos que somente

cantam (n=15) e constataram que os cantores populares que tocam instrumentos musicais apresentam melhor desempenho nas referidas habilidades³³.

Outra pesquisa, conduzida com 43 adultos com idades entre 18 e 38 anos divididos em três grupos, dos quais um era composto por adultos bilíngues não músicos (n=15), o outro por músicos monolíngues de língua inglesa (n=13) e o grupo controle, formado por falantes monolíngues de inglês (n=15), evidenciou que o bilinguismo e o treinamento musical têm efeitos diferenciais nas redes cerebrais³⁰.

Ao avaliar a latência e a amplitude do P300, na ausência e na presença de ruído contralateral em músicos (n=30; entre 20 e 53 anos) e não músicos (n=25; entre 18 e 30 anos), pesquisadores encontraram um maior efeito de inibição nos músicos em comparação com os não músicos, evidenciando que o sistema nervoso auditivo central de músicos apresenta particularidades características devido à prática musical à qual estão constantemente expostos³². Este potencial também foi estudado em pesquisa desenvolvida com 32 universitários com idades entre 18 e 24 anos, divididos em músicos e não músicos, cujos músicos deveriam estudar algum instrumento por um longo período (entre 9 e 16 anos), com início da prática ainda na infância (entre 5 e 10 anos). Os músicos demonstraram uma atualização mais rápida da memória de trabalho (P300 de menor latência) nos domínios visual e auditivo e alocaram mais recursos neurais aos estímulos auditivos (maior amplitude P300), demonstrando que o treinamento musical a longo prazo está relacionado a melhorias na memória de trabalho, tanto no domínio auditivo quanto no visual¹⁷.

Em consonância com o obtido na população adulta, bem como com os achados do estudo realizado com crianças de 6 a 7 anos de idade, inserido nesta pesquisa²⁵, resultado de outro estudo conduzido com crianças de 5 anos evidenciou que a experiência musical promoveu o aprimoramento de habilidades auditivas e metalinguísticas¹², assim como há evidências de que o treinamento musical influencia positivamente as habilidades de leitura e percepção de fala no ruído, além de provocar respostas neurais mais rápidas²⁶.

Outros resultados revelam efeitos positivos da música na transferência entre domínios cognitivos, na população infantil^{34,37}, visto que o treinamento musical aumenta a sensibilidade a um parâmetro acústico básico específico, a afinação, que é igualmente importante para a prosódia da música e da fala, aprimorando a capacidade das crianças de detectar alterações na afinação não apenas na música, mas também no idioma³⁷. Ao comparar o desempenho de crianças de 5 anos com e sem prática musical, destaca-se que a prática musical exerceu influência positiva sobre as habilidades auditivas de ordenação temporal, localização sonora e apreciação musical⁹.

Há evidência longitudinal de que a percepção da fala no ruído, de crianças, melhora após treinamento musical em grupo por um período de 2 anos²⁷. Entretanto, pesquisadores constataram que 6 meses de treinamento musical já foram suficientes para melhorar significativamente o comportamento e influenciar o desenvolvimento de processos neurais, em crianças de 8 anos de idade, fortalecendo as teorias sobre a plasticidade cerebral ao mostrar que períodos relativamente curtos de treinamento têm fortes consequências na organização funcional do cérebro das crianças³⁴.

O benefício duradouro do treinamento musical foi evidenciado em estudo conduzido com crianças com idades entre 4 e 6 anos, no qual foi possível constatar também que novas alterações hemisféricas apareceram, um ano após o treinamento³⁶. Sendo assim, a educação musical tem um papel importante no desenvolvimento infantil, bem como o treinamento em música é capaz de moldar também habilidades imprescindíveis no desenvolvimento social e acadêmico²⁵.

As evidências encontradas no estudo realizado com recém-nascidos inferem que a ocorrência simultânea de pistas prosódicas exageradas e itens a serem aprendidos parece ajudar os neonatos a processar a entrada da linguagem, corroborando o constatado em estudos

anteriores^{38,39}. Para Schon e Tillmann⁴⁰, a rima em músicas infantis são estímulos auditivos naturais para os recém-nascidos, aprimorando o processamento fonológico. A ausência de indícios de aprendizado nos neonatos mediante uma música apresentada em uma determinada melodia, que não como uma canção de ninar, pode ser em virtude da melodia não incluir variação suficiente de afinação ou em decorrência da situação desafiadora imposta pelo aprendizado simultâneo da melodia e do conteúdo fonético e não apenas pelo conteúdo fonético²⁴.

Embora nenhum dos estudos selecionados para esta pesquisa tenha sido realizado com a população idosa, há relatos na literatura sobre os benefícios do treinamento musical nas habilidades do processamento auditivo de idosos não protetizados⁴¹ e usuários de próteses auditivas⁴²⁻⁴⁴. Estudo desenvolvido com idosos designados aleatoriamente para aprender a tocar piano (música), aprender a jogar um videogame (vídeo) ou a servir como controle (sem contato) constatou que após 6 meses, o grupo que aprendeu a tocar piano melhorou sua capacidade de entender palavras apresentadas mediante ruído de fundo, enquanto os outros dois grupos não. É importante ressaltar que esses achados sugerem que o treinamento musical pode ser usado como base para o desenvolvimento de programas de reabilitação auditiva para idosos⁴¹.

Outro efeito importante da música foi constatado em estudo que avaliou as habilidades de processamento auditivo ao longo da vida em músicos (N = 74) e não-músicos (N = 89), com idades entre 18 e 91 anos, e demonstrou que os músicos experimentam menor declínio relacionado à idade em tarefas auditivas como detecção de gaps e compreensão de fala no ruído⁴⁵. As diferenças entre músicos e não músicos em relação às medidas comportamentais e eletrofisiológicas aumentam a crescente literatura sobre plasticidade dependente da experiência em músicos²³.

Pesquisas indicam que há diferenças estruturais entre cérebros de músicos e não músicos, dentre as quais se encontram o maior volume do córtex auditivo, maior concentração de massa cinzenta no córtex motor, maior corpo caloso anterior. Estudos envolvendo neuroplasticidade indicam correlação entre tempo de estudo musical e as diferenças estruturais. Além disso, é possível que haja um período crítico relacionado a essas mudanças, indicando uma possível correlação entre idade em que se começou a estudar música e as mudanças estruturais cerebrais^{46,47}.

Buscando compreender a correlação entre estudo musical e aumento do corpo caloso, foi desenvolvida uma pesquisa com crianças de 5 a 7 anos de idade, sendo estas divididas em três grupos, sendo um grupo com prática semanal de instrumento musical de 1 a 2 horas, um grupo com prática semanal de 2 a 5 horas e um grupo controle que não teve aulas de música. No início do estudo não havia diferenças entre os volumes dos corpos calosos dos sujeitos. Após 29 semanas de prática havia diferença significativa entre o tamanho do corpo caloso das crianças dos três grupos, sendo evidenciado um aumento maior do corpo caloso nas crianças com mais tempo de prática musical⁴⁸.

Outro estudo semelhante conduzido com 31 crianças divididas em dois grupos, sendo um deles (n=15) submetido a aulas de teclado por 15 meses e o grupo controle, que não recebeu treinamento musical instrumental, somente participou de aulas semanais de música em grupo na escola, constatou diferenças em regiões como giro pré-central direito (área motora relacionada a movimento de mãos), corpo caloso e giro de *Heschl* (área auditiva primária)⁴⁹, achados que indicam uma forte possibilidade da indução da plasticidade cerebral por meio da música.

Alterações cerebrais estruturais após treinamento musical na primeira infância, por um curto período de tempo (15 meses), foram correlacionadas com melhorias nas habilidades motoras e auditivas. Essas descobertas lançam luz sobre a plasticidade cerebral e sugerem que diferenças estruturais evidenciadas no cérebro em especialistas adultos provavelmente se

devem à plasticidade cerebral induzida pelo treinamento⁴⁹. Putkinen et al.³⁵ ao encontrar um aumento nas amplitudes de MMN e P3a com o aumento da idade em crianças musicalmente treinadas, não sendo estes aumentos evidentes nos estágios iniciais do treinamento, sugeriram que a discriminação auditiva neural superior em músicos adultos se deve ao treinamento e não a diferenças preexistentes entre músicos e não músicos.

Quanto aos procedimentos utilizados para avaliar o processamento auditivo nos estudos eleitos para esta pesquisa, constatou-se que dois deles utilizaram somente avaliação eletrofisiológica (PRE)^{21,24}, enquanto os outros três empregaram procedimentos comportamentais associados à avaliação eletrofisiológica^{22,23,25}. Sendo assim, em todos os estudos foram pesquisados os PRE, os quais constituem um instrumento valioso para estudar a atividade neuronal gerada durante o processamento de novas informações⁵⁰.

Corroborando com estes achados, vários estudos que pesquisaram os efeitos da música e do treinamento musical, contidos na literatura, também utilizaram procedimentos eletrofisiológicos isoladamente, por meio do registro e análise dos potenciais relacionados a eventos^{30,32,35,36}, bem como outras pesquisas utilizaram avaliação comportamental associada à eletrofisiológica^{17,37,41}. Entretanto, foi possível averiguar que muitos estudos foram desenvolvidos utilizando apenas métodos comportamentais^{9,12,27-29,31,33}, os quais se mostraram eficazes e denotam os efeitos positivos da música sobre as habilidades auditivas dos participantes. Embora os estímulos utilizados para evocar os PRE tenham sido diferentes, todos foram capazes de evidenciar a superioridade dos músicos nas habilidades auditivas.

O tempo médio de exposição à música nos estudos selecionados para esta revisão sistemática variou bastante e nenhum deles objetivou comparar o desempenho nas habilidades do processamento auditivo de acordo com o tempo de exposição, porém há consonância na literatura que aponta que quanto maior o tempo de exposição, mais evidentes são as melhoras nas habilidades do processamento auditivo^{7,17,18}. Entretanto, já há evidências que demonstram que períodos relativamente curtos de treinamento musical têm fortes consequências na organização funcional do cérebro, na população infantil, consolidando as teorias sobre a plasticidade cerebral³⁴.

CONCLUSÃO

Considerando as evidências científicas, constatou-se que a experiência musical pode aprimorar habilidades específicas do processamento auditivo central, independente da idade, otimizando o desenvolvimento linguístico das crianças. Ademais, indivíduos expostos a experiências musicais são capazes de discriminar sinais acústicos espectralmente complexos, além de experimentarem uma melhora do processamento cognitivo de curto prazo e no reconhecimento de fala no ruído.

Sendo assim, a prática musical tem um papel importante no desenvolvimento das habilidades auditivas, moldando também habilidades indispensáveis no desenvolvimento social e acadêmico.

REFERÊNCIAS

1. Brescia VP. Educação Musical: bases psicológicas e ação preventiva. 2nd rev: Alínea; 2003. p.148.
2. Todres ID. Music is medicine for the heart. *J Pediatr (Rio J)*. 2006;82:166-8.
3. Rizzo SC, Fernandes E. Neurociência e os benefícios da música para o desenvolvimento cerebral e a educação escolar. *RPGM*. 2018;1:13-20.
4. Pereira LD. Avaliação do processamento auditivo central. In: Lopes Filho O. *Novo Tratado de Fonoaudiologia*. 3ª Ed. Barueri: Manole; 2013. p.179-195.
5. Martins JS, Pinheiro MMC, Blasi HF. A utilização de um software infantil na terapia fonoaudiológica de Distúrbio do Processamento Auditivo Central. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2008;13:398-404.
6. Sartori AA, Delecrude CR, Cardoso ACV. Processamento auditivo (central) em escolares das séries iniciais de alfabetização. *CoDAS*. 2019;31: e20170237.
7. Engel AC, Bueno CD, Sleifer P. Treinamento musical e habilidades do processamento auditivo em crianças: revisão sistemática. *Audiology Communication Research*. 2019; 24:e2116.
8. Boéchat EM. Sistema auditivo nervoso central: plasticidade e desenvolvimento. In: Boéchat EM, Menezes PL, Couto CM, Frizzo ACF, Scharlach RC, Anastásio ART, editores. *Tratado de audiologia*. Rio de Janeiro: Santos; 2015. p. 15-20.
9. Mendonça JE, Lemos SMA. Relações entre prática musical, processamento auditivo e apreciação musical em crianças de cinco anos. *Revista da ABEM*. 2010;18:58-66.
10. Eugênio ML, Escalda J, Lemos SMA. Desenvolvimento cognitivo, auditivo e linguístico em crianças expostas à música: produção de conhecimento nacional e internacional. *Revista CEFAC*. 2012;14:992-1003.
11. Carvalho NG, Novelli CV, Colella-Santos MF. Fatores na infância e adolescência que podem influenciar o processamento auditivo: revisão sistemática. *Revista CEFAC*. 2015;17:1590-1603.

12. Escalda J, Lemos SMA, França CC. Habilidades de processamento auditivo e consciência fonológica em crianças de cinco anos com e sem experiência musical. *J Soc Bras Fonoaudiol.* 2011;23:258-63.
13. Pantev C, Oostenveld R, Engelien A, Ross B, Roberts LE, Hoke M. Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature.* 1998;392:811-4.
14. Gaser C, Schlaug G. Brain structures differ between musicians and nonmusicians. *J Neurosci.* 2003; 23:9240-5.
15. Lappe C, Herholz S, Trainor L, Pantev C. Cortical plasticity induced by short-term unimodal and multimodal musical training. *J Neurosci.* 2008; 28:9632-9.
16. Lappe C, Trainor L, Herholz S, Pantev C. Cortical plasticity induced by short-term multimodal musical rhythm training. *PLoS One.* 2011;6:21493.
17. George EM, Coch D. Music training and working memory: an ERP study. *Neuropsychologia.* 2011;49:1083-94.
18. Alves WA, Rei TG, Boscolo CC, Donicht G. Influência da prática musical em habilidades do processamento auditivo central: uma revisão sistemática. *Distúrb Comun.* 2018; 30:364-75.
19. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A (deceased), Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev.* 2015;4(1):1. doi:10.1186/2046-4053-4-1.
20. Pithon MM, Santanna LIDA, Baião FCS, Santos RL, Coqueiro RS, Maia LC. Assessment of the effectiveness of mouthwashes in reducing cariogenic biofilm in orthodontic patients: a systematic review. 2015; 43:297-308.
21. Faßhauer C, Frese A, Evers S. Musical ability is associated with enhanced auditory and visual cognitive processing. *BMC Neurosci.* 2015;16:59.
22. Brown CJ, Jeon EK, Driscoll V, Mussoi B, Deshpande S B, Gfeller K, et al. Effects of Long-Term Musical Training on Cortical Auditory Evoked Potentials. *Ear Hear.* 2017;38: 38(2):e74-e84.
23. Meha-Bettison K, Sharma M, Ibrahim RK, Vasuki PRM. Enhanced speech perception in noise and cortical auditory evoked potentials in professional musicians. *Int J Audiol.* 2018;57:40-52.
24. Suppanen E, Huotilainen M, Ylinen S. Rhythmic structure facilitates learning from auditory input in newborn infants. *Infant Behav Dev.* 2019;57:101346.
25. Habibi A, Cahn BR, Damasio A. Neural correlates of accelerated auditory processing in children engaged in music training. *Developmental Cognitive Neuroscience.* 2016;21:1-14.
26. Kraus N, Strait DL. Emergence of biological markers of musicianship with school-based music instruction. *Ann N Y Acad Sci.* 2015;1337:163-9.

27. Slater J, Skoe E, Strait DL, O'Connell S, Thompson E, Kraus N. Music training improves speech-in-noise perception: Longitudinal evidence from a community-based music program. *Behavioural brain research*. 2015;291:244–52.
28. Soncini F, Costa MJ. Efeito da prática musical no reconhecimento da fala no silêncio e no ruído. *Pró-Fono R Atual Cient*. 2006;18:161-70.
29. Nascimento FM, Monteiro RAM, Soares CD, Ferreira MID. Temporal Sequencing Abilities in Musicians Violinists and Non-Musicians. *Intl Arch Otorhinolaryngology*. 2010;14:217-24.
30. Moreno S, Wodniecka Z, Tays W, Alain C, Bialystok E. Inhibitory control in bilinguals and musicians: event related potential (ERP) evidence for experience-specific effects. *PLoS One*. 2014;9:e94169.
31. Mishra SK, Panda MR, Herbert C. Enhanced auditory temporal gap detection in listeners with musical training. *J Acous Soc Am*. 2014; 136:EL173-8.
32. Rabelo CM, Neves-Lobo IF, Rocha-Muniz CN, Ubiali T, Schochat E. Cortical inhibition effect in musicians and non-musicians using P300 with and without contralateral stimulation. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2015;81(1):63-70.
33. Ribeiro ACM, Coelho SR, Canina PMM. Avaliação dos aspectos temporais em cantores populares. *CoDAS*. 2015; 27: 520-5.
34. Moreno S, Marques C, Santos A, Santos M, Castro SL, Besson M. Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: more evidence for brain plasticity. *Cereb Cortex*. 2009;19:712-23.
35. Putkinen V, Tervaniemi M, Saarikivi K, Ojala P, Huottilainen M. Enhanced development of auditory change detection in musically trained school-aged children: a longitudinal event-related potential study. *Dev Sci*. 2014;17:282-97.
36. Moreno S, Lee Y, Janus M, Bialystok E. Short-term second language and music training induces lasting functional brain changes in early childhood. *Child Dev*. 2015;86:394-406.
37. Magne C, Schön D, Besson M. Musician Children Detect Pitch Violations in Both Music and Language Better than Nonmusician Children: Behavioral and Electrophysiological Approaches. *J Cogn Neurosci*. 2006;18:199-211.
38. Curtin S, Campbell J, Hufnagle D. Mapping novel labels to actions: How the rhythm of words guides infants' learning. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2012; 112:127-40.
39. Spinelli M, Fasolo M, Mesman J. Does prosody make the difference? A meta-analysis on relations between prosodic aspects of infant-directed speech and infant outcomes. *Developmental Review*. 2017; 44:1–18.
40. Schon D, Tillmann B. Short-And Long-Term Rhythmic Interventions: Perspectives for Language Rehabilitation. *Ann NY Acad Sci*. 2015;1337:32-9.

41. Zendel BR, West GL, Belleville S, Peretz I. Musical training improves the ability to understand speech-in-noise in older adults. *Neurobiol Aging*. 2019; 81:102-15.
42. Freire KGM. Treinamento auditivo musical: uma proposta para idosos usuários de próteses auditivas [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2009.
43. Hennig TR, Costa MJ, Rossi AG, Moraes AB. Efeitos da reabilitação auditiva na habilidade de ordenação temporal em idosos usuários de próteses auditivas. *J Soc Bras Fonoaudiol*. 2012; 24:26-33.
44. Lessa AH, Hennig TR, Costa MJ, Rossi AG. Resultados da reabilitação auditiva em idosos usuários de próteses auditivas avaliados com teste dicótico. *CoDAS*. 2013; 25:169-75.
45. Zendel BR, Alain C. Musicians experience less age-related decline in central auditory processing. *Psychol Aging*. 2012; 27:410-7.
46. Zatorre RJ, Chen JL, Penhume VB. When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production. *Nat Rev Neurosci*. 2007;8:547-58.
47. Schlaug G, Jancke L, Huang Y, Staiger JF, Steinmetz H. Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia*. 1995; 33:1047-55.
48. Schlaug G, Forgeard M, Zhu L, Norton A, Norton A, Winner E. Training-induced neuroplasticity in young children. *Ann N Y Acad Sci*. 2009; 1169:205-8.
49. Hyde, KL, Lerch J, Norton A, Forgeard M, Winner E, Evans AC, Schlaug G. The effects of musical training on structural brain development. *Ann N Y Acad Sci*. 2009; 1169:182-6.
50. Pooviboonsuk P, Dalton JA, Curran HV, Lader MH. The effects of single doses of lorazepam on event-related potentials and cognitive function. *Hum Psychopharmacol*. 1996;11:241-52.