

Músicos Adolescentes demonstraram melhor desempenho das Funções Executivas conforme exigência da tarefa?

Do Adolescent Musicians show better Executive Function performance as task complexity increases?

¿Músicos adolescentes demostraron mejor desempeño de funciones ejecutivas conforme dificultad de tarea?

Recebido: 13/01/2021 | Revisado: 17/01/2021 | Aceito: 19/01/2021 | Publicado: 23/01/2021

Ariel de Oliveira Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9749-1306>
Universidade Tuiuti do Paraná, Brasil
E-mail: arielogoncalves@hotmail.com

Carolina Lamonica Batista

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1948-2970>
Universidade Tuiuti do Paraná, Brasil
E-mail: lamonibatistacarolina@gmail.com

Gabriel Destro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0368-1329>
Universidade Tuiuti do Paraná, Brasil
E-mail: gabrieldestro97@hotmail.com

Everton Adriano De Moraes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8188-3121>
Universidade Tuiuti do Paraná, Brasil
E-mail: evrt.morais@gmail.com

Resumo

Tocar um instrumento musical pode melhorar o desempenho do indivíduo em outras atividades não relacionadas à música. A literatura atual sugere que as funções executivas (FEs), especialmente o controle inibitório, são responsáveis por este fenômeno. Entretanto, as evidências na área são mistas. Talvez devido à interferência de variáveis não previstas pelos designs de pesquisa. A atual pesquisa lidou com músicos adolescentes de desenvolvimento neurotípico, e usou o instrumento teste dos cinco dígitos (FDT, sigla em inglês). O teste FDT é do paradigma do teste Stroop, frequentemente utilizado nas pesquisas lidando com FEs e música, e mede a capacidade de controle inibitório. O FDT, entretanto, tem a vantagem de uma maior sensibilidade quanto à dificuldade (que é incremental) e o decorrer temporal (se os erros são cometidos na metade inicial ou final) da tarefa. Podendo assim levar em conta variáveis ainda não estudadas. O estudo foi transversal e realizado com 40 adolescentes (idade 14 – 17, M = 15) de um colégio particular de Curitiba. Dos quais 20 eram músicos (tocavam um instrumento ou mais) e 20 eram não músicos. Os resultados apontaram que não há diferença entre o desempenho dos dois grupos nas tarefas mais simples, que usam apenas processos automáticos. Entretanto, nas tarefas mais complexas, que demandam mais controle cognitivo consciente, os adolescentes músicos têm um desempenho melhor do que dos não músicos. Esta variável pode ser importante para explicar a discrepância na literatura, assim como guiar futuras pesquisas na área.

Palavras-chave: Funções Executivas; Musicalidade; Inibição.

Abstract

Playing a musical instrument may benefit the individual's skill in activities not linked to music. Current literature suggests that executive functions (EFs), especially inhibitory control, may be responsible for this phenomenon. However, evidence is still mixed. Maybe due to the interference of other variables, not accounted for by the studies design. This research was conducted with teenager musicians with neurotypical development, and used the five digits test (FDT). This test is within the Stroop paradigm, which is often used in researches dealing with EFs and music, and is able to measure inhibitory control. The FDT has the advantage, however, of a greater sensibility regarding the task's difficulty (which is incremental) and temporal development (if mistakes are made in the first of the final half). Thus, it can account for variables still not studied. This was a transversal study conducted with 40 teenagers (ages 14 – 17, M = 15.4 SD = .9, Median = 15) from a private school in Curitiba, Brazil. 20 of whom were musicians (played at least one instrument) and 20 were non-musicians. The results showed that there is no difference in their performance in simpler tasks, which use automatic processes only. Musicians have, however, a better performance in more complex tasks, which require more

from conscious cognitive control. This variable may be important in explaining the discrepancy in literature, as well as guiding future research.

Keywords: Executive Functions; Musicality; Inhibition.

Resumen

Tocar un instrumento musical puede mejorar el desempeño en otras actividades no relacionadas con la música. La literatura actual sugiere que las funciones ejecutivas (FEs), especialmente el control inhibitorio, son responsables de este fenómeno. La evidencia en el área es mixta. Quizás debido a la interferencia de variables no previstas. La investigación actual se centró en músicos adolescentes con desarrollo neurotípico y utilizó el instrumento de prueba de cinco dígitos (FDT). El FDT es del paradigma de Stroop, que se utiliza a menudo en la investigación que se ocupa de las FEs y la música, y mide la capacidad de control inhibitorio. El FDT, sin embargo, tiene la ventaja de una mayor sensibilidad con respecto a la dificultad (que es incremental) y el curso del tiempo (si se cometen errores en la mitad inicial o final) de la tarea. Pudiendo así tener en cuenta más variables. El estudio fue transversal, hecho con 40 adolescentes (14-17 años) de una escuela privada en Curitiba. De los cuales 20 eran músicos (tocaban un instrumento o más) y 20 eran no músicos. Los resultados mostraron que no existe diferencia entre el desempeño de los dos grupos en las tareas más simples, que utilizan solo procesos automáticos. Sin embargo, en las tareas más complejas, que exigen un control cognitivo más consciente, los músicos adolescentes se desempeñan mejor que los no músicos. Esta variable puede ser importante para explicar la discrepancia en la literatura, así como para orientar futuras investigaciones en el área.

Palabras clave: Funciones Ejecutivas; Musicalidad; Inhibición.

1. Introdução

Manusear um instrumento musical é uma tarefa complexa, que abrange e influencia diversas modalidades e funções cognitivas, gerando mudanças comportamentais, funcionais e estruturais (Herholz & Zatorre, 2012). Além do mais, pode ter um papel importante no desenvolvimento cognitivo e emocional do ser humano (Santos et al., 2020). Diversas tarefas complexas estão envolvidas no domínio de um instrumento, por exemplo, o ato de tocar um instrumento musical enquanto se faz a leitura de notas, prática comum para os instrumentistas, é uma tarefa visual e motora complexa, que demanda o trabalho conjunto de habilidades motoras e a integração de áreas multimodais do córtex (Meister et al., 2004). O treino necessário para o sucesso na execução de tarefas como esta resulta em mudanças funcionais, comportamentais e estruturais de longo prazo (Herholz & Zatorre, 2012).

As alterações positivas promovidas pelo treino musical aparentemente não estão restritas apenas ao contexto em que foram desenvolvidas, por exemplo o treino musical pode ser usado para a reabilitação de pacientes com alterações neurológicas (Rocha & Boggio, 2013). A influência das habilidades musicais pode ser transferida para outros contextos, o treino musical está relacionado, por exemplo, a uma maior inteligência em geral, e uma desempenho acima da média em habilidades cognitivas específicas em adultos, como demonstrado por Silva et al., (2016), e em crianças como demonstrado por estudo de Corrigan et al., (2013). Apesar da dificuldade de se estabelecer uma relação causal.

Benz et al., (2016) destacam que o treino musical aparenta estar relacionado a diversos benefícios cognitivos que não estão diretamente relacionados com as habilidades musicais, e que se estendem desde as funções executivas até a criatividade. Apesar de que, em alguns domínios, estes benefícios sejam aparentes apenas em tarefas relacionadas com processamento e percepção auditivas, e que fatores relativos ao experimento, designs e execução do estudo possam também agir como fatores de confusão, muitas vezes implicando os resultados dos experimentos (Benz et al., 2016).

Acredita-se que o melhor desempenho em certas tarefas cognitivas presente em músicos pode ser mediado pelas funções executivas (Moreno & Farzan, 2015). O grupo de processos denominados de funções executivas (também chamado controle cognitivo ou funções cognitivas) engloba a capacidade de exercer controle e regulação sob os processos cognitivos e a respostas comportamentais, podem ser separadas em três processos principais: inibição (e controle de interferência); memória de trabalho; e flexibilidade cognitiva (Diamond, 2013). A função de inibição envolve a capacidade de direcionamento da atenção e suprimir respostas comportamentais impulsivas em prol de uma resposta mais adequada para a tarefa em questão. A função da memória de trabalho envolve a capacidade de selecionar e modificar mentalmente informações relevantes para uma determinada tarefa

(Baddeley & Hitch, 1994). A flexibilidade cognitiva, por sua vez, envolve, entre outras funções, a capacidade de perceber mudanças nas demandas de uma tarefa, e de adequar a resposta comportamental de acordo com estas demandas, alternando entre diferentes regras de tarefas ou estados mentais distintos (Diamond, 2013).

Diversas capacidades que os músicos desenvolvem para alcançarem um bom desempenho em seus instrumentos são mediadas pelas funções executivas, a exemplo, a capacidade de alternar a atenção entre os diversos elementos simultâneos ao tocar em conjunto, e/ou a execução do instrumento, adequando sua resposta à padrões de ritmo e tonalidade, tarefas que demandam tanto controle inibitório como alternância (Jentsch, Mkrтчian, & Kansal, 2014; Slevc, Davey, Buschkuehl, & Jaeggi, 2016). É possível que as funções executivas desenvolvidas na performance musical sejam mediadoras da transferência de um maior desempenho cognitivo para outras áreas, incluindo um aumento na inteligência como um todo (Degé, Kubicek & Schwarzer, 2011).

Moreno e Farzan (2015) sugerem que o estudo do papel das FEs (funções executivas), em particular do controle inibitório, é um ponto chave para se compreender as mudanças comportamentais, amplas e duradouras, causadas pelo treino musical. Em seu modelo, propuseram que o controle inibitório é um mediador e modulador particularmente importante da transferência das habilidades adquiridas através do treino musical para os processos cognitivos em geral. A transferência das habilidades ocorreria quando certas outras tarefas usassem áreas em comum com aquelas empregadas e desenvolvidas treino musical, aumentando a eficácia e habilidade nesta tarefa secundária, ou “transferindo” os benefícios de uma tarefa (música) para a outra. As FEs em geral e o controle inibitório seriam em particular seriam o ponto em comum entre a música as outras tarefas cognitivas que sofrem influência desta, agindo através de um mecanismo de regulação top-down (Moreno e Farzan & 2015).

Os efeitos da musicalidade no controle inibitório parecem ambíguos. Vez que, enquanto alguns estudos não obtiveram resultados significativos ao examinar a capacidade de controle inibitório de crianças (Linnavalli, Putkinen, Lipsanen, Huotilainen, & Tervaniemi, 2018), adolescentes (Hunter, 2018), ou adultos (D’Souza, Moradzadeh & Wiseheart, 2018). Outros estudos encontraram uma capacidade de inibição mais desenvolvida em grupos de músicos ou que tinham recebido treinamento musical (Alain, Moussard, Singer, Bidelman & Moreno, 2019; Pongan et. al, 2017; Slater, Azem, Nicol, Swedenborg, & Kraus, 2017; Seinfeld, Figueroa, Ortiz-Gil, & Sanchez-Vives, 2013). A inconsistência na literatura pode indicar que algum fator esteja agindo como uma variável de confusão na avaliação da inibição em grupos de músicos ou em intervenções de treino musical, talvez relacionada ao desenho de estudo ou outras questões metodológicas das pesquisas.

Ademais, é possível que os efeitos da musicalidade variem de acordo com fatores inerentes aos grupos estudados, como a idade. Quando se trata de adolescentes, sabe-se que a música pode ter efeitos distintos na maturação neuronal, por exemplo, o treinamento musical pode afetar o desenvolvimento e plasticidade quando iniciado durante a adolescência, em aspectos como o desenvolvimento auditivo (Tierney, Krizman, & Kraus, 2015) e na maturação e tamanho cortical de áreas relacionadas com o planejamento motor e a coordenação, assim como na capacidade viso espacial e regulação tanto emocional quanto da impulsividade (Hudziak et al., 2014)

Os resultados podem ser generalizados através de distintas culturas. Num estudo transversal, com uma amostra brasileira, os adolescentes instrumentistas demonstraram melhores capacidades de raciocínio generalizado, tendo resultados superiores em todos os aspectos investigados (Gomes, 2012). O estudo longitudinal realizado com 2.914 crianças pré-adolescentes venezuelanos (idade seis – 14), demonstrou que um ano de treinamento musical aumentou o autocontrole e dificuldades comportamentais em geral (Alemán et al., 2017). Enquanto, em adolescentes, a performance em tarefas de processamento visual e auditivo também aparentam serem mais desenvolvidas em instrumentistas (Bugos & Mostafa, 2011). Ainda, o treinamento musical pode afetar o desenvolvimento e a plasticidade quando iniciado durante a adolescência, como demonstrado no estudo longitudinal com adolescentes escolares de Tierney et al., (2015).

Portanto, averigua-se que há um potencial na música não só como um recurso terapêutico, mas também como um

potencializador do desenvolvimento cognitivo, principalmente quando aplicado em crianças ou adolescentes. Também que há um possível papel das funções executivas, e, em particular, da função de controle inibitório na transferência das habilidades musicais para outros processos cognitivos. Se torna relevante estudar os efeitos da prática musical na capacidade de inibição. Assim como de explorar quais fatores podem explicar as discrepâncias nos achados encontrados na literatura quanto ao efeito da musicalidade, instrumentalidade e do treino musical na função executiva de inibição.

Atualmente, diversos estudos usam de testes neuropsicológicos, e em particular o teste de Stroop, para medir as funções executivas, e a inibição quando estudando os grupos de músicos, a exemplo Travis, Harung & Lagrosen (2011), Seinfeld et al., (2013), Alain et al., (2019). Devido às discrepâncias já existentes na literatura, o presente artigo se propôs a usar um teste do mesmo paradigma, e que mede as mesmas funções do que o teste Stroop, o teste dos cinco dígitos, ou five digit test (FDT), que, entretanto, tem uma dificuldade incremental. Sendo, portanto, sensível a variações no desempenho ao longo das tarefas. Ele também tem a vantagem de ser menos influenciado por fatores de linguagem, vez que usa números e quantidades ao invés de palavras e cores, e é capaz de identificar processos de leitura.

Através deste teste, se esperou obter dados exploratórios mais completos do que os atualmente disponíveis na literatura. Dados podem explicar a variação dos achados disponíveis. Ademais, a escolha da população investigada, de adolescentes em situação escolar, com desenvolvimento típico, delimita a pesquisa num contexto da música como uma ferramenta de desenvolvimento cognitivo num sentido mais amplo, não restrito a contextos terapêuticos ou de reabilitação.

Objetivou-se, portanto, comparar a influência da prática de instrumentos nas funções executivas de adolescentes, em específico a de inibição, mas também a de flexibilidade. Para isto foi realizado um estudo transversal, em dois grupos de adolescentes, um composto de instrumentistas, e ou outro de não instrumentistas, para comparar seu desempenho num teste do paradigma Stroop que se propõe a medir as funções executivas de inibição e flexibilidade, e a velocidade de processamento.

Levantou-se a hipótese de que adolescentes musicistas teriam um desempenho melhor do que adolescentes não musicistas na tarefa. Em análises secundárias, foi investigada a influência da musicalidade em cada uma das subtarefas do teste, e das duas metades de cada subtarefa. Com estas análises secundárias, houve a intenção de explorar efeitos da musicalidade nas tarefas conforme a dificuldade e o decorrer temporal das mesmas, ou seja, a variação da velocidade de execução e/ou os erros cometidos de acordo com: a) as demandas das tarefas; e b) ao longo das duas metades de uma mesma tarefa.

2. Metodologia

O estudo foi de caráter quantitativo, exploratório e transversal. A metodologia foi escolhida de acordo com os objetivos da pesquisa, conforme as recomendações de Pereira et. al (2018). O projeto de pesquisa passou pela aprovação do comitê de ética e os procedimentos de coleta de dados só se iniciaram após a mesma. As diretrizes éticas da Associação Americana de Psicologia e da declaração de Helsinque em relação à pesquisa com sujeitos humanos foram seguidas (*American Psychological Association*, 2017).

2.1 Critérios de inclusão

O critério de inclusão para o grupo dos instrumentistas foi a idade entre 14 a 17 anos, estar no ensino médio, ser instrumentista não profissional e tocar, ao menos, dois instrumentos musicais. Para o grupo não instrumentista, foram usados os mesmos critérios de idade e escolaridade, e, ainda, o gênero foi usado como critério de pareamento. Os adolescentes dos dois grupos eram estudantes de um colégio privado em Curitiba, Paraná.

2.2 Características dos participantes e procedimentos de amostragem

Todos os participantes e seus responsáveis legais foram contatados, e leram e concordaram com o termo de assentimento

e de consentimento livre e esclarecido, de acordo com os requisitos éticos de pesquisa. A amostra foi composta de 40 Brasileiros não-imigrantes, estudantes de um colégio particular, e faixa etária entre 14 a 17 anos ($M = 15,4$ $DP = .9$, $Mdn = 15$). Para a seleção dos participantes, foi realizado um questionário exploratório com todos os discentes do colégio, levantando dados acerca da quantidade de alunos que tocam algum instrumento, assim como qual e quantos instrumentos eram tocados e demais dados relacionados aos critérios de inclusão. Todos os participantes inquiridos aceitaram participar da pesquisa (100% de aderência).

De todos os estudantes avaliados no colégio, 80 estudantes tocavam ao menos um instrumento, dos quais 30 tocavam dois ou mais instrumentos. Destes 30 que tocavam, ao menos, dois instrumentos, eram selecionados, por ordem alfabética, até que o número de participantes daquela sessão (20) fosse alcançado. O mesmo número de alunos foi preenchido para o grupo controle, sendo pareados por gênero, e auto selecionados, de acordo com seu interesse de participar na pesquisa. Todos os participantes e seus responsáveis legais foram contatados, e leram e concordaram com o termo de assentimento e de consentimento livre e esclarecido, de acordo com os requisitos éticos de pesquisa.

2.3 Poder e tamanho de amostra

O número de participantes desejado era entre 50 (25 em cada grupo) e 126 (63 em cada grupo), para que fosse possível detectar um tamanho do efeito entre forte ($d = .8$) e médio ($d = .5$) num teste t de amostras independentes, de duas caudas, e poder preditivo de .8 em um nível de significância .05 (Cohen 1998). O número de participantes atingido foi 40 (20 em cada grupo), próximo ao limite inferior para um efeito forte. O número inicialmente designado não foi atingido por problemas de acesso à amostra, devido ao fechamento temporário do colégio entre duas visitas para a coleta, e eventual quebra do contrato de pesquisa, devido a pandemia do COVID-19. Porém, devido a uma não normalidade na distribuição dos dados, conforme explicado na sessão de Análise de Dados, o teste utilizado foi o Wilcoxon-Mann-Whitney, que consegue um valor próximo a $d = .8$ com uma amostra de 20 participantes em cada grupo. Portanto, para o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney, as análises estatísticas são capazes identificar um efeito forte ($d = .8$) para o ajuste dos parâmetros de significância em $p = .05$ e poder em $= .8$, conforme a recomendação de Cohen (1998).

2.4 Variáveis e instrumentos

Five Digits Test (FDT)

O FDT é uma tarefa numérica do paradigma do teste Stroop, dividido em quatro componentes. Cada componente é composto por uma ficha de 50 estímulos, e regras específicas. O score é calculado a partir da contagem do tempo e erros parciais (nos primeiros 25 estímulos) e totais (em todos os 50 estímulos) em cada um dos quatro componentes.

No primeiro componente (processos automáticos de leitura) e no segundo componente (processos automáticos de contagem), os participantes devem, respectivamente, identificar os números de 1 a 5 o mais rápido possível, e, no segundo, devem compreender e descrever, rapidamente, quantidades de 1 a 5, representadas através de asteriscos. Já as duas tarefas restantes, de processos controlados de escolha e alternância, são cognitivamente mais demandantes. A tarefa de escolha envolve o emprego da atenção seletiva, nela os participantes têm de ler a quantidade de números, mas não os números em si em cada estímulo. Por exemplo, um estímulo apresentaria quatro dígitos do número um, e o participante deveria inibir a resposta automática “um” e dizer “quatro”. A tarefa de alternância, por outro lado, requer que, a participante hora leia a quantidade de números no estímulo, ignorando qual número está escrito, e hora leia os números escritos, ignorando sua quantidade, variando de acordo com uma dica nos estímulos. Neste caso, um estímulo com bordas mais grossas marca que, nele, deve haver a “quebra” da regra estabelecida, no exemplo anterior, o participante deveria, neste estímulo em específico, responder “um” e não “quatro”, e então retornar ao padrão de respostas anterior para os estímulos sem a borda mais grossa.

2.5 Procedimentos

Depois do procedimento ético de assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, por parte dos participantes e responsáveis legais, se iniciou o processo de coleta de dados. As informações iniciais foram coletadas através de um questionário, nele se investigou a prática de instrumentos pelos participantes, incluindo a quantidade e quais instrumentos eram tocados, assim como dados de idade e gênero. Em seguida, em uma entrevista, foram levantados dados adicionais acerca de anos de estudo do(s) instrumento(s), rotina e tempo diário de estudo do instrumento, atividades praticadas fora do contexto escolar, e variáveis acerca do estudo acadêmico.

Para a aplicação do FDT, os alunos foram separados em grupos de três, e cada integrante da equipe de coleta aplicou o teste em um aluno de cada vez, segundo as instruções do manual. O tempo médio para cada aplicação foi de 45 minutos. Antes da aplicação do instrumento, eram feitas perguntas acerca da prática dos instrumentos, para confirmar os dados obtidos anteriormente, através do questionário.

2.6 Análise de dados.

Quanto ao tratamento dos dados, um diagnóstico informou que não havia respostas faltantes ou valores nulos. Foi tomada a decisão de não excluir pontos fora da curva, vez que não foi constatado que estes estariam interferindo com a qualidade dos dados, ou que poderiam ser resultados de um erro de aplicação ou tabulação. Portanto, não seria justificada a escolha de retirar ou remanejar essas observações, correndo o risco de alterar os dados. Nenhuma transformação matemática dos dados foi usada.

Os dados foram tabulados através do programa IMB SPSS Statistics 25 e analisados através do programa R Statistics (R version 3.5.2 (2018-12-20)). Foram realizados testes de normalidade de Shapiro & Wilk (1965) para cada uma das variáveis, separadamente, do grupo de instrumentistas e não instrumentistas, averiguando que a distribuição era, muitas vezes, significativamente ($p > .05$) diferente da distribuição normal. Para isto, o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney (Wilcoxon, 1992; Mann & Whitney, 1947) foi usado como uma alternativa que não assume normalidade, em contraste ao teste t, que pressupõe uma distribuição normal das médias, como proposto por Meier (2010). Os testes estatísticos usados foram derivados da versão base do R statistics.

A hipótese primária foi de que haveria um efeito significativo da variável ser ou não músico no desempenho do teste FDT. Se explorou também o desempenho dos dois grupos em cada tarefa do teste, a fim analisar a influência da prática musical em cada uma.

3. Resultados e Discussão

3.1 Resultados

Não houve dados faltantes. A média da idade dos participantes do grupo controle ($n=20$) foi 15.4 anos (DP 0.88), assim como a do grupo de instrumentistas ($n=20$), com média

15.4 (DP 0.94). No que diz respeito a anos de estudo, para o grupo controle, a média foi de 10.5 anos de estudo (DP 0.68), e para o grupo de músicos, média de 10.7 (DP 0.8).

A amostra de músicos relatou uma média de 63 minutos de prática diária do instrumento (DP 32 minutos). A prática do instrumento, relatada de acordo com a quantidade de meses que iniciou a prática regular do instrumento que manuseava a mais tempo, teve média de 42 meses (três anos e meio) de estudo, com desvio padrão de 31 meses ou dois anos e meio, com mínimo de cinco meses e máximo de 120 (10 anos) de prática do instrumento.

Tabela 1. Diferença do desempenho entre músicos e não músicos no teste FDT.

Escore	Média Músicos	Média Controle	Valor W	IC Baixo	IC Cima	Valor p.
P.A. Leitura Tempo Parcial	12.05	10.95	170	-3	1	0.42
P.A. Leitura Erros Parcial	0	0	200	0	0	NA
P.A. Leitura Tempo Total	24.85	22.55	180	-5	2.99	0.6
P.A. Leitura Erro Total	0	0	200	0	0	NA
P.A. Contagem Tempo Parcial	13.15	13.25	220	-1	2	0.59
P.A. Contagem Erros Parcial	0	0	200	0	0	NA
P.A. Contagem Tempo Total	26.75	27.55	237.5	-2	6	0.32
P.A. Contagem Erro Total	0	0.05	210	0	0	0.34
P.C. Escolha Tempo Parcial	17	18.30	252	-1	3	0.16
P.C. Escolha Erros Parcial	0.10	0.65	234	0	0	0.17
P.C. Escolha Tempo Total	36.35	39.05	249.5	-1	7	0.18
P.C. Escolha Erro Total	0.05	0.45	251	0	0	0.04
P.C. Alternância Tempo Parcial	21.15	25.35	274.5	0	8	0.04
P.C. Alternância Erros Parcial	0	0.85	290	0	1	0.01
P.C. Alternância Tempo Total	44.70	52.10	272.5	0	14	0.05
P.C. Alternância Erro Total	0.15	0.75	246.0	0	0	0.10
Inibição	68.30	53.00	139.0	-25.00	0	0.09
Flexibilidade	65.75	53.00	135.5	-45.00	0	0.07

Nota. Diferença das médias e teste de Wilcoxon-Mann-Whitney para as variáveis medidas pelo teste FDT em relação a músicos e não músicos. PA = processos automáticos. PC = processos controlados. IC = Intervalo de confiança. Em negrito, os itens que demonstraram significância estatística para $p > 0.05$ ou tendência à significância com $p = 0.05$. Os testes são enumerados em ordem de aplicação, sendo que os últimos são os de maior dificuldade (com exceção das variáveis inibição e flexibilidade, que são um quociente baseado nas tarefas representadas nas linhas anteriores). Fica claro que a diferença do desempenho dos músicos é mais perceptível nas últimas tarefas (mais complexas). Fonte: Autores.

Para avaliar se o desempenho dos não instrumentistas era ou não menor do que o desempenho dos instrumentistas, foi realizado um teste de comparação de médias de Wilcoxon-Mann-Whitney de duas caudas, sendo calculados também o valor p e o intervalo de confiança de 95%. O grupo de tarefas que demonstrou maior significância estatística foi a de processos controlados: alternância. Um valor menor do que $p = .05$ foi encontrado para apenas um escore de tarefas que não fossem processos controlados de alternância, em processos controlados de escolha, porém, seu intervalo de confiança [0 – 0] não demonstra que a diferença das médias seja relevante. Nas atividades que demandavam processos controlados alternância, três dos quatro escores tiveram um p igual ou menor a .05, enquanto o escore “tempo total”, foi a única exceção, com um valor $p = .1$.

Dentre os três escores que mensuram processos controlados de alternância, têm-se que tanto o tempo individual das tarefas “processos controlados tempo 1/2” quanto o tempo total “processos controlados tempo” ($p = .04$ e $p = .05$, respectivamente), atingiram uma significância estatística ou uma significância limítrofe. Nos dois casos a média da diferença de

tempo do grupo controle em relação aos instrumentistas teve um intervalo de confiança cuja extremidade inferior era pouco maior do que zero (0 – 8 e 0 – 14), indicando que são relevantes. Enquanto a quantidade de erros obteve uma significância alta e intervalo de confiança com a extremidade inferior levemente acima de zero ($p = .001$ [IC = 0, 1]). Tais valores, em conjunto com o valor da extremidade superior, indicam uma diferença na média do número de erros entre os dois grupos com alta probabilidade de ser verdadeira, e que não instrumentistas tem chances maiores de cometerem exatamente um erro do que os instrumentistas nesta tarefa específica.

Não foram encontradas diferenças significativas entre as médias dos dois grupos em nenhuma outra tarefa avaliada: processos automáticos leitura, processos automáticos contagem ou processos controlados escolha. Porém, no escore que mede a capacidade de inibição e flexibilidade, apesar dos valores p que apenas apresentam uma tendência à significância ($p = .09$ e $.07$, respectivamente), o intervalo de confiança de ambos os constructos não cruzava o zero [IC = -25, 0 e -45,0]. Tal resultado demonstra que, mesmo com um $p > .05$, é possível que não instrumentistas tenham, em média, um desempenho mais baixo do que instrumentistas em tarefas que demandem de inibição e de flexibilidade.

4. Discussão

Não houve relevância estatística na diferença entre os grupos nos dois primeiros tipos de tarefas: processos automáticos leituras e processos automáticos de contagem. Estes dois itens requerem processos simples e automáticos, sendo tarefas de nomeação de dígitos ou contagem de asteriscos, sem necessidade de emprego de esforço intencional. Entretanto, os itens de: “processos controlados de alternância” e “processos controlados de escolha”, requerem um desprendimento progressivamente maior de controle cognitivos e utilização de recursos mentais superiores. O último destes grupos de tarefas, que avaliava a alternância, demonstrou uma significância estatística e intervalo de confiança significativo no desempenho de não-instrumentistas comparado com o de instrumentistas. Ou seja, a diferença de desempenho apareceu conforme as tarefas demandavam mais cognitivamente.

Uma significância estatística já começou a ser apresentada na terceira tarefa, que introduz a necessidade de um controle atencional maior, ao requerer a manutenção da atenção na contagem dos números, e compensação pela interferência da leitura (por exemplo, contar quantos números “4” aparecem em um estímulo ao invés de fazer a leitura e responder “quatro”). Esta diferença entre os grupos emerge com mais evidência quando se analisa os resultados da quarta tarefa, na qual a demanda cognitiva se torna ainda maior. Os adolescentes instrumentistas não só tiveram significativamente menos erros (na primeira parte da tarefa), como também foram significativamente mais rápidos do que os do grupo controle na tarefa de alternância. Nela, a regra cognitiva estabelecida na tarefa anterior tem de ser quebrada de acordo com uma indicação visual do estímulo, e depois retomada, na ausência desta indicação visual. Neste caso, a média de erros cometidos nos primeiros 25 itens e tempo utilizado para execução da tarefa, tanto na primeira metade quanto no total, foram maiores no grupo de não-instrumentistas (indicando um desempenho pior do que o dos instrumentistas).

Primeiramente, percebe-se um padrão em relação à dificuldade da tarefa e a diferença obtida entre os dois grupos: quanto maior a dificuldade e mais cognitivamente demandante foi a tarefa, melhor foi a execução dos instrumentistas em relação ao grupo controle. O que pode indicar que a diferença entre os grupos talvez só seja perceptível em tarefas mais complexas, em contrapartida, é possível que o efeito seja apenas perceptível em tarefas específicas, neste caso, uma tarefa que demandava um controle consciente de inibição e de flexibilidade. A tarefa de alternância demanda, ainda, uma mobilização intencional da atenção, e um maior emprego das funções executivas, ao alternar entre as regras e inibir respostas involuntárias.

Ademais, o intervalo de confiança da diferença média do tempo entre os dois grupos foi maior quando se considerava todos os 50 itens ao invés de apenas os primeiros 25. O que indica uma que os adolescentes instrumentistas eram capazes de manter uma velocidade de processamento melhor ao longo da tarefa, e não apenas em sua fase inicial. Entretanto, tiveram

significativamente menos erros apenas na primeira metade da tarefa. O que pode indicar uma tendência dos instrumentistas de serem mais rápidos neste tipo de tarefa como um todo, mas que seu desempenho quanto a erros cometidos pode ser apenas melhor no início da tarefa. Tal resultado apontaria para um efeito da musicalidade nas funções executivas apenas no que diz respeito a se adaptar mais rapidamente às tarefas, e ter mais velocidade ao executá-las, mas não, necessariamente, de que os músicos terão um escore maior ao longo da tarefa se ela for prolongada.

A diferença nos escores de inibição e flexibilidade não obteve significância estatística, mas ambos estiveram próximos à significância ($p < .10$), e seus intervalos de confiança não atravessavam zero nem em inibição [IC = -25, 0] ou em flexibilidade [-45,0]. Um indício da possível existência de um efeito relacionado a ser ou não instrumentistas em relação ao escore, que a quantidade de participantes deste estudo pode ter sido demasiada pequena para detectar um efeito em significância de $p < .05$. Tal relação é provável, vez que as funções executivas de inibição e flexibilidade são a principal demanda da última tarefa, na qual os instrumentistas tiveram um desempenho melhor tanto em questão de erros cometidos como tempo usado.

Enquanto é possível que haja uma diferença na capacidade de flexibilidade de músicos (Scheurich Zamm & Palmer, 2018), estudos longitudinais, que mediram o efeito do treinamento musical em crianças e adultos, não reportaram uma diferença na capacidade de inibição (Alain et al., 2019; Guo, Ohsawa, Suzuki, & Sekiyama, 2018). Porém, ambos os estudos de intervenção foram feitos em períodos curtos, um com 6 e o outro com 12 semanas de duração. Enquanto, em nossa amostra, os adolescentes praticavam, ao menos dois instrumentos musicais, a mais tempo, sendo que a média de tempo de prática para a amostra de instrumentistas foi de três anos e cinco meses. Por exemplo, um destes estudos (Guo et al., 2018), realizado com 20 crianças entre 6 e 8 anos, usou uma tarefa demasiadamente simples, que atingiu um efeito teto tanto para o grupo controle quanto para o grupo experimental. O que compromete o achado negativo, ainda mais pelo fato da hipótese levantada no presente estudo, de que um efeito maior entre os grupos talvez só seja alcançado em tarefas que demandem um maior controle inibitório, enquanto, uma tarefa suscetível a um efeito teto mesmo para um grupo controle, naturalmente não apresentaria uma dificuldade suficiente.

Enquanto o estudo de Alain et al., (2019), realizado com 15 participantes adultos sujeitos a um treinamento musical de 12 meses, utilizou o teste Stroop (com dificuldade similar à teste FDT). Seus resultados também demonstraram uma resposta mais rápida na tarefa, que perdurou após mais 12 semanas após a conclusão do treinamento, porém, não obteve significância estatística quanto aos erros cometidos. Ressalta-se, entretanto, que o número de participantes também era pequeno, e que receberam 3 horas semanais de treinamento musical por 12 semanas (36h no total). O relativo pouco tempo de prática pode explicar a ausência da diminuição esperada nos erros mensurados com o teste Stroop.

Alternativamente, conforme chamam a atenção Sala & Gobet (2017), a falta de um efeito nos estudos longitudinais, em contraposição com um efeito nos estudos transversais pode indicar uma correlação não causal entre esta função executiva e o treinamento musical. Sua revisão propõe que não é o fato de que indivíduos que praticam música tem um desenvolvimento cognitivo que permite a transferência longínqua das habilidades adquiridas ao tocar um instrumento que leva às habilidades, aparentemente, mais desenvolvidas, mas que indivíduos que já tem certas capacidades cognitivas acima da média acabam sendo músicos. Entretanto, existem evidências da influência positiva da aplicação de treinamento musical no desenvolvimento da memória de trabalho e outras funções cognitivas, conforme demonstrado por diversos estudos longitudinais, examinando os participantes antes e depois da aplicação de diferentes programas de treinamento musical, dos quais, mais recentes, se destacam Degé & Kerkovius (2018), Alain et al., (2019) e Guo et al., (2018), e Barbaroux, Dittinger, & Besson (2019).

Ainda, um outro estudo transversal, realizado por D'Souza et al., (2018) não encontrou diferença significativa no escore em tarefas que demandavam controle inibitório. O teste, realizado com adultos músicos e não músicos e bilíngues e não bilíngues demonstrou uma tendência a significância no teste Stroop entre músicos e não músicos, entretanto, a magnitude do efeito era pequena. Dentro dos relatos contraditórios com os resultados do estudo que foram apresentados, este tem mais relevância, vez que o teste utilizado era o paradigma original do FDT, portanto examina constructos similares, e com uma dificuldade

comparável, também tinha uma amostra de 64 não músicos e 81 músicos. Entretanto, a análise da pesquisa foi realizada levando em conta a soma total do escore do teste Stroop, sem levar em consideração as variações conforme o nível de dificuldade da tarefa. De forma que o resultado, que apenas tende à relevância, reportado em D'Souza et al., (2018) poderia ser devido ao tratamento indiscriminado dos dados ao invés de uma separação para análise, de acordo com a dificuldade das tarefas do Stroop utilizadas.

5. Conclusão

Os adolescentes instrumentistas tiveram um desempenho maior no teste FDT do que o grupo controle. Esta é uma versão numérica do teste Stroop, que demanda as funções executivas de inibição e flexibilidade, na qual os músicos cometeram menos erros e foram mais rápidos do que os não instrumentistas. Entretanto, essa diferença de performance apenas foi significativa nas tarefas mais complexas do teste, não sendo apresentada nas tarefas mais simples. Levanta-se a hipótese de que a transferência das habilidades adquiridas através do treino musical para as funções de inibição e flexibilidade apenas sejam observáveis em tarefas mais exigentes, e não em tarefas mais simples.

Este achado se torna relevante para outras pesquisas que estudam a influência da musicalidade em outros processos cognitivos, pois chama a atenção para o fato de que a dificuldade da tarefa pode influenciar na diferença de desempenho entre os grupos de estudo e controle. Assim, se torna relevante levar em conta este fator ao desenhar estudos futuros que estudem construtos similares nesta população. Cabe, ainda, compreender se o efeito achado no estudo se manterá em replicações deste estudo, assim como estudos similares testando a influência da música em outras funções cognitivas e/ou em outras faixas etárias.

O principal problema metodológico com a presente pesquisa foi um número relativamente pequeno de participantes, que levou a uma análise de dados usando um teste não paramétrico. Também devido ao tamanho reduzido da amostra, apenas era possível identificar efeitos fortes entre os grupos, o que pode ter levado a falsos negativos. Um estudo com um número maior de participantes pode permitir uma análise estatística e resultados mais acurados, assim como maior poder de predição em relação à população. Ademais, o estudo não foi de caráter longitudinal/experimental, portanto, não é possível afirmar causalidade.

Recomenda-se que futuras pesquisas similares usem amostras maiores, que tenham mais poder e sensibilidade. Também seria de valia a realização de pesquisas longitudinais e experimentais, em contraste com a atual, que usou um método transversal. Tais modelos são mais robustos por terem a capacidade de inferir causalidade e não apenas correlação. Nestes, recomenda-se avaliar a influência da função executiva de inibição na transferência de habilidades treinadas com o desenvolvimento musical. Comparando-a com outras funções executivas e habilidades intermediárias, que possam ser responsáveis pelo efeito da generalização. Para as futuras pesquisas que estejam comparando o desempenho de músicos com não-músicos em tarefas cognitivas, é extremamente relevante levar em conta o fator da complexidade da tarefa. Conforme demonstrado pela atual pesquisa, esta é uma variável do instrumento de medida que pode ter uma influência direta no resultado final da pesquisa, e que costuma passar despercebida.

Agradecimentos

Agradecemos aos professores Murilo Ricardo Zibetti, Everton de Moraes e Carlos Aznar Blefari pelo apadrinhamento no mundo científico. Também aos esforços de Alexandra Elbakyan pela tarefa altruística de derrubar as barreiras no caminho do conhecimento.

Referências

Alain, C., Moussard, A., Singer, J., Lee, Y., Bidelman, G. M., & Moreno, S. (2019). Music and Visual Art Training Modulate Brain Activity in Older Adults. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 182. doi: 10.3389/fnins.2019.00182

- Alemán, X., Duryea, S., Guerra, N. G., McEwan, P. J., Muñoz, R., Stampini, M., & Williamson, A. A. (2017). The Effects of Musical Training on Child Development: A Randomized Trial of El Sistema in Venezuela. *Prevention Science*, 18(7), 865–878. doi: 10.1007/s1121-016-0727-3
- American Psychological Association. (2017). Ethical principles of psychologists and code of conduct (2002, amended effective June 1, 2010, and January 1, 2017). <http://www.apa.org/ethics/code/index.html>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8(4), 485–493. doi: 10.1037/0894-4105.8.4.485
- Barbaroux, M., Dittinger, E., & Besson, M. (2019). Music training with Démos program positively influences cognitive functions in children from low socio-economic backgrounds. *PLOS ONE*, 14(5), e0216874. doi: 10.1371/journal.pone.0216874
- Benz, S., Sellaro, R., Hommel, B., & Colzato, L. S. (2016). Music Makes the World Go Round: The Impact of Musical Training on Non-musical Cognitive Functions—A Review. *Frontiers in Psychology*, 6, 2023. doi: 10.3389/fpsyg.2015.02023
- Bugos, J., & Mostafa, W. (2011). Musical Training Enhances Information Processing Speed. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, (187), 7–18. Recuperado de JSTOR.
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York, NY: Taylor & Francis.
- Corrigan, K., Schellenberg, E. G., & Misura, N. (2013). Music Training, Cognition, and Personality. *Frontiers in Psychology*, 4, 222. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00222
- Degé, F., & Kerkovius, K. (2018). The effects of drumming on working memory in older adults. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1423(1), 242–250. doi: 10.1111/nyas.13685
- Degé, F., Kubicek, C., & Schwarzer, G. (2011). Music lessons and intelligence: A relation mediated by executive functions. *Music Perception*, 29(2), 195–201. doi: 10.1525/mp.2011.29.2.195
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750
- D'Souza, A. A., Moradzadeh, L., & Wiseheart, M. (2018). Musical training, bilingualism, and executive function: Working memory and inhibitory control. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 3(1), 11–11. doi: 10.1186/s41235-018-0095-6
- Gomes, S. M. (2012). Benefícios cognitivos do treino musical em jovens (Dissertação de mestrado, Universidade da Beira Interior). <http://hdl.handle.net/10400.6/2647>
- Guo, X., Ohsawa, C., Suzuki, A., & Sekiyama, K. (2018). Improved Digit Span in Children after a 6-Week Intervention of Playing a Musical Instrument: An Exploratory Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Psychology*, 8, 2303–2303. doi: 10.3389/fpsyg.2017.02303
- Herholz, S. C., & Zatorre, R. J. (2012). Musical Training as a Framework for Brain Plasticity: Behavior, Function, and Structure. *Neuron*, 76(3), 486–502. doi: 10.1016/j.neuron.2012.10.011
- Hudziak, J. J., Albaugh, M. D., Ducharme, S., Karama, S., Spottswood, M., Crehan, E., ... Botteron, K. N. (2014). Cortical Thickness Maturation and Duration of Music Training: Health-Promoting Activities Shape Brain Development. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 53(11), 1153–1161.e2. doi: 10.1016/j.jaac.2014.06.015
- Hunter, L. (2018). Musical Instrument Education and Inhibitory Control in Adolescent Youth (Dissertação de mestrado, Goucher College). <http://hdl.handle.net/11603/10995>
- Jentsch, I., Mkrtrchian, A., & Kansal, N. (2014). Improved effectiveness of performance monitoring in amateur instrumental musicians. *Neuropsychologia*, 52, 117–124. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2013.09.025
- Linnavalli, T., Putkinen, V., Lipsanen, J., Huotilainen, M., & Tervaniemi, M. (2018). Music playschool enhances children's linguistic skills. *Scientific Reports*, 8(1), 8767. doi: 10.1038/s41598-018-27126-5
- Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. *Ann. Math. Statist.*, 18(1), 50–60. doi: 10.1214/aoms/117730491
- Meier, U. (2010). Nonparametric equivalence testing with respect to the median difference. *Pharmaceutical Statistics*, 9(2), 142–150. doi: 10.1002/pst.384
- Meister, I. G., Krings, T., Foltys, H., Borojerd, B., Müller, M., Töpfer, R., & Thron, A. (2004). Playing piano in the mind—An fMRI study on music imagery and performance in pianists. *Cognitive Brain Research*, 19(3), 219–228. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2003.12.005
- Moreno, S., & Farzan, F. (2015). Music training and inhibitory control: A multidimensional model. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), 147–152. doi: 10.1111/nyas.12674
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Retirado de: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1
- Pongan, E., Tillmann, B., Leveque, Y., Trombert, B., Getenet, J. C., Auguste, N., ... Rouch, I. (2017). Can Musical or Painting Interventions Improve Chronic Pain, Mood, Quality of Life, and Cognition in Patients with Mild Alzheimer's Disease? Evidence from a Randomized Controlled Trial. *Journal of Alzheimer's Disease*, 60(2), 663–677. doi: 10.3233/JAD-170410
- Rocha, V. C. da, & Boggio, P. S. (2013a). A música por uma óptica neurocientífica. *Per Musi*, 132–140.
- Sala, G., & Gobet, F. (2017). Does Far Transfer Exist? Negative Evidence from Chess, Music, and Working Memory Training. *Current Directions in Psychological Science*, 26(6), 515–520. doi: 10.1177/0963721417712760

- Santos, GLS, Carvalho, ET & Selva, O. (2020). Music in early childhood education as a tool in child's cognitive development. *Research, Society and Development*, 9(7): 1-14, e460974259 doi: 10.33448/rsd-v9i7.4259
- Scheurich, R., Zamm, A., & Palmer, C. (2018). Tapping into Rate Flexibility: Musical Training Facilitates Synchronization Around Spontaneous Production Rates. *Frontiers in Psychology*, 9, 458. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00458
- Seinfeld, S., Figueroa, H., Ortiz-Gil, J., & Sanchez-Vives, M. (2013). Effects of music learning and piano practice on cognitive function, mood and quality of life in older adults. *Frontiers in Psychology*, 4, 810. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00810
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591–611. doi: 10.2307/2333709
- Slater, J., Azem, A., Nicol, T., Swedenborg, B., & Kraus, N. (2017). Variations on the theme of musical expertise: Cognitive and sensory processing in percussionists, vocalists and non-musicians. *European Journal of Neuroscience*, 45(7), 952–963. doi: 10.1111/ejn.13535
- Slevc, L. R., Davey, N. S., Buschkuehl, M., & Jaeggi, S. M. (2016). Tuning the mind: Exploring the connections between musical ability and executive functions. *Cognition*, 152, 199–211. doi: 10.1016/j.cognition.2016.03.017
- Tierney, A. T., Krizman, J., & Kraus, N. (2015). Music training alters the course of adolescent auditory development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(32), 10062. doi: 10.1073/pnas.1505114112
- Wilcoxon, F. (1992). Individual Comparisons by Ranking Methods. In S. Kotz & N. L. Johnson (Orgs.), *Breakthroughs in Statistics: Methodology and Distribution* (p. 196–202). doi: 10.1007/978-1-4612-4380-9_16