

Efeito imediato da música na aprendizagem motora em crianças neurotípicas: ECR

Immediate effect of music on motor learning in neurotypical children: RCT

Efecto inmediato de la música en el aprendizaje motor en niños neurotípicos: ECR

Ana Flávia Felicioni de Oliveira¹, Grazielle Fonseca²,
Tales Andrade Pereira³, Mônica Cássia Bernardo de Souza⁴,
Lívia Maria Ribeiro Rosário⁵, Adriana Teresa Silva Santos⁶,
Luciana Maria dos Reis⁷

1. Discente do curso de Fisioterapia, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas-MG, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-6101-6071>

2. Discente do curso de Fisioterapia, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas-MG, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-8555-4268>

3. Fisioterapeuta, Mestre, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas-MG, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5867-7995>

4. Fisioterapeuta, Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas-MG, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6687-3718>

5. Fisioterapeuta, Mestre, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas-MG, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9119-1281>

6. Fisioterapeuta, Doutora, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas-MG, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9959-3269>

7. Fisioterapeuta, Doutora, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas-MG, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0672-7804>

Resumo

Introdução. A música é capaz de gerar interações auditivo-motoras no cérebro de quem a executa e também de quem a ouve, facilitando o aprendizado. Nesse aspecto, o teste de trilhas permite acompanhar a aquisição de uma habilidade motora. **Objetivo.** Este estudo avaliou o efeito da música em crianças submetidas a aprendizagem motora em dispositivo móvel.

Método. Estudo Controlado Randomizado cego e com seguimento Follow-up; com uma amostra de 52 crianças com idade entre 8 e 10 anos, ambos os sexos, destros, sem comprometimento neuropsicomotor, sem experiência com a tarefa. Foi utilizado o teste de trilhas adaptado para a versão digital, com 08 ambientes, na intervenção - associado à composição de Mozart intitulada Sonata para dois pianos (8 minutos e 42 segundos) - duas repetições do teste e intervalo de um minuto entre elas no Grupo experimental com música e grupo controle sem música; E na reavaliação após uma semana de intervalo. **Resultados.** O teste de Mann-Whitney mostrou redução significativa no tempo de execução e número de erros em ambos os grupos (pré x pós). Houve uma tendência à redução de erros em todas as trilhas executadas com música em comparação ao sem música. Houve redução significativa na trilha 8, em que o ambiente é invertido e espelhado.

Conclusão. O trabalho evidenciou que a música pode influenciar de forma direta na aprendizagem motora em crianças e o instrumento permite auxiliar em futuras pesquisas na área de aprendizagem motora, reabilitação e educação.

Unitermos. Destreza Motora; Dispositivo Móvel; Música; Testes de memória e aprendizagem; Reabilitação

Abstract

Introduction. Music is able to generate auditory-motor interactions in the brain of those who perform it and also those who listen to it, facilitating learning. In this respect, the trail test

allows you to monitor the acquisition of a motor skill. **Objective.** This study evaluated the effect of music on children undergoing motor learning on a mobile device. **Method.** Blinded Randomized Controlled Study with Follow-up; With a sample of 52 children aged between 8 and 10 years, both sexes, right-handed, without neuropsychomotor impairment, without experience with the task. The trail test adapted for the digital version was used, with 08 environments, in the evaluation; in the intervention - associated with the Mozart composition entitled Sonata for two pianos (8 minutes and 42 seconds) - two repetitions of the test and a one-minute interval between them in the experimental group with music and the control group without music; And on reassessment after a week break. **Results.** The Mann-Whitney test showed a significant reduction in execution time and number of errors in both groups (pre x post). There was a trend of error reduction in all tracks played with music compared to without music. There was a significant reduction in track 8, where the environment is inverted and mirrored. **Conclusion.** The work showed that music can directly influence motor learning in children and the instrument helps in future research in the area of motor learning, rehabilitation and education.

Keywords. Motor Skills; Mobile device; Music; Memory and learning tests; Rehabilitation

Resumen

Introducción. La música es capaz de generar interacciones auditivo-motoras en el cerebro de quienes la ejecutan y también de quienes la escuchan, facilitando el aprendizaje. En este sentido, el trail test permite realizar un seguimiento de la adquisición de una habilidad motriz.

Objetivo. Este estudio evaluó el efecto de la música en niños que experimentan aprendizaje motor en un dispositivo móvil. **Método.** Estudio controlado aleatorizado ciego con seguimiento follow up; Con una muestra de 52 niños con edades comprendidas entre 8 y 10 años, de ambos sexos, diestros, sin afectación neuropsicomotora, sin experiencia en la tarea. Se utilizó el test de trail adaptado para la versión digital, con 08 ambientes, en la evaluación; en la intervención - asociada a la composición de Mozart titulada Sonata para dos pianos (8 minutos y 42 segundos) - dos repeticiones del ensayo y un intervalo de un minuto entre ellas en el grupo experimental con música y el grupo control sin música; Y en la reevaluación después de un descanso de una semana. **Resultados.** La prueba de Mann-Whitney mostró una reducción significativa en el tiempo de ejecución y número de errores en ambos grupos (pre x post). Hubo una tendencia hacia la reducción de errores en todas las pistas reproducidas con música en comparación con sin música. Hubo reducción significativa en la pista 8, donde el entorno está invertido y reflejado. **Conclusión.** El trabajo demostró que la música puede influir directamente en el aprendizaje motor de los niños y el instrumento ayuda en futuras investigaciones en el área del aprendizaje motor, la rehabilitación y la educación.

Palabras clave. Destreza Motora; Dispositivo móvil; Música; Pruebas de memoria y aprendizaje; Rehabilitación

Trabalho realizado na Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). Alfenas-MG, Brasil.

Conflito de interesse: não

Recebido em: 21/07/2023

Aceito em: 06/12/2023

Endereço para correspondência: Luciana Maria dos Reis. Universidade Federal de Alfenas. Av. Jovino Fernandes Salles 2600. Santa Clara. Alfenas- MG, Brazil. CEP 37130-000. Email: reislucianamaria@gmail.com

INTRODUÇÃO

A música é a combinação de sons rítmicos, harmônicos e melódicos, utilizada por muitos povos ao longo da história¹. O uso da música como recurso dentro de uma abordagem terapêutica melhora a relação de comunicação, expressão, organização, aprendizagem e mobilização, atingindo melhor

efeito terapêutico no sentido de alcançar necessidades físicas, emocionais, mentais, sociais e cognitivas².

Um aspecto importante da música, tanto em sua percepção quanto em sua produção, é a capacidade de gerar interações auditivo-motoras no cérebro de quem executa e de quem ouve³. A música conecta aspectos motores e cognitivos, facilita o aprendizado e proporciona experiências emocionais⁴.

No estudo de Vogt *et al* (2007)⁵ os resultados indicaram que tanto na audição quanto na execução de música os córtices auditivos e motor são recrutados. O interessante desse dado é que, mesmo somente ouvindo música, sem executar qualquer tarefa motora, o córtex motor é recrutado. Além disso, apesar de diferenças na intensidade do recrutamento de áreas entre os dois grupos, tanto músicos quanto não músicos obtiveram o mesmo tipo de recrutamento. Isso indica que a interação auditivo-motora não está restrita a pessoas com prática musical, sendo esta prática relacionada somente à intensidade desse fenômeno⁵.

A aprendizagem motora pode ser definida como a capacidade do indivíduo em desempenhar uma habilidade motora induzindo melhora relativamente permanente no desempenho, devido à prática ou à experiência^{6,7}, sendo a melhora do desempenho a cada tentativa e a retenção após um intervalo de tempo⁷.

O processo de aprendizagem motora caracteriza-se por mudança de comportamento pelo qual o aprendiz passa de uma fase inicial para uma fase final. Um dos modelos

teóricos especifica que a aprendizagem motora ocorre em três estágios: o estágio cognitivo, que envolve a seleção do estímulo, percepção e desenvolvimento de um programa motor, se caracterizando por uma grande quantidade de erros de desempenho e elevado nível de processamento cognitivo; o estágio associativo, que apresenta menor quantidade de erros, assim como, necessidade de feedback visual e do monitoramento cognitivo; e o estágio autônomo, no qual os aspectos mais importantes da tarefa são refinados com a prática e os componentes espaciais e temporais do movimento tornam-se bem organizados⁸.

Recentes meta-teorias da ciência têm enfatizado que, em sistemas abertos, a formação de novas estruturas pressupõe instabilidade ou quebra de estabilidade. Nessa perspectiva, a aquisição de habilidades motoras melhor se explicaria se vista como um processo cíclico e dinâmico de estabilidade-instabilidade-estabilidade, que resulta em crescente complexidade. Com esse "background" alguns autores têm proposto um modelo de não-equilíbrio em aprendizagem motora em que dois processos fundamentais são considerados: a de estabilização em que os movimentos se tornam mais precisos e padronizados, e a de adaptação que é a habilidade adquirida para novas situações mediante a reorganização dos movimentos⁹.

A aprendizagem motora depende da plasticidade do sistema nervoso e requer prática por um período determinado. A distribuição de cadeias neuronais neste processo inclui uma grande quantidade de sistemas e

estruturas, mas é determinada por modificações sinápticas expostas a eventos temporais e espaciais⁶.

A qualidade e velocidade de aprendizagem motora podem ser beneficiadas por fatores frequentemente manipulados no processo ensino-aprendizagem de habilidades motoras, dentre os quais podem ser descritos o conhecimento de resultados, demonstração, estabelecimento de metas e a prática, a qual tem sido reconhecida como um dos mais relevantes¹⁰. Como fatores limitativos da aquisição de novas competências funcionais, podem ser citados déficit cognitivo, falta de motivação, falta de atenção para o estímulo, dificuldades de memória, fadiga e problemas de verbalização e compreensão⁶.

Neste aspecto, o efeito Mozart, descoberto por Rausher *et al* (1993)¹¹, é capaz de influenciar de forma positiva a função cognitiva, humor, memória declarativa e aprendizado, através da sonata para dois pianos¹². Esta composição foi escolhida para o presente trabalho, com base no estudo de Habe (2010)¹³, o qual demonstra que esta Sonata apresenta repetições de ritmos e melodias interligados com a estrutura de ondas alfa do cérebro humano, criando um ambiente calmo e favorável à memória de curto prazo e concentração.

Além da influência desta melodia nas habilidades supracitadas, a "Sonata para dois pianos" de Mozart (K448), em seu ritmo original, influenciou na redução do número de episódios de epilepsia, em pacientes de 2 – 18 anos¹⁴. Houve redução significativa no espectro beta, nas regiões: frontal,

parietal, occipital e temporal-parietal. No que se refere à ansiedade, estudos utilizando modelo animal expostos a ruídos, observaram que esta melodia em especial, foi responsável pela redução de neurotransmissores de ansiedade e aumento de comportamentos relacionados à emoções positivas¹⁵.

O efeito Mozart possui benefícios consolidados na literatura, sendo os comportamentais os mais destacados. No aprendizado motor e na retenção, ainda há poucos estudos relacionados. Nesse aspecto, esta composição é uma das poucas a atingir os parâmetros fisiológicos de ondas cerebrais, conforme destacado anteriormente¹⁶. Estudos apontam que para alcançar tais parâmetros, outras composições precisam atingir tais frequências fisiológicas¹⁶.

Estudos têm utilizado diferentes tipos de teste para avaliar funções cognitivas e motoras^{17,18}. O teste de trilhas (TMT) é uma ferramenta frequentemente utilizada em pesquisas neuropsicológicas e na prática clínica, sendo considerada a medida principal de atenção e a quarta medida mais escolhida para função executiva, que inclui planejamento, processos cognitivos e motores, aprendizagem espacial e memória implícita¹⁹⁻²².

Instrumentos simples e de fácil aplicação para avaliação da aprendizagem motora são importantes para fisioterapia, uma vez que o conhecimento dos mecanismos, processos envolvidos e fatores que afetam este componente são fundamentais para a prática clínica¹⁹. Neste sentido, a adaptação de testes padronizados para utilização em

dispositivos móveis tem mostrado resultados positivos no incentivo e participação do indivíduo, propiciando maior desempenho das funções sensoriais, motoras e cognitivas²¹.

Diante disso, o presente estudo buscou verificar os efeitos da música, em especial: a “Sonata para dois pianos (K448)”, de W.A.Mozart, na retenção e transferência de uma nova habilidade motora, avaliado por meio de um dispositivo móvel. Além disso, seus efeitos em um ensaio controlado randomizado podem ser evidenciados e novos estudos serem propostos para expandir os conhecimentos, levando a uma melhor compreensão dos efeitos da música no contexto da aprendizagem motora, seja ela ligada ou não à aprendizagem musical.

MÉTODO

Amostra

Trata-se de pesquisa com abordagem quantitativa constituindo um Ensaio Controlado Randomizado com seguimento *Follow-up*.

A amostra foi constituída por 52 alunos(as) regularmente matriculados na Escola Municipal Tereza Paulino da Costa, na cidade de Alfenas-MG, e sem experiência prévia na tarefa.

Foram incluídas no estudo crianças entre 8 e 10 anos, de ambos os sexos, que apresentassem lateralidade destra e que estivessem devidamente matriculadas na Escola Municipal Tereza Paulino da Costa (Alfenas-MG).

Foram excluídas crianças que apresentassem algum comprometimento do desenvolvimento neuropsicomotor, que não aceitassem o termo de assentimento ou que cujos responsáveis legais não concordassem com o termo de consentimento livre e esclarecido para pais ou responsáveis.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) com CAAE: 21861319.7.0000.5142 e pelo Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (RBR-65yq5jx) e seguiu todas as recomendações da resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os participantes foram devidamente informados dos procedimentos e assinaram os termos de assentimento e consentimento para responsáveis legais.

Procedimento

Para avaliação da dominância manual foi utilizado o subteste II do *Harris Test of Lateral Dominance*²², com adaptações necessárias devido à pandemia por COVID-19. Realizou-se, em ordem preestabelecida e padronizada de 10 diferentes tarefas de manipulação de objetos, sendo eles: bola de tênis (arremessar), relógio de corda (dar corda no relógio), prego e martelo de madeira (martelar um prego), escova de dente (escovar os dentes), pente (pentear os cabelos), porta em miniatura (virar a maçaneta), colorir, papel e tesoura sem ponta (cortar com tesoura), pão e faca sem ponta e dentes (cortar com faca), lápis e papel (escrever). Caso a criança não realizasse uma das tarefas, o objeto correspondente era apresentado uma segunda vez,

ao final do subteste. De acordo com o subteste de Harris, quando o indivíduo realiza de 7 a 10 das atividades com a mão direita sua lateralidade pode ser definida destra²².

Este teste foi utilizado na presente pesquisa como instrumento para seleção da amostra, sendo selecionadas para o estudo apenas crianças destras. A lateralidade destra foi incluída com base no estudo de Bracken *et al* (2018)²⁰, no qual os autores relataram que canhotos demandam mais tempo para conclusão do teste de trilhas tanto na versão em papel quanto digital. O aumento do tempo observado com a utilização da mão esquerda se deve ao fato de que geralmente os elementos do teste de trilhas estão localizados mais à direita do elemento anterior, tornando mais difícil encontrá-los quando se usa a mão esquerda²⁰.

Tendo em vista a influência de fatores emocionais na realização de tarefas motoras, realizou-se, no presente estudo, a medida do nível de ansiedade por meio da *Anxiety Scale for Children* (MASC), como forma de caracterização da amostra. Trata-se de uma escala de autoavaliação que foi desenvolvida por March *et al* (1997)²³.

A MASC tem como finalidade a avaliação das diferentes dimensões da ansiedade em crianças e adolescentes com idades entre 8 e 19 anos. Este instrumento é constituído por 39 questões, a serem pontuadas numa escala de acordo com a experiência vivida em cada situação. O examinador escolheu uma resposta que varia de 0 a 3, indicando cada item, se aquilo nunca é verdade sobre ele (0), raramente é verdade (1), às vezes é verdade (2) ou frequentemente é

verdade (3). O ponto de corte encontrado para a escala MASC de sinais e sintomas da ansiedade geral é o valor de 56²³.

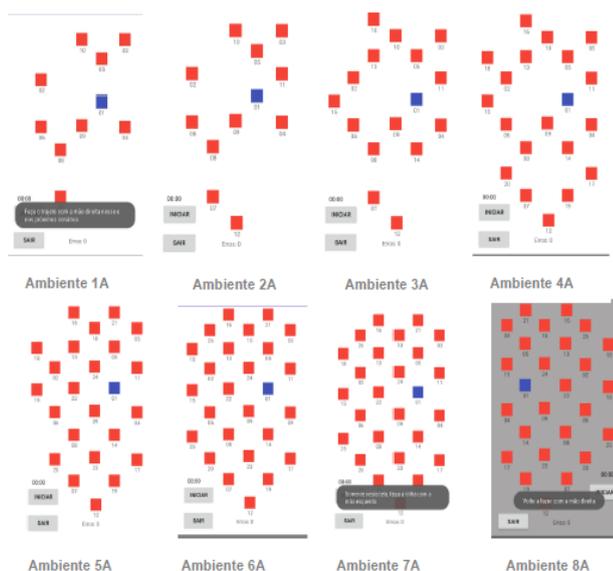
A coleta de dados e análise da aprendizagem motora foram realizadas a partir do processo de adaptação por gamificação do teste manual de trilhas (TMT)⁹, realizada pelo departamento de Ciências da Computação da UNIFAL-MG.

O aplicativo foi dividido em 08 ambientes baseados no TMT-A, sendo subdivididos em: ambiente 1A, com números de 1 a 10, considerado ambiente de compreensão da tarefa; ambientes 2A, 3A, 4A, 5A considerados ambientes de treinamento da tarefa, sendo que no ambiente 2A encontravam-se números de 1 a 12, no 3A números de 1 a 16, no 4A números de 1 a 20 e o 5A números de 1 a 24, verificando a aquisição da habilidade. O ambiente 6A, considerado teste de retenção, consistiu em números de 1 a 26. O ambiente 7A, consistindo do mesmo ambiente 6A foi realizado com a mão esquerda (não dominante), para transferência imediata bilateral. E o ambiente 8A, contendo o ambiente 6A de forma espelhada e fundo escuro, considerado teste de transferência imediata- adaptação (Figura 1).

Foram utilizados dois dispositivos móveis: Tablet Samsung TAB A SM-T515, tela de 10.1, com sistema operacional Android, processador *Octa-core*, tecnologia 4G e Wi-fi e Tablet Multilaser M7S GO 16 GB, com sistema operacional Android, processador *Quad-core*, tecnologia 4G e Wi-fi. O voluntário foi adequadamente posicionado sentado

em frente a uma mesa onde estava o dispositivo móvel e, ao lado, um fone de ouvido *HI-FISERE* o *Headphone* com microfone e volume, ligado a um aparelho *Smartphone*.

Figura 1: Teste de trilhas adaptado por gamificação.



Retirado do aplicativo do TMT gamificado.

Os participantes foram randomizados em dois grupos por meio do Randomizer (<https://www.randomizer.org/>). O teste foi realizado inicialmente para avaliação, posteriormente por duas vezes consecutivas para treino da tarefa com intervalo de um minuto entre a primeira e segunda vezes do treino e após uma pausa de uma semana (*follow-up*) para reavaliação dos participantes do estudo. A pausa de uma semana foi utilizada para avaliação da retenção da tarefa motora aprendida.

O grupo experimental (GE) realizou duas repetições do teste de trilhas adaptado associado a audição de música clássica, baseada no efeito *Mozart*^{5,12,24}. Foi utilizada a composição de Mozart intitulada Sonata para dois pianos (K448) em sua primeira parte intitulada *Allegro con spirito* com duração de 8 minutos e 42 segundos. A exposição à música foi feita através de um fone de ouvido conectado ao smartphone, caso a duração da música fosse atingida o modo repetição foi ativado, para que ela esteja presente durante toda a execução do teste. O grupo controle (GC) utilizou o mesmo fone de ouvido desconectado, apenas com a função de isolamento acústico, sem administração da música.

A tarefa foi realizada individualmente, com a criança posicionada confortavelmente sentada, tendo o Tablet sob seu ângulo de visão, permitindo livre movimentação dos membros superiores e os pés apoiados no chão. Antes de iniciar a tarefa, o pesquisador demonstrou e descreveu como executar corretamente o caminho da trilha 1A. Todos os participantes foram orientados a executar a tarefa no menor tempo possível. As variáveis dependentes Erro e Tempo foram consideradas para análise do desempenho das participantes.

Análise Estatística

Os dados obtidos foram tabulados no Excel e enviados para análise estatística para um outro pesquisador independente. Para as variáveis descritivas, utilizou

porcentagens, média e desvio padrão. Foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e posteriormente testes t independente, para dados paramétricos, e Mann Whitney, para dados não paramétricos. Foi realizada análise intergrupos e intragrupos com nível de significância $p < 0,05$.

Utilizou-se o programa estatístico *Statistical Package of the Social Sciences* (SPSS) versão 20.0. O poder da amostra e o tamanho do efeito foram calculados por meio do software GPOWER 3.1, adotando-se alfa de 0,05 *post hoc*.

RESULTADOS

Foram avaliados para elegibilidade 365 crianças matriculadas na Escola Municipal Tereza Paulino. Destes, 280 foram excluídos após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos para a seleção da amostra. Foram alocados, de forma aleatória, 78 voluntários nos grupos experimental ($n=39$) e controle ($n=39$). Com o seguimento do estudo, houve uma perda de 13 em ambos os grupos. Por fim, foram analisadas um total de 52 crianças neurotípicas, em grupo experimental ($n=26$) e grupo controle ($n=26$), conforme fluxograma a seguir (Figura 2).

A Tabela 1 mostra os dados utilizados para a caracterização da amostra. Foi observado média de idade de 8,84 anos para grupo controle e 8,73 anos para o grupo experimental, com uma predominância do sexo masculino para ambos os grupos. Através da avaliação do nível de ansiedade dos participantes, verificou-se uma média acima do ponto de corte da escala MASC para ambos os grupos,

sendo 67,11 pontos para o grupo controle e 59,92 pontos para o grupo experimental. Não houve diferença significativa em nenhuma das variáveis analisadas quanto a comparação entre grupos.

Figura 2. Sinopse do estudo conforme as diretrizes para o relato de ensaios clínicos randomizados (adaptado pelos autores do CONSORT 2010²⁵).

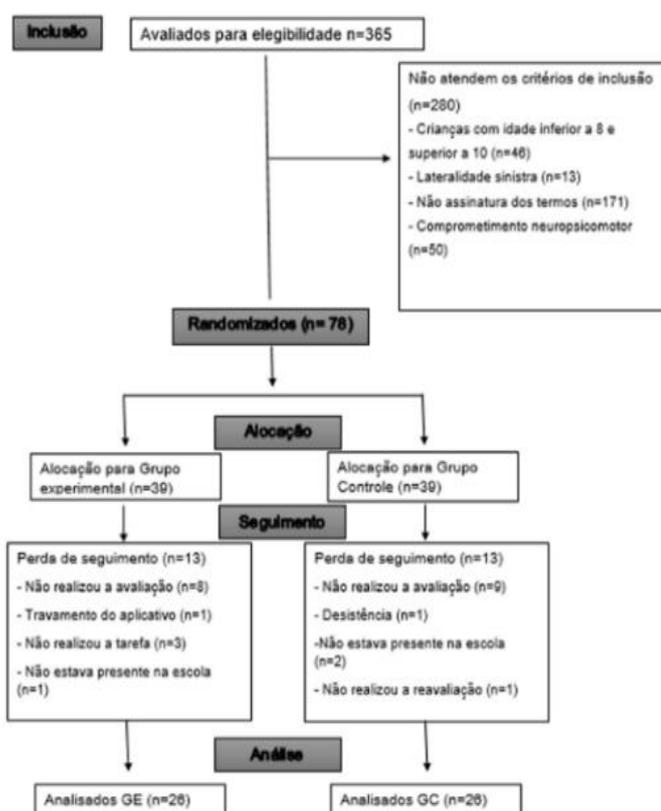


Tabela 1. Caracterização da amostra.

Variáveis	GC (n=26)	GE (n=26)	Valor de p
Idade (M±DPM)	8,84±0,73	8,73±0,72	0,55
Sexo n(%)	F 10(38,46)	F 11(42,31)	0,78
	M 16(61,54)	M 15(57,69)	
	Total 26(100)	Total 26(100)	
Nível de ansiedade (M±DPM)	67,11±13,45	59,92±14,33	0,06

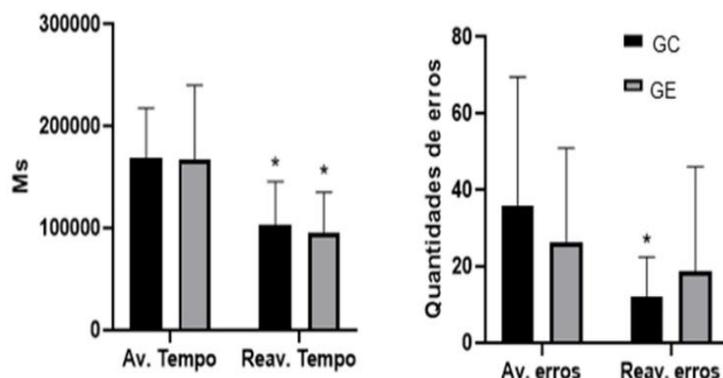
GC: grupo controle; GE: grupo experimental; M: média; DPM: desvio padrão da média; M: sexo masculino; F: sexo feminino. Teste de *Mann-Whitney* para sexo e idade. Teste de t independente para nível de ansiedade.

Para a trilha de retenção (Trilha 6A), foi verificada redução significativa no tempo de execução da tarefa tanto para o grupo experimental ($p=0,00$), quanto para o grupo controle ($p=0,00$; avaliação intragrupo). Para o grupo controle, a diferença entre as médias foi de 64806,12 e o intervalo de confiança -1882993,22 a 2012605,46, caracterizando diferença não verdadeira (erro tipo I), uma vez que o zero se encontra no intervalo de confiança. Para este resultado o tamanho do efeito (1,39) e o poder da amostra (0,99) foram altos. Para o grupo experimental, a diferença entre as médias foi de 64806,12 e o intervalo de confiança de 38698,85 a 103898,61, caracterizando diferença verdadeira. O tamanho do efeito (0,82) e o poder da amostra (0,98) foram altos. Já em relação ao número de erros foi observada redução significativa apenas no grupo controle ($p=0,00$). A diferença entre as médias foi de 24,08 e o intervalo de confiança 10,28 a 37,88 (diferença verdadeira). Com tamanho de efeito (1,12) e o poder da amostra (0,99) foram altos. Não foram observadas diferenças significantes entre os grupos (Figura 3).

Para a trilha de transferência imediata bilateral (Trilha 7A), realizada com a mão não dominante (esquerda), a análise estatística mostrou redução significativa no tempo de execução tanto no grupo experimental ($p=0,02$), quanto no grupo controle ($p=0,00$; avaliação intragrupo). Para o grupo controle, a diferença entre as médias foi de 78433,92 e o intervalo de confiança 43010,03 a 113857,81 (diferença verdadeira). Para este resultado o tamanho do efeito (3,09)

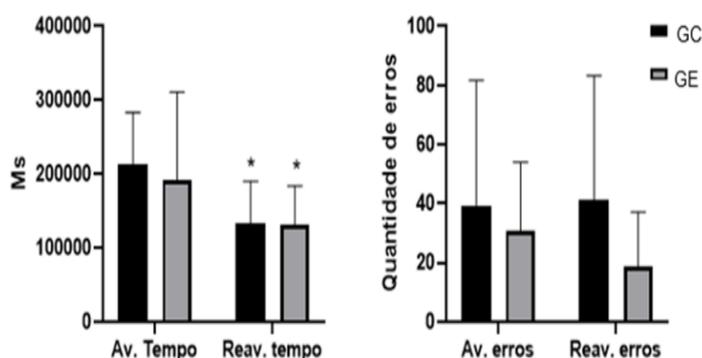
e o poder da amostra (1,00) foram altos. Para o grupo experimental, a diferença entre as médias foi de 61351,04 e o intervalo de confiança de 10214,85 a 112487,23 (diferença verdadeira). Neste resultado o tamanho do efeito (0,59) considerado médio e o poder da amostra (0,89) foi alto. Não houve diferença significativa no número de erros e na comparação entre os grupos (Figura 4).

Figura 3. Comparação intragrupos e intergrupos do tempo gasto e número de erros no ambiente de retenção (Trilha 6A).



GC = grupo controle; GE = grupo experimental; Av. = Avaliação; Reav. = Reavaliação; * =Diferença entre tempos. Teste de Mann-Whitney

Figura 4. Comparação intragrupos e intergrupos do tempo gasto e número de erros no ambiente de transferência imediata bilateral (Trilha 7A).



GC = grupo controle; GE = grupo experimental; Av. = Avaliação; Reav. = Reavaliação; * =Diferença entre tempos. Teste de Mann-Whitney

Para a trilha de transferência imediata adaptação (Trilha 8A), com o ambiente 6 de forma espelhada e fundo escuro, a análise estatística mostrou redução significativa do tempo tanto no grupo experimental ($p=0,00$), quanto no grupo controle ($p=0,01$; avaliação intragrupo). Para o grupo controle, a diferença entre as médias foi de 45925,85 e o intervalo de confiança 10205,3 a 81646,4 (diferença verdadeira).

Para o grupo experimental, a diferença entre as médias foi de 61151,96 e o intervalo de confiança de 28363,46 a 93940,46 (diferença verdadeira). Para este resultado o tamanho do efeito foi de 0,70 e o poder da amostra (0,96) foi alto. Em relação ao número de erros houve redução significativa apenas no grupo experimental ($p=0,005$). A diferença entre as médias foi de 10,04 e o intervalo de confiança de 3,66 a 16,42 (diferença verdadeira).

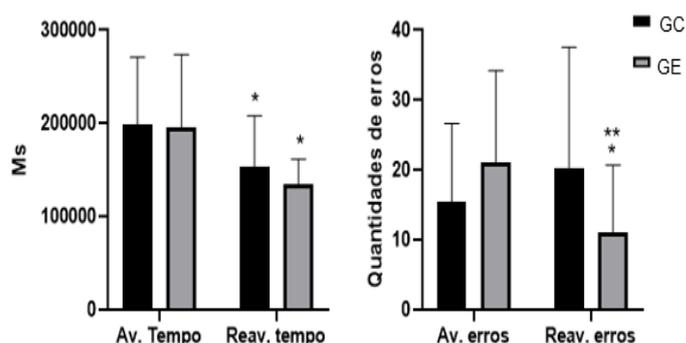
O tamanho do efeito (0,88) e o poder da amostra (0,99) foram altos. Verificou-se também redução significativa na quantidade de erros ($p=0,03$) na comparação entre grupo experimental e controle (avaliação intergrupo). A diferença entre as médias foi de - 5,69 e o intervalo de confiança de - 1,08 a 12,46 (diferença não verdadeira- erro tipo I; Figura 5).

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como principal objetivo avaliar o efeito da música na aprendizagem motora por meio do

teste de trilhas adaptado para dispositivo móvel em crianças neurotípicas.

Figura 5: Comparação intragrupos e intergrupos do tempo gasto e número de erros no ambiente de transferência imediata adaptação (Trilha 8A)



GC = grupo controle; GE = grupo experimental; Av. = Avaliação; Reav. = Reavaliação; * =Diferença entre tempos ** = Diferença entre grupos. Teste de *Mann-Whitney*

Na caracterização da amostra foi observada média de idade de 8,84 anos para grupo controle e 8,73 anos para o grupo experimental, com predominância do sexo masculino para ambos os grupos, não sendo encontrada diferença significativa entre os grupos para estas variáveis. A faixa etária de 8 a 10 anos foi escolhida nesse estudo com base na intensificação do desempenho da função executiva e maior controle de interferências nesta função que ocorrem nesta faixa etária¹⁸. Dessa forma, embora a tarefa seja trabalhosa para os participantes, o desempenho realizado por eles foi sensível a sua capacidade de destinar atenção necessária para a tarefa²⁰.

Em relação ao nível de ansiedade dos participantes, verificou-se média acima do ponto de corte da escala MASC para ambos os grupos, sendo 67,11 pontos para o grupo controle e 59,92 pontos para o grupo experimental, não sendo observada diferença significativa entre os grupos. Embora o nível de ansiedade tenha sido utilizado, no presente estudo, apenas para a caracterização da amostra, sabe-se que o transtorno de ansiedade tem se tornado cada vez maior na população infantil, podendo interferir de forma negativa em diversas funções cognitivas e motoras^{26,27}. Desta forma, sugere-se novos estudos que correlacionem os níveis de ansiedade e funções executivas, a fim de desenvolver estratégias que possam auxiliar na redução da ansiedade e melhora das funções cognitivas e motoras.

No presente estudo, o teste de trilhas adaptado para dispositivo móvel foi utilizado como instrumento de avaliação. O teste de trilhas é uma ferramenta frequentemente utilizada em pesquisas neuropsicológicas e na prática clínica para analisar funções executivas, velocidade e seguimento visuomotor, atenção, processamento e cognição^{19,20}. Após o treinamento da tarefa foi observada redução significativa no tempo de execução nos ambientes 6,7 e 8 e quantidade de erros no ambiente 6 e 8 em comparação com os dados da avaliação inicial. Esse resultado pode estar relacionado à repetição da tarefa e consequente compreensão e retenção da habilidade motora realizada e vai de encontro com os resultados de estudos que utilizaram um *software* com capacidade de organizar

elementos 3D para formar tarefa de *timing* virtual em participantes com Paralisia Cerebral e Síndrome de Down, respectivamente^{17,28}. Nesses estudos observou-se redução no número de erros nas fases de aquisição, retenção e transferência da tarefa, além da consolidação operacional, com desempenho progressivo até atingir o padrão funcional de execução. Com a progressão das repetições, o movimento torna-se mais compacto e organizado que resulta em diminuição de diversidade e extensão de erros²⁸. Sabe-se por fim, que a aprendizagem motora está diretamente ligada à plasticidade do sistema nervoso e que as modificações sinápticas acontecem diante da exposição a eventos temporais e espaciais, ou seja, requer a prática da tarefa por um período determinado⁶.

Para avaliação do efeito da música no processo de aprendizagem motora, utilizou-se a composição de Mozart intitulada Sonata para dois pianos. Esta composição foi escolhida com base no estudo¹³ que demonstra que esta Sonata apresenta repetições de ritmos e melodias interligados com a estrutura de ondas alfa do cérebro humano, criando um ambiente calmo e favorável à memória de curto prazo e concentração¹⁵. De fato, desde a descoberta do efeito Mozart¹¹, observou-se que a Sonata para dois pianos é capaz de influenciar de forma positiva a função cognitiva, humor, memória declarativa e aprendizado¹².

Além disso, diversos autores demonstram que o efeito atingido pela música Mozart k448 não está presente na música em que as crianças gostam de ouvir, este efeito é

exclusivo de Mozart e de música estruturada de forma semelhante. Num estudo foi analisado o efeito da música k448 em crianças de 2 a 18 anos na atividade epiléptica no EEG, durante a audição de música de Mozart, em comparação com as músicas que as crianças gostariam de ouvir adequada à idade¹⁴. Os resultados obtidos demonstram um efeito antiepilético analisado pelo EEG nas crianças e nas outras músicas ouvidas não foram encontrados os mesmos efeitos¹⁴. Uma das teorias propostas é que quando Mozart compôs aos 4 anos de idade, ele buscou padrões próprios de disparo temporal espacial do córtex, e dessa forma sua música reflete na estrutura cortical²⁹.

Na comparação intergrupos não foi observada diferença significativa no tempo de execução para os ambientes 6,7 e 8 e nem no número de erros para os ambientes 6 e 7. Entretanto, para o número de erros no ambiente 8, considerado o ambiente para transferência imediata e adaptação, o grupo experimental apresentou redução do número de erros na reavaliação em comparação com a avaliação, bem como na comparação com o grupo controle. Estes resultados sugerem que a música, por meio do efeito Mozart, tem relação com a melhora da aquisição e execução da tarefa e corroboram com estudo que descreve a influência da música na plasticidade neural e interação entre o córtex auditivo e o motor³. Além disso, estudos mostram que a música é capaz de ativar diferentes regiões encefálicas como córtex frontal, temporal, parietal, diretamente relacionados à atenção, memória, emocional e funções motoras³⁰.

Vale ressaltar que a redução do número de erros no grupo exposto à música ocorreu no ambiente mais complexo, considerando a modificação do contexto da tarefa (ambiente espelhado). O ambiente 8 tem maiores efeitos de aprendizagem, podendo ser considerado como limite para o melhor desempenho na tarefa³¹.

O menor número de repetição da tarefa utilizado no presente estudo, pode estar relacionado à ausência de resultados significativos na comparação entre os grupos para os ambientes 6 e 7. Sabe-se que a prática e altos números de repetições resultam em uma consolidação funcional da tarefa de melhor controle de execução, para tornar o sistema adaptado para novas circunstâncias¹³. Sendo assim, sugere-se novos estudos com um maior tempo de execução da tarefa, bem como entre crianças neurotípicas e com a atraso no desenvolvimento neuropsicomotor, de forma a criar maior embasamento para o uso da música na prática clínica.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados encontrados é possível concluir que o treinamento da tarefa promoveu redução significativa no tempo de execução e quantidade de erros na maioria dos ambientes avaliados, reforçando dados da literatura de que a repetição da tarefa é relevante para a retenção da habilidade motora. Conclui-se também que a música, por meio do efeito Mozart, foi capaz de reduzir o número de erros no ambiente de transferência imediata e adaptação,

considerado o ambiente com maiores efeitos de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- 1.Tondatti PC, Correa I. Use of music and play in pediatric nursing care in the hospital context. *Invest Educ Enferm* 2012;30:362-70. <https://doi.org/10.17533/udea.iee.13973>
- 2.Mendes MVS, Cavalcante AS, Oliveira EF, Pinto DMR, Barbosa TSM, Camargo CL. Crianças com retardo do desenvolvimento neuropsicomotor: musicoterapia promovendo qualidade de vida. *Rev Bras Enferm* 2015;68:797-802. <https://doi.org/10.1590/0034-7167.2015680505i>
- 3.Martins HP, Quadros LCT. A música como agente terapêutico no tratamento da Doença de Alzheimer. *Psicol Pesq* 2021;15:1-22. <https://doi.org/10.34019/1982-1247.2021.v15.29081>
- 4.Marrades-Caballero E, Santonja-Medina CS, Sanz-Mengibar JM, Santonja-Medina F. Neurologic music therapy in upper-limb rehabilitation in children with severe bilateral cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med* 2018;54:866-72. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.18.04996-1>
- 5.Vogt S, Buccino G, Wohlschläger AM, Canessa N, Shah NJ, Zilles K, et al. Prefrontal involvement in imitation learning of hand actions: effects of practice and expertise. *Neuroimage* 2007;37:1371-83. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.07.005>
- 6.Florindo M, Pedro R. O processo de aprendizagem motora e a neuroplasticidade. *SalutisScientia Rev Cienc Saúde ESSCVP* 2014;6:20-6. [https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/12186/material/\(TEXTO%2001\)%20%20processo%20de%20aprendizagem%20motora%20e%20a%20neuroplasticidade.pdf](https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/12186/material/(TEXTO%2001)%20%20processo%20de%20aprendizagem%20motora%20e%20a%20neuroplasticidade.pdf)
- 7.Shishov N, Melzer I, Bar-Haim S. Parameters and measures in assessment of motor learning in neurorehabilitation; a systematic review of the literature. *Front Hum Neurosci* 2017;11:1-26. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00082>
- 8.Dahms C, Brodoehl S, Witte OW, Klingner CM. The importance of different learning stages for motor sequence learning after stroke. *Hum Brain Map* 2020;41:270-86. <https://doi.org/10.1002/hbm.24793>
- 9.Silva AKA, Guimarães QN, Nardi LAA, Boa Sorte LX, Malaman TAB, Zapparoli FY. Avaliação de aprendizagem motora em universitárias utilizando dispositivo móvel. *Braz J Health Rev* 2019;2:2572-88. <https://doi.org/10.34119/bjhrv2n4-028>
- 10.Januário MS, Ugrinowitsch H, Lage GM, Vieira MM, Benda RN. Efeito da combinação de diferentes estruturas de prática na aquisição de habilidades motora. *Rev Bras Cienc Esporte* 2014;36:758-73. <http://www.rbce.cbce.org.br/index.php/RBCE/article/view/2166>
- 11.Rauscher FH, Shaw GL, Ky KN. Music and spatial task performance. *Nature* 1993;365:611. <https://doi.org/10.1038/365611a0>

12. Reggiori MB. A dependência no contexto por meio de intervenção de música e seu efeito na memória declarativa: Um estudo exploratório (Dissertação). Porto Alegre: Escola de Medicina da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; 2020; 70p. <https://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/9249>
13. Habe K. Neuropsychology of music — A rapidly growing branch of psychology. *Psihološka Obzorja / Horizons of Psychol* 2010;19:79-98. <https://psycnet.apa.org/record/2012-25784-005>
14. Grylls E, Kinsky M, Baggott A, Wabnitz C, McLellan A. Study of the Mozart effect in children with epileptic electroencephalograms. *Seizure* 2018;59:77-81. <https://doi.org/10.1016/j.seizure.2018.05.006>
15. Nian H, Ding S, Feng Y, Liu H, Li J, Li X, *et al.* Effect of Noise and Music on Neurotransmitters in the Amygdala: The Role Auditory Stimuli Play in Emotion Regulation. *Metabolites* 2023;13:928. <https://doi.org/10.3390/metabo13080928>
16. Rafiee M, Istasy M, Valiante TA. Music in epilepsy: Predicting the effects of the unpredictable. *Epilepsy Behav* 2021;122:108164. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2021.108164>
17. Silva CMD, Cação JMR, Silva KCDS, Marques CF, Merrey LSF. Respostas fisiológicas de recém-nascidos pré-termo submetidos à musicoterapia clássica. *Rev Paul Pediatr* 2013;31:30-6. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822013000100006>
18. Fronza FC, Ferrari EP, Freitas KTD, Cardoso FL. Intervenção com exergames. *Edu Tem Dig* 2020;22:202-17. <https://doi.org/10.20396/etd.v22i1.8654037>
19. Souza D, França F, Campos T. Teste de labirinto: instrumento de análise na aquisição de uma habilidade motora. *Braz J Phys Ther* 2006;10:355-60. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552006000300016>
20. Bracken MR, Mazur-Mosiewicz A, Glazek K. Trail Making Test: Comparation of Paper-and-Pencil and Electronic Versions. *App Neuropsychol Adult* 2018;6:522-32. <https://doi.org/10.1080/23279095.2018.1460371>
21. Possebom WF, Masseti T, Silva TD, Malheiros SRP, Menezes LDC, Caromano FA, *et al.* Desempenho em uma tarefa de labirinto no computador na síndrome de Down. *J Hum Growth Dev* 2016;26:205-10. <https://doi.org/10.7322/jhgd.119273>
22. Harris AJ. Lateral Dominance, Directional Confusion, and Reading Disability. *J Psychol* 1957;44:283-94. <https://doi.org/10.1080/00223980.1957.9713084>
23. March JS, Parker JD, Sullivan K, Stallings P, Conners CK. The Multidimensional Anxiety Scale for Children (MASC): factor structure, reliability, and validity. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1997;36:554-65. <https://doi.org/10.1097/00004583-199704000-00019>
24. Jenkins JS. The Mozart effect. *J R Soc Med* 2001;94:170-2. <https://doi.org/10.1177/014107680109400404>

- 25.Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 Statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *Bmc Med* 2010;8:100-7. <http://doi.org/10.1186/1741-7015-8-18>
- 26.Rodrigues CL. Aspectos neuropsicológicos dos transtornos de ansiedade na infância e adolescência: um estudo comparativo entre as fases pré e pós-tratamento medicamentoso (Tese). São Paulo: Universidade de São Paulo; 2011; 146p. <https://doi.org/10.11606/D.5.2011.tde-30112011-173439>
- 27.Santos HS, Vasques ATD, Azevedo GN. Transtorno de ansiedade na infância: alterações cognitivas e os impactos na aprendizagem escolar na terceira infância. *Psicol Movim* 2022;2:105-16. <https://revistas2.unifan.edu.br/index.php/RevistaISEPsicologias/article/view/854>
- 28.Mello Monteiro CB, Silva TD, Abreu LC, Fregni F, Araujo LV, Ferreira FHIB, *et al.* Short-term motor learning through non-immersive virtual reality task in individuals with down syndrome. *BMC Neurol* 2017;17:71. <https://doi.org/10.1186/s12883-017-0852-z>
- 29.Rauscher FH, Shaw GL, Ky KN. Listening to Mozart enhances spatial-temporal reasoning: towards a neurophysiological basis. *Neurosci Lett* 1995;185:44-7. [https://doi.org/10.1016/0304-3940\(94\)11221-4](https://doi.org/10.1016/0304-3940(94)11221-4)
- 30.Särkämö T, Tervaniemi M, Laitinen S, Forsblom A, Soinila S, Mikkonen M, *et al.* Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain* 2008;131:866-76. <https://doi.org/10.1093/brain/awn013>
- 31.Rodriguez FS, Spilski J, Schneider A, Hekele F, Lachmann T, Ebert A, *et al.* Relevance of the assessment mode in the digital assessment of processing speed. *J Clin Exp Neuropsychol* 2019;41:730-9. <https://doi.org/10.1080/13803395.2019.1616079>