

Preferência de percepção tonal em crianças com ou sem educação musical formal

BEATRIZ QUIRINO MARQUETTI*, ÉDER COSTA MUCHIUTTI**,
FELIPE VIEGAS RODRIGUES***

Resumo

Dentre as funções mentais recrutadas pela música, o processamento de timbre é possivelmente um dos mais interessantes, pois exemplifica a constância perceptual que permite reconhecimento de regularidades no ambiente. O objetivo do presente trabalho foi investigar a percepção musical de crianças com educação formal em música e a prevalência de ouvintes sintéticos e analíticos com base na percepção diferencial de tons complexos. Participaram trinta crianças entre 10 e 15 anos, que responderam a 48 pares de tons, nos quais o segundo tom deveria ser julgado como ascendente ou descendente. As respostas dos participantes permitiram o cálculo de um índice de preferência de percepção tonal (Δp). Os resultados mostram que o Grupo Controle apresentou Δp mais próximo a zero do que o Grupo Músicos, ambos com distribuição normal. Logo, músicos e não-músicos têm diferenças sutis na percepção de tons complexos, com predominância de ouvintes sintéticos para os músicos investigados.

Palavras-chave: música, córtex auditivo, percepção auditiva, percepção da altura sonora, percepção de timbre

Pitch perception preference in children with or without formal musical education

Abstract

Among the mental functions recruited by music, timbre processing is possibly one of the most interesting, as it exemplifies the perceptual constancy that allows recognition of regularities in the environment. The objective of the present work was to investigate the musical perception of children with formal music education and the prevalence of fundamental and spectral listeners based on the differential perception of complex tones. Thirty children between 10 and 15 years old participated, who responded to 48 pairs of tones, in which the second tone should be judged as ascending or descending. The participants' responses allowed the calculation of an index of pitch perception preference (Δp). The results show that the Control Group presented Δp closer to zero than the Musicians Group, both with normal distribution. Therefore, musicians and non-musicians have subtle differences in the perception of complex tones, with a preference for fundamental listeners among the musicians investigated.

Keywords: music, auditory cortex, auditory perception, pitch perception, timbre perception

* Faculdade de Biomedicina, Unoeste
E-mail: bia_quirino@hotmail.com

** SoundLane Studios
E-mail: edermuchiutti@gmail.com

*** Laboratório de Psicofísica, Faculdade de Medicina, Unoeste
E-mail: rodrigues.fv@gmail.com

Introdução

A cognição pode ser definida como um conjunto de processos mentais ou de mecanismos pelos quais há obtenção de conhecimento, o ato de processar e memorizar informações do ambiente em que nos encontramos, incluindo a manifestação do pensamento. Há ainda o conceito de que as representações desse ambiente ou armazenar as informações sobre ele são o fundamento da cognição (Shettleworth, 2010). Pode-se dizer que dela procedem os processos cognitivos, que compreendem a atenção, memória, percepção, tomada de decisão e raciocínio.

A partir da definição de cognição, pode-se inferir o significado de cognição musical, expressão encontrada em artigos relacionados à educação formal em música (Beyer, 2014) e ao impacto de outras funções no processamento musical, como a fala e seu processamento em crianças (Zuk et al., 2013), o processamento de sons no geral (Nan et al., 2018), a memória operacional (Vuvan et al., 2020), entre outros.

Assim, tendo em mente tais assuntos, acabamos por correlacioná-los com a educação musical e a música em si. Segundo Stalinski e Schellenberg (2012), “a música geralmente é um estímulo complexo, com tons que variam ao longo do tempo em tom, duração, amplitude e timbre”. Por essa complexidade, a prática musical exige treino diário, foco por longos períodos, memorização de passagens e aprendizagem de diversas estruturas musicais (Schellenberg, 2004).

Subentende-se então que a educação musical envolve várias habilidades, e há evidências que a mesma provoca aumento de QI (Schellenberg, 2004; Kaviani et al., 2014). Kaviani et al. (2014) forneceram doze aulas musicais extracurriculares de setenta e cinco minutos para trinta crianças entre cinco e seis anos, que foram posteriormente comparadas a outras trinta crianças que não tiveram aulas musicais. As crianças foram testadas antes e depois do período de aulas com uma escala de inteligência (*Tehran-Stanford-Binet Intelligence Scale*, TSB). Os resultados mostraram aumento do QI, especificamente nos subtestes de raciocínio verbal e de memória de curta-duração. Estes resultados poderiam estar envolvidos em mudanças estruturais na substância cinzenta cerebral, já apontadas na literatura (p.e. Gaser & Schlaug, 2003) e permitem refletir sobre o efeito da educação musical a longo prazo.

A prática da atividade musical abrange o desenvolvimento e aprimoramento de processos como sensibilidade, criatividade, escuta, percepção, atenção, imaginativo, além de possibilitar uma construção do conhecimento com autonomia e o desenvolvimento de responsabilidade individual (Figueiredo, 2012), características que se mostram importantes para o desenvolvimento infantil. Tal melhora pode ser vista em testes de memória verbal, em que crianças com treinamento musical mostraram melhores resultados em comparação com crianças sem esse treinamento, como já citado. Além disso, entre as crianças musicistas, aquelas que continuam o treinamento musical melhoram ainda mais a memória verbal em comparação às que interromperam o estudo musical formal (Ho et al., 2003).

As conexões cerebrais são responsáveis por possibilitar que a criança desenvolva as habilidades específicas, e segundo Levine (2003), elas podem ser organizadas ou divididas em sistemas, que facilitam melhor sua compreensão. Ilari (2003) sistematiza habilmente estes sistemas, que ainda podem ser combinados entre si: atenção, memória, linguagem, orientação espacial, ordenação sequencial, motor, pensamento superior e cognição social.

Dentre as funções mentais recrutadas pela música, o processamento de timbre é possivelmente um dos mais interessantes. O reconhecimento de timbres envolve o problema de constância perceptual — capacidade cognitiva que permite percepção do ambiente como estável a despeito de mudanças na estimulação sensorial (Zatorre, 2005). É através do timbre que instrumentos musicais podem ter várias oitavas - intervalos regulares de notas musicais que dobram em frequência a cada nova oitava. Semelhantemente, o timbre permite a distinção entre diferentes instrumentos musicais, apesar de que eles estejam tocando a mesma nota musical.

Ora, o processamento de timbre não é desprezível. É o timbre, ou o envelope espectral de frequências sonoras do objeto (seja um ser vivo vocalizando ou um instrumento musical), que permite reconhecimento da fonte sonora (Samson, 2003). Bebês recém-nascidos discriminam a voz da mãe de outras vozes (Trehub & Hannon, 2006) e Zatorre (2005) destaca que na natureza sons periódicos são quase que exclusivamente produzidos por animais e, portanto, são importantes para reconhecimento de espécie e detecção de predadores.

Bendor e Wang (2005) demonstraram, em macacos, neurônios do córtex auditivo com a capacidade de responder a tonalidades (não a frequências específicas como seria esperado). Portanto, neurônios ativados tanto pelo estímulo de um “Lá” grave quanto de um “Lá” agudo (e.g., uma oitava acima). Dessa forma, esses neurônios respondem a diferentes timbres de instrumentos (mesmo que eles se caracterizam por espectros de frequências completamente diferentes) e respondem também a uma tonalidade ainda que a frequência fundamental não esteja presente. Os neurônios registrados pelos autores encontram-se próximos à borda anterolateral do córtex auditivo primário (A1). Mais recentemente, Bendor et al. (2012) mostraram também que o processamento de tonalidade envolve um mecanismo duplo, relacionando tanto a pistas do envelope temporal, quando do próprio espectro de frequências, de forma que o primeiro processo é privilegiado para sons mais graves e com mais harmônicos e, o segundo, para sons mais agudos e com menos harmônicos.

Wang (2013) defende que estas competências atestam a seleção por circuitos neurais capazes de responder a harmonicidade, algo ubíquo na natureza, segundo o autor. Para Plack (2010), a harmonicidade seria fundamental para o surgimento de músicas consoantes. Os achados de Bendor e Wang (2005) e Bendor et al. (2012) poderiam explicar inclusive o processamento da fundamental ausente, conceito explorado desde a década de 1970 por Terhardt (1974), e que ainda intriga pesquisadores (Zatorre, 2005). Terhardt (1974) desenvolve o conceito de “tom virtual” (*virtual pitch*) para caracterizar a fundamental ausente e ilustra que seu processamento envolveria o mesmo completamento perceptual já conhecido para o sistema visual, como no triângulo de Kanizsa.

O autor ainda descreve que a percepção de tons (musicais) poderia ser feita de duas formas: um modo analítico ou espectral — que envolveria a percepção predominante das frequências individuais do timbre, e um modo sintético ou fundamental — com percepção predominante da fundamental do envelope musical, presente ou não no espectro de frequências. Essa sugestão é semelhante àquela feita por Helmholtz (1895), que caracterizou os modos analítico ou sintético como uma função do nível atencional do ouvinte.

Schneider et al. (2005a, mas também em Benner et al., 2017), por outro lado, defendem que ouvintes analíticos e sintéticos refletem uma preferência de percepção tonal com base em diferenças no volume de massa cinzenta e na atividade eletrofisiológica do giro de Heschl (nosso A1, áreas de Brodmann 41 e 42). Segundo eles, a distribuição de uma amostra populacional com relação à apresentação de pares de tons ambíguos (nos quais o segundo tom pode ser percebido tanto como ascendente ou descendente) seria bimodal, mas não normal. Schneider et al. (2005a) apresentaram cento e quarenta e quatro pares de tons a músicos e não-músicos. Os participantes deveriam julgar se o segundo tom do par era ascendente ou descendente em relação ao primeiro. As respostas permitiram o cálculo de um “índice de preferência de percepção tonal” (Δp), que definia se cada voluntário era classificado como sintético ou analítico.

98

Não há consenso na literatura, portanto, se os diferentes modos de percepção tonal estão relacionados a aspectos inatos/ontogênicos do giro de Heschl, ou se a percepção da fundamental ou dos harmônicos de um determinado tom complexo poderia ser produto do nível atencional ou outros atributos perceptuais do sujeito. Além disso, a literatura parece ainda não ter investigado essa questão especificamente em crianças. Esclarecer se existem tais distinções ou não na percepção auditiva, e se é possível estabelecer uma distribuição bimodal entre sintéticos e analíticos, pode colaborar para o entendimento de aspectos importantes da cognição musical e contribuir para uma área ainda jovem das ciências cognitivas, além de gerar insights tanto para as próprias competências musicais em humanos, mas também para aspectos de processamento fonológico e auditivo (Honing et al., 2015).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi investigar a preferência de percepção tonal de crianças que fazem estudo de um instrumento musical tonal e a prevalência de ouvintes sintéticos e analíticos comparativamente a crianças sem educação musical formal.

Material e métodos

Participantes e procedimento

O presente projeto foi analítico, experimental e transversal. Todos os procedimentos adotados com os participantes foram autorizados pelo CONEP via Plataforma Brasil. Foram convidadas a participar desse estudo trinta e três crianças entre 10 e 15 anos, que constituíram um Grupo Músicos, crianças com pelo menos um ano de educação formal em música e um Grupo Controle, com crianças que nunca tiveram contato com algum instrumento musical ou aulas de música. Foram excluídos da análise três participantes que decla-

raram ter dormido quatro horas ou menos na noite anterior ao teste e um participante que utilizava medicamento psicotrópico, fatores que poderiam influenciar no desempenho da percepção auditiva. O total final de participantes foi de vinte e nove participantes (Controle: n=14 e Músicos: n=15).

Os participantes foram apresentados a quarenta e oito pares de tons complexos - compostos por dois, três ou quatro tons puros - aos quais deveriam julgar se o segundo tom era ascendente ou descendente em relação ao primeiro (ver Schneider et al. 2005a). Os estímulos foram feitos em ambiente controlado, a partir da mesma caixa acústica para todos os participantes ao mesmo tempo, por grupo, em ambiente controlado. Dada a simplicidade dos tons complexos utilizados, interferências acústicas do ambiente foram desprezíveis. Cada tom era apresentado por meio segundo, com intervalo de meio segundo para o segundo tom, por duas vezes consecutivas, com intervalo de um segundo entre a primeira e a segunda apresentação do par. A apresentação dos tons obedeceu a mesma sequência para ambos os grupos.

Os pares de tons são ambíguos porque a variação dos harmônicos (f_{sp}) do primeiro para o segundo tom, provoca mudança também da percepção da fundamental ausente (f_0). Isto é, quando os harmônicos sobem em frequência (exceto pelo último, sempre mantido constante) a f_0 é percebida como descendente e vice-versa. As respostas foram dadas em folha de papel, com os participantes apenas julgando se o segundo tom é ascendente ou descendente em relação ao primeiro. O tempo total do teste, após a explicação inicial, foi de pouco mais de quatro minutos.

Análise Estatística

Um “índice de preferência de percepção tonal” (Δp) (Schneider et al., 2005a) foi calculado com base nas respostas dos participantes, identificando se eles ouviram preferencialmente a frequência fundamental ou espectral do segundo par de tom. O valor Δp é calculado pela seguinte expressão:

$$\Delta p = (nF_0 - nF_{sp}) / (nF_0 + nF_{sp}), \text{ onde:}$$

- nF_0 : Número de vezes que o participante se focou na frequência fundamental.
- nF_{sp} : Número de vezes que o participante se focou nas frequências espectrais.

Uma análise de variância (ANOVA) foi utilizado para comparar o Δp , com experiência musical (músico ou não-músico) como fatores entressujeitos. O indicador *Omega squared* (ω^2) foi utilizado para estimar o tamanho do efeito, sendo considerado insignificante quando $\omega^2 < 0,01$, pequeno quando $0,01 \leq \omega^2 < 0,06$, médio para $0,06 \leq \omega^2 < 0,14$ e grande quando $\omega^2 \geq 0,14$ (Goss-Sampson, 2020).

Os dados também foram apresentados com relação à distribuição do Δp para todos os sujeitos, para compreender se a distribuição do Δp obedece a uma distribuição normal (de Gauss) ou binomial, como em Schneider et al. (2005).

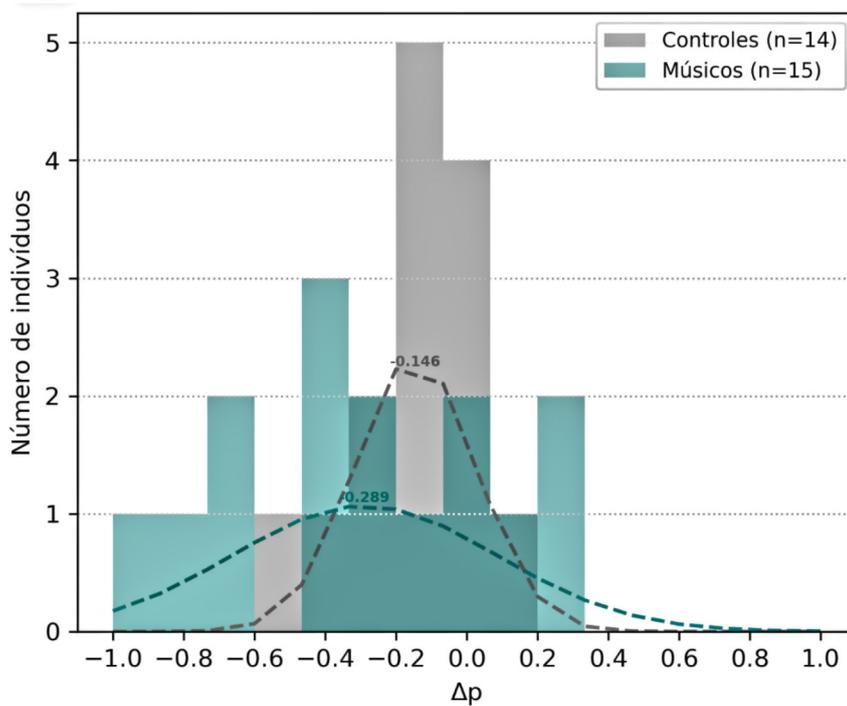
Resultados

A idade média do Grupo Músicos é $13,133 \pm 1,506$ e, do Grupo Controle, $13,357 \pm 1,499$, sem diferença entre os grupos ($F_{1,27}=0,161$, $p=0,692$). O tempo médio de estudo formal em música para o Grupo músicos é de $5,00 \pm 2,32$ anos.

Os resultados mostram que o Grupo Controle apresentou Δp mais próximo a zero, com distribuição normal da amostra, provavelmente por responderem indistintamente para a frequência fundamental dos tons ou aos harmônicos. A ANOVA mostrou efeito pequeno entre os índices de preferência de percepção tonal (Δp) de músicos e não músicos ($F_{1,27}=1,602$, $p=0,216$, $\omega^2=0,020$). Os valores médios do índice de preferência musical são $\Delta p = -0,289 \pm 0,387$ para o Grupo Músicos e $\Delta p = -0,146 \pm 0,177$ para o Grupo Controle. A distribuição dos indivíduos em função do Δp está mostrada na Figura 1.

Figura 1

Diferença de valência (DV) no teste OASIS, por categoria de imagem e por grupo, numa amostra de estudantes universitários. Barras indicam EPM.



A Figura 1 também permite observar que o resultado do Δp é muito mais variável para o Grupo Músicos do que para o Grupo Controle (Teste de Levene para igualdade de variâncias: $p=0,005$, sugerindo que as variâncias são diferentes), além de que há mais sujeitos com índices abaixo de $-0,5$ (ouvintes sintéticos) dentre os músicos, diferente dos não-músicos que se concentram próximo ao $\Delta p=0$.

Discussão

Os resultados do presente trabalho apontam para diferenças sutis na preferência de percepção tonal de crianças com e sem educação musical formal. Mais do que isso, os presentes achados diferem daqueles de Schneider et al. (2005a) ao mostrar uma distribuição normal do índice de preferência de percepção tonal (Δp), diferente da distribuição binomial encontrada pelos autores.

Schneider et al. (2005a) não especificam quais grupos (músicos ou não músicos) predominaram em cada índice, porém apresentam essa diferença na distribuição da Δp entre todos os quatrocentos e vinte indivíduos testados. Num subgrupo da amostra original, com oitenta e sete indivíduos, os autores utilizaram imageamento por ressonância magnética (RMI) para evidenciar diferenças morfológicas no Giro de Heschl (A1). Interessantemente, neste subgrupo a distribuição do Δp de vinte não-músicos incluídos segue a curva de Gauss, com um leve deslocamento para os ouvintes sintéticos, de forma muito semelhante aos resultados aqui apresentados. A mesma distribuição binomial não é relatada por Schneider et al. (2005b). Neste trabalho, Schneider et al. (2005b) reportam os valores médios de Δp considerando os instrumentos musicais dos participantes e, novamente, os autores relacionam diferenças estruturais no giro de Heschl com a preferência tonal dos participantes. Considerando os diferentes instrumentistas (e instrumentos) representados, os músicos distribuem-se por todo o espectro do Δp . Para os não-músicos, a distribuição do Δp novamente é normal e tem média próximo a $\Delta p=0$.

Em ambos os trabalhos (Schneider et al. 2005a, 2005b) é reportado que indivíduos considerados ouvintes sintéticos demonstraram acentuado volume de massa cinzenta no hemisfério esquerdo nas áreas laterais do giro, enquanto os ouvintes analíticos apresentaram essa mesma assimetria para o lado direito. Especificamente em Schneider et al. (2005b) as assimetrias perceptuais/morfológicas são relacionadas ao instrumento tocado por cada indivíduo. Enquanto ouvintes sintéticos preferem instrumentos como piano, percussão, guitarra ou flauta, os ouvintes analíticos mostraram preferência por instrumentos de cordas ou sopro, em geral mais graves ou mais melódico, além dos cantores.

Nesse sentido, é importante notar que os músicos do presente trabalho se constituem de instrumentistas de cordas (todos violinistas, exceto por um violoncelista), mas diferentemente dos achados de Schneider et al. (2005b) estes tendem a ouvintes sintéticos. Essa diferença pode ser uma particularidade das crianças, ainda em fase de educação formal em música. Schneider et al. (2005b) não detalham o tempo de estudo musical dos participantes do experimento, mas considerando que parte deles eram músicos profissionais, participantes da Orquestra Sinfônica Royal Liverpool (OSRL), é bastante provável que os músicos testados tivessem mais tempo musical do que a presente amostra. Em Schneider et al. (2005a) os autores mencionam pelo menos dez anos de prática musical para os músicos profissionais e é bastante provável que pelo menos parte da mesma amostra tenha sido utilizada nos dois trabalhos, dado o mesmo ano de publicação e a mesma menção à músicos da OSRL. Se alterações associadas à competência musical forem consideradas, já extensivamente demonstradas na literatura (Zatorre, 2003; Peretz & Zatorre, 2005; Hyde et al., 2009; Schlaug, 2015; Steele & Zatorre, 2018; Grégoire & Poulin-Charronnat, 2019; Hennessy et al., 2020; Groussard et al., 2020; Møller, 2021; Kragness, et al., 2021; Olszewska et al., 2021, para citar alguns), é provável que os efeitos de neuroplasticidade sejam proporcionais ao tempo de aprendizado musical.

Interessantemente, Zoellner et al. (2019) defendem que o giro de Heschl contém, tanto em crianças quanto em adultos, regiões de menor espessura da substância cinzenta que seriam correspondentes ao A1, dado que estas regiões mais delgadas seriam as primeiras a apresentar um potencial evocado após um som no ambiente. O aumento do giro de Heschl demonstrado por Schneider et al. (2005a, 2005b) deve ser resultado da necessidade de processamento de timbres promovido pela música, como de fato defendido por Zoellner et al. (2019). Ainda, Seither-Preisler et al. (2014) demonstraram alterações funcionais no giro de Heschl de crianças (7 a 9 anos) que tinham estudo formal de música, especificamente, os autores mostraram a maior sincronização da atividade dos hemisférios cerebrais nesta região.

Hyde et al. (2009) também investigaram crianças (média de 6 anos) e mostraram diferenças no córtex motor primário, giro de Heschl (A1) e no corpo caloso após quinze meses de aulas extraclasse de teclado, em relação a um grupo controle de mesma idade também avaliado longitudinalmente. Dada a ausência de diferenças prévias entre os grupos, antes das aulas de música, os autores concluem que a música pode acelerar o desenvolvimento destas regiões específicas e, talvez, promover diferenças neuroplásticas que persistam até a fase adulta, especialmente em músicos profissionais. Gaser e Schlaug (2003), por exemplo, evidenciam diferenças da substância cinzenta de músicos e não músicos, além de estabelecer correlação entre a aquisição de habilidades a longo prazo e o tempo de prática musical. Semelhantemente, Steele e Zatorre (2018) argumentam em favor da neuroplasticidade induzida pelo aprendizado musical, ao citar Bengtsson et al. (2005) que verificaram alterações de feixes de associação da substância branca do telencéfalo. Segundo os autores, as alterações também podiam ser correlacionadas ao tempo de estudo musical prévio.

Ainda mais marcante, Kim et al. (2020) promoveram modificações à melodia das *12 Variações* de Mozart (KV 265), que dá origem à famosa canção de ninar “Brilha, Brilha Estrelinha”, e fizeram estimulações com a música original e as modificações a vinte e cinco participantes sem educação musical formal. Os resultados de imageamento por magnetoencefalografia — que avalia o nível de atividade cortical — mostraram que as modificações induziram alterações instantâneas na comunicação entre o giro frontal inferior esquerdo e o giro de Heschl direito, regiões importantes para o processamento da melodia na música. Portanto, parece evidente na literatura que a música promove modificações funcionais e estruturais tanto em curto, quanto em longo prazo. É também notável que Rus-Oswald et al. (2022) tenham mostrado que algumas dessas diferenças permanecem em músicos com mais de setenta anos de idade, inclusive com particularidades funcionais em resposta a estímulos musicais em relação a músicos mais jovens. Músicos mais experientes ativam redes neurais maiores em resposta à música, incluindo mais regiões associativas.

Seither-Preisler et al. (2007) também investigaram músicos e não-músicos numa tarefa envolvendo pares de tons ambíguos. Os autores separaram músicos em profissionais e amadores, com base na educação formal em música e no tempo de prática semanal e hipotetizaram que os músicos seriam mais competentes em guiar-se pela frequência fundamental (f_0), dado

que eles seriam mais capazes de exibir o completamento perceptual que favorece o processamento da fundamental ausente (Terhardt, 1974) a partir de tons complexos. Os resultados encontrados suportam essa ideia: músicos profissionais tiveram maiores escores no teste, indicando maior capacidade de percepção da fundamental ausente, seguidos pelos músicos amadores e, por fim, pelos não-músicos. É importante destacar que os participantes de Seither-Preisler et al. (2007) foram em maioria pianistas, o que se alinha com os resultados de Schneider et al. (2005b), que mostra pianistas como ouvintes sintéticos, com Δp próximo a 0,3. No entanto, os escores utilizados por Seither-Preisler et al. (2007) são diferentes do Δp de Schneider et al. (2005b) e do presente trabalho, impedindo comparações diretas. No entanto, independente de instrumento, a amostra aqui representada também exibe músicos em maioria com preferência de percepção tonal de ouvintes sintéticos.

É interessante ressaltar que Seither-Preisler et al. (2007) ainda apresentam três teorias para as diferenças entre os dois grupos no geral, e entre os subgrupos “profissionais” e “amadores”. A primeira teoria defende que a diferença auditiva se dá simplesmente pelo fato de que tocar um instrumento, ter uma educação musical implica em um aprimoramento da representação neural da altura fundamental de tons complexos, devido ao aprendizado induzido naquele indivíduo. Essa hipótese é a explicação de escolha dos autores. Embora existam muitos trabalhos que, de fato, deem suporte para adaptações funcionais que subsidiem o aprimoramento da representação neural com o treino musical, essa hipótese parece inválida frente ao resultado de preferência tonal dos músicos no trabalho de Schneider et al. (2005b). Em conjunto, os músicos de diversos instrumentos resultam num Δp médio muito próximo a zero, justamente por existirem instrumentistas sintéticos e instrumentistas analíticos. Seria importante que outros trabalhos replicassem o teste utilizado por Seither-Preisler et al. (2007) com músicos de instrumentos diferentes daqueles utilizados pelos autores.

Uma segunda hipótese seria que as diferenças decorrem de fatores genéticos/congênitos relacionados à aptidão musical, porém a autora demonstra ser uma teoria não consistente, pois segundo a mesma a aptidão musical não está exatamente relacionada com os fatores necessários para aprender um instrumento ou se tornar um musicista. Interessantemente, Kragness et al. (2021) argumentam em favor dessa hipótese ao verificar que as diferenças de competência musical em crianças são estáveis ao longo do tempo, mas pouco influenciadas pelo aprendizado musical. É importante distinguir que este resultado acessou funções executivas bastante específicas, mas não diferenças estruturais como em Hyde et al. (2009). Portanto, há evidência de que a música pode promover alterações previamente inexistentes.

Por último, Seither-Preisler et al. (2007) argumentam que a diferença na preferência tonal poderia se dar por variações na atenção dos indivíduos em relação ao som, assim, os músicos focaram sua atenção na fundamental relevante e não músicos nos atributos físicos imediatos desses sons. Essa é a mesma hipótese feita originalmente por Helmholtz (1895). É impossível defender apenas uma das hipóteses com base nos resultados do presente experimento. Assim como há defesas consistentes para cada uma das hipóteses

colocadas por Seither-Preisler et al. (2007), cada uma delas poderia ter contribuído de formas diferentes para as diferenças entre músicos e não-músicos no processamento dos tons ambíguos: os aspectos genéticos que poderiam gerar diferenças em A1 e, conseqüentemente, na capacidade de aprender um instrumento musical; as transformações por processos de neuroplasticidade que poderiam exacerbar ainda mais essas diferenças e, por fim, as diferenças de foco atencional, que também podem alterar a percepção dos tons e, por conseqüência, as respostas apresentadas aos pares de sons.

Nenhum controle específico foi feito a qualquer destes aspectos nos sujeitos participantes. Aspectos genéticos que influenciam a percepção de tons, especificamente de timbres, ainda são desconhecidos. Alterações estruturais e funcionais já são conhecidas e esperadas entre músicos com educação formal e já foram extensivamente relatadas. Alterações da representação cortical, por exemplo, são conhecidas há mais de vinte anos (Elbert et al., 1995; Pantev et al., 2001). E com relação ao nível atencional dos participantes, a atenção foi solicitada pelos experimentadores. Futuros trabalhos poderiam tentar modular níveis de atenção com base num teste concomitante, forçando divisão da atenção ou por simplesmente apresentar instruções diferentes aos participantes, para tentar avaliar se sujeitos atentos tendem ao processamento dos harmônicos e, sujeitos desatentos, à fundamental, como propõe Helmholtz (1895).

104

Uma amostra de músicos caracterizados como ouvintes sintéticos também pode ser encontrada no trabalho de Postma-Nilsenová e Postma (2013), embora a comparação entre músicos e não-músicos não tenha sido o foco do trabalho e nem exista menção aos instrumentos tocados pelos músicos na amostra. Os autores investigaram oitenta e oito sujeitos com os pares de tons complexos (semelhante a Schneider et al., 2005a, 2005b) e utilizaram inclusive o mesmo cálculo para o Δp . Os resultados apontam uma distribuição normal do índice de preferência de percepção tonal, com predominância de ouvintes sintéticos na amostra, incluindo cerca de metade que se autodeclararam músicos profissionais ou com alta proficiência musical. É notável, no entanto, que os autores definam participantes com $\Delta p=1$ como ouvintes sintéticos e, $\Delta p=-1$, como ouvintes analíticos. O motivo para a inversão do critério original de Schneider et al. (2005a) não é claro, ainda que a fórmula para o cálculo do Δp seja a mesma. Apesar da ausência de distinção entre músicos e não-músicos no trabalho de Postma-Nilsenová e Postma (2013), a predominância de ouvintes sintéticos, mesmo com metade dos participantes declarando alta proficiência musical, sugere resultados semelhantes aos da nossa amostra.

Em comparação aos trabalhos já citados, o presente trabalho difere ao investigar a preferência de percepção tonal em crianças, não em músicos profissionais com mais tempo de prática musical. Em maioria, os participantes são ouvintes sintéticos, em concordância aos trabalhos de Seither-Preisler et al. (2007) e Postma-Nilsenová e Postma (2013), mas diferindo especificamente dos músicos de instrumentos de corda investigados por Schneider (2005b). No entanto, estes autores reconhecem que a preferência de percepção tonal não é algo necessariamente fixo e sofre influência até de fatores o estilo de desempenho musical. Segundo eles, um pianista com $\Delta p < 0$ (sintéti-

co) pode preferir tocar seu instrumento com virtuosismo e padrões rítmicos complexos, enquanto um pianista com $\Delta p > 0$ (analítico) poderia preferir músicas mais lentas e se concentrar mais nos aspectos melódicos e do timbre na música.

Cabem, portanto, maiores investigações para a compreensão da variabilidade relacionada à preferência de percepção tonal e os efeitos provocados pelo treino musical nessa particularidade funcional. Importante ressaltar que os trabalhos de Schneider et al. (2005a, 2005b) permanecem como os únicos que constatarem uma distribuição binomial para o índice de preferência de percepção tonal.

Conclusão

Dessa forma, podemos afirmar que músicos e não-músicos de fato têm diferenças na percepção de tons complexos, com preferência de percepção tonal predominantemente como ouvintes sintéticos para os músicos da amostra selecionada, crianças ainda em educação musical formal em instrumentos de corda (violinistas). Além disso, todos os participantes distribuem-se de acordo com a curva normal ao longo do índice de percepção tonal, músicos ou não-músicos.

Referências

- Bendor, D., Osmanski, M. S., & Wang, X. (2012). Dual-pitch processing mechanisms in primate auditory cortex. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 32(46), 16149–16161. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2563-12.2012>
- Bendor D., Wang X. (2005). The neuronal representation of pitch in primate auditory cortex. *Nature*, 436(7054), 1161-5. <https://doi.org/10.1038/nature03867>
- Bengtsson, S. L., Nagy, Z., Skare, S., Forsman, L., Forssberg, H., & Ullén, F. (2005). Extensive piano practicing has regionally specific effects on white matter development. *Nature neuroscience*, 8(9), 1148–1150. <https://doi.org/10.1038/nn1516>
- Benner, J., Wengenroth, M., Reinhardt, J., Stippich, C., Schneider, P., & Blatow, M. (2017). Prevalence and function of Heschl's gyrus morphotypes in musicians. *Brain Structure and Function*, 222(8), 3587-3603. <https://doi.org/10.1007/s00429-017-1419-x>

- Beyer, E. (2014). Os múltiplos desenvolvimentos cognitivo-musicais e sua influência sobre a educação musical. *Revista da ABEM*, 2(2), 53-67
- Elbert, T., Pantev, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B., & Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science* (New York, N.Y.), 270(5234), 305–307. <https://doi.org/10.1126/science.270.5234.305>
- Figueiredo, S. L. F. (2012). A educação musical do século XX: os métodos tradicionais. Em: G. Jordão, R. R. Allucci, S. Molina & A. M. Terahata (Orgs.), *A música na escola*. São Paulo: Allucci & Associados Comunicações.
- Gaser, C., & Schlaug, G. (2003). Brain structures differ between musicians and non-musicians. *The Journal of Neuroscience*, 23(27), 9240-9245. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.23-27-09240.2003>
- Goss-Sampson, M. A. (2019). Statistical Analysis in JASP 0.10.2: A Guide for Students. <https://jasp-stats.org/jasp-materials/>
- Grégoire, L., & Poulin-Charronnat, B. (2019). Does a non-practiced cognitive automatism withstand the test of time? *Quarterly journal of experimental psychology* (2006), 72(12), 2865–2869. <https://doi.org/10.1177/1747021819879437>
- Groussard, M., Coppalle, R., Hinault, T., & Platel, H. (2020). Do Musicians Have Better Mnemonic and Executive Performance Than Actors? Influence of Regular Musical or Theater Practice in Adults and in the Elderly. *Frontiers in human neuroscience*, 14, 557642. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.557642>
- Helmholtz, H. L. F. (1895). *On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music* (traduzido por A. J. Ellis da edição alemã de 1877). London: Longmans, Green and Co.
- Hennessy, S. L., Sachs, M. E., Ilari, B., & Habibi, A. (2019). Effects of Music Training on Inhibitory Control and Associated Neural Networks in School-Aged Children: A Longitudinal Study. *Frontiers in neuroscience*, 13, 1080. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.01080>
- Ho, Y. C., Cheung, M. C., & Chan, A. S. (2003). Music training improves verbal but not visual memory: Cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology*, 17(3), 439–450. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.17.3.439>
- Honing, H., ten Cate, C., Peretz, I., & Trehub, S. E. (2015). Without it no music: cognition, biology and evolution of musicality. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 370(1664), 20140088. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0088>
- Hyde, K. L., Lerch, J., Norton, A., Forgeard, M., Winner, E., Evans, A. C., & Schlaug, G. (2009). Musical training shapes structural brain development. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 29(10), 3019–3025. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5118-08.2009>
- Ilari, B. (2003). A música e o cérebro: algumas implicações do neurodesenvolvimento para a educação musical. *Revista da ABEM* 11(9), 7-16.
- Kaviani, H., Mirbaha, H., Pournaseh, M., & Sagan, O. (2014). Can music lessons increase the performance of preschool children in IQ tests? *Cognitive Processing*, 15, 77–84, <https://doi.org/10.1007/s10339-013-0574-0>
- Kragness, H. E., Swaminathan, S., Cirelli, L. K., & Schellenberg, E. G. (2021). Individual differences in musical ability are stable over time in childhood. *Developmental Science*, 24(4), e13081. <https://doi.org/10.1111/desc.13081>
- Ladd, D. R., Turnbull, R., Browne, C., Caldwell-Harris, C., Ganushchak, L., Swoboda, K., ... & Dediu, D. (2013). Patterns of individual differences in the perception of missing-fundamental tones. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 39(5), 1386–1397. <https://doi.org/10.1037/a0031261>
- Levine, M. (2003). *Educação individualizada*. Rio de Janeiro: Campus,
- Møller, C., Garza-Villarreal, E. A., Hansen, N. C., Højlund, A., Bærentsen, K. B., Chakravarty, M. M., & Vuust, P. (2021). Audiovisual structural connectivity in

- musicians and non-musicians: a cortical thickness and diffusion tensor imaging study. *Scientific reports*, 11(1), 4324. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83135-x>
- Nan, Y., Liu, L., Geiser, E., Shu, H., Gong, C. C., Dong, Q., Gabrieli, J. D. E., & Desimone, R. (2018). Piano training enhances the neural processing of pitch and improves speech perception in Mandarin-speaking children. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(28). <https://doi.org/10.1073/pnas.1808412115>
- Olszewska, A. M., Gaca, M., Herman, A. M., Jednoróg, K., & Marchewka, A. (2021). How Musical Training Shapes the Adult Brain: Predispositions and Neuroplasticity. *Frontiers in neuroscience*, 15, 630829. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.630829>
- Pantev, C., Engelien, A., Candia, V., & Elbert, T. (2001). Representational cortex in musicians. Plastic alterations in response to musical practice. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930(1), 300–314. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb05740.x>
- Pederiva, P. L. M., & Tristão, R. M. (2006). Música e Cognição. *Ciências & Cognição*, 9, 83-90. Recuperado de <https://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/601>.
- Peretz, I., & Zatorre, R. J. (2005). Brain organization for music processing. *Annual review of psychology*, 56, 89–114. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070225>
- Plack, C. J. (2010). Musical consonance: the importance of harmonicity. *Current biology: CB*, 20(11), R476–R478. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.03.044>
- Postma-Nilsenová, M., & Postma, E. (2013). Auditory perception bias in speech imitation. *Frontiers in psychology*, 4, 826. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00826>
- Rus-Oswald, O. G., Benner, J., Reinhardt, J., Bürki, C., Christiner, M., Hofmann, E., ... & Blatow, M. (2022). Musicianship-Related Structural and Functional Cortical Features Are Preserved in Elderly Musicians. *Frontiers in aging neuroscience*, 14, 807971. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.807971>
- Samson, S. (2003). Neuropsychological studies of musical timbre. *Annals of the New York Academy of Sciences*. (999) 140-143. <https://doi.org/10.1196/annals.1284.016>
- Schellenberg, E. G. (2004). Music Lessons enhances IQ. *Psychological Science*. (15) 511-514. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2012.01217.x>
- Schlaug G. (2015). Musicians and music making as a model for the study of brain plasticity. *Progress in brain research*, 217, 37–55. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2014.11.020>
- Schneider, P., Sluming, V., Roberts, N., Scherg, M., Goebel, R., Specht, H. J., Dosch, H. G., Bleeck, S., Stippich, C., & Rupp, A. (2005a). Structural and functional asymmetry of lateral Heschl's gyrus reflects pitch perception preference. *Nature Neuroscience*, 8(9), 1241–1247. <https://doi.org/10.1038/nn1530>
- Schneider, P., Sluming, V., Roberts, N., Bleeck, S., & Rupp, A. (2005b). Structural, functional, and perceptual differences in Heschl's gyrus and musical instrument preference. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 387–394. <https://doi.org/10.1196/annals.1360.033>
- Seither-Preisler, A., Johnson, L., Krumbholz, K., Nobbe, A., Patterson, R., Seither, S., & Lütkenhöner, B. (2007). Tone sequences with conflicting fundamental pitch and timbre changes are heard differently by musicians and nonmusicians. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, 33(3), 743–751. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.3.743>
- Seither-Preisler, A., Parncutt, R., & Schneider, P. (2014). Size and synchronization of auditory cortex promotes musical, literacy, and attentional skills in children. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 34(33), 10937–10949. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5315-13.2014>

- Shettleworth, S. J. (2010) *Cognition, Evolution, and Behavior*. 2 ed. New York: Oxford University Press.
- Stalinski, S., & Schellenberg, E. G. (2012). Music Cognition: A Developmental Perspective. *Topics in Cognitive Science*, (4) 485–497. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2012.01217.x>
- Steele, C. J., & Zatorre, R. J. (2018). Practice makes plasticity. *Nature neuroscience*, 21(12), 1645–1646. <https://doi.org/10.1038/s41593-018-0280-4>
- Terhardt, E. (1974). Pitch, consonance, and harmony. *Journal of the Acoustical Society of America*, 55(5) 1061-1069. <https://doi.org/10.1121/1.1914648>
- Trehub, S. E., & Hannon, E. E. (2006). Infant music perception: domain-general or domain-specific mechanisms? *Cognition*, 100(1), 73-99. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.11.006>
- Vuvan, D. T., Simon, E., Baker, D. J., Monzingo, E., & Elliott, E. M. (2020). Musical training mediates the relation between working memory capacity and preference for musical complexity. *Memory & Cognition* 48, 972–981. <https://doi.org/10.3758/s13421-020-01031-7>
- Wang X. (2013). The harmonic organization of auditory cortex. *Frontiers in systems neuroscience*, 7, 114. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2013.00114>
- Zatorre R. J. (2003). Music and the brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, 4–14. <https://doi.org/10.1196/annals.1284.001>
- Zatorre, R. J. (2005). Finding the missing fundamental. *Nature* (436) 1093-1094. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0157-09.2009>
- Zoellner, S., Benner, J., Zeidler, B., Seither-Preisler, A., Christiner, M., Seitz, A., Goebel, R., Heinecke, A., Wengenroth, M., Blatow, M., & Schneider, P. (2019). Reduced cortical thickness in Heschl's gyrus as an in vivo marker for human primary auditory cortex. *Human brain mapping*, 40(4), 1139–1154. <https://doi.org/10.1002/hbm.24434>
- Zuk, J., & Andrade, P. E., Andrade, O. V. C. A., Gardiner, M., & Gaab, N. (2013) Musical, language, and reading abilities in early Portuguese readers. *Front. Psychol.* 4, 288. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00288>