MÚSICA COMO AGENTE ATIVADOR DE ÁREAS CEREBRAIS RELACIONADAS AO MOVIMENTO

MUSIC AS AN ACTIVATING AGENT OF BRAIN AREAS RELATED TO THE MOVEMENT

Izabella Moraes Modolo[1]

Fabiana Abrahão[2]

RESUMO

Introdução: A música pode ser compreendida como uma linguagem sonora, complexa e capaz de despertar estímulos cerebrais, sensoriais, emocionais, perceptivo-cognitivos e motores. A terapia com suporte musical (TSM) é uma nova série de programas de terapia, com enfoque não farmacológico, capaz de promover relaxamento e melhora cognitiva e motora, visto que a música funciona como um dispositivo mnemônico no aprendizado e na memória e a plasticidade subjacente das redes neurais. **Objetivos:** Verificar nos achados os estudos que abordem a influência da música no comportamento motor e as áreas cerebrais relacionadas ao movimento, que sofrem influencia da música fazendo um paralelo entre os estudos. **Material e Métodos:** Foi realizada uma revisão de literatura acerca dos efeitos da terapia com suporte musical como agente ativador de áreas cerebrais associadas ao movimento, por meio de pesquisas nas seguintes bases de dados: PEDRO, Lilacs, BVS e Pubmed. **Resultados:** Após leitura completa dos artigos incluídos na revisão, foram utilizados 10 artigos no presente estudo, alguns dados foram extraídos, possibilitando a categorização do conhecimento em alguns temas. Essas categorias foram construídas de forma dedutiva, visando alcançar o objetivo proposto. Sendo assim, a análise dos artigos possibilitou a elaboração de duas categorias temáticas para a discussão, sendo elas: Eficácia da terapia com suporte musical na função motora de membros superior e inferiores; Contribuições da TSM para outras funções executivas. **Conclusão:** Diante dos achados, conclui-se que vários mecanismos possíveis e potenciais podem ajudar a explicar os efeitos do treinamento musical sobre o comportamento motor, tais como reorganização neural estrutural e funcional no cérebro. A terapia com suporte musical pode ajudar a melhorar componentes motores dos membros inferiores, tais como, velocidade da marcha, comprimento da passada e marcha geral em pessoas com doenças como o AVC. Além disso, a TSM também pode ser benéfica para melhorar a funcionalidade dos membros superiores.

Palavras-chave: Música. Áreas Motoras. Áreas Cerebrais.. Atividade Motora. Músicoterapia.

ABSTRACT

Introduction: Music can be understood as a sound language, complex and capable of awakening brain, sensory, emotional, perceptual-cognitive and motor stimuli. Music Supported Therapy (MST) is a new series of therapy programs, with a non-pharmacological approach, capable of promoting relaxation and cognitive and motor improvement, as music works as a mnemonic device in learning and memory and the underlying plasticity of neural networks. **Objectives:** Check the findings of studies that address the influence of music on motor behavior and brain areas related to movement, which are influenced by music, making a parallel between the studies. **Method:** A literature review was carried out on the effects of therapy with musical support as an activating agent for brain areas associated with movement, through research in the following databases: PEDRO, Lilacs, BVS and Pubmed. **Results:** After a complete reading of the articles included in the review, 10 articles were used in this study, some data were extracted, enabling the categorization of knowledge in some themes. These categories were constructed in a deductive way, aiming to reach the proposed objective. Thus, the analysis of the articles allowed the elaboration of two thematic categories for discussion, namely: Effectiveness of therapy with musical support in the motor function of the upper and lower limbs; TSM contributions to other executive functions.**Conclusion:** Given the findings, it is concluded that several possible and potential mechanisms can help explain the effects of musical training on motor behavior, such as structural and functional neural reorganization in the brain. Musical support therapy can help improve lower limb motor components such as gait speed, stride length and general gait in people with conditions such as stroke. Furthermore, a TSM can also be beneficial in improving upper limb functionality.

Keywords: Music. Motor áreas. Brain áreas. Rhythm. Motor activity. *Musictherapy.*

[1] Graduando do Curso de Fisioterapia da Católica de Vitória Centro Universitário. Izabellammodolo@hotmai.com.
[2] Graduada em fisioterapia e Doutora em fisioterapia pela UFSCar. Fabiana.abrahao@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

Levando em consideração a perspectiva neurológica, a música pode ser compreendida como uma linguagem sonora, complexa e capaz de despertar estímulos cerebrais, sensoriais, emocionais, perceptivo-cognitivos e motores. Desse modo, a música e estimula e integra as vias neuronais de uma forma específica(LEINS; SPINTGE; THAUT, 2011). Diversos estudos realizados, demonstram que a música, é capaz de estimular processos e atividades cerebrais, que podem ser generalizadas, isto é, ampliadas e transferidas, para funções não cerebrais, gerando como resultado, efeitos terapêuticos em diversas patologias(ALTENMÜLLER; SCHLAUG, 2013; SCHLAUG, 2011).

Vale destacar que a música contribui para o movimento, além de estimular as interações entre os sistemas de percepção e ação. A terapia com suporte musical (TSM) é uma nova série de programas de terapia, com enfoque não farmacológico, capaz de promover relaxamento e melhora cognitiva e motora, visto que a música funciona como um dispositivo mnemônico no aprendizado e na memória e a plasticidade subjacente das redes neurais(THAUT; PETERSON; MCINTOSH, 2005).

A TSM demonstrou ser eficaz na reabilitação em diversas patologias, tais como, Acidente Vascular Cerebral (AVC), lesão cerebral adquirida, dentre outras(BESTE;2011; BUNKETORP-KÄLL.,2019;PEYRE.,2020). No entanto, poucas pesquisas têm se concentrado nas áreas cerebrais que são ativadas pela TSM, isto é, de que modo a música melhora as funções motoras dos pacientes com lesões neurológicas.

As suposições da influência da TSM nas atividades motoras, encontram-se baseadas na prática repetitiva e estimulação musical. No entanto, existe uma escassez de estudos que abordem e explorem de fato, o efeito benéfico da música na reabilitação neurológica. Para suprir essa lacuna, elaboramos uma revisão de literatura acerca dos efeitos da terapia com suporte musical como agente ativador de áreas cerebrais associadas ao movimento.

Acredita-se que terapias que utilizem a música, podem ser alternativas eficazes para induzir mudanças plásticas no sistema motor, ativando diferentes áreas cerebrais associadas ao comportamento motor, contribuindo para reabilitação neurológica.

2. OBJETIVOS

O objetivo da presente revisão sistemática na literatura consiste em verificar nos

achados os estudos que abordem a influência da música no comportamento motor e as áreas cerebrais relacionadas ao movimento que são estimuladas, e realizar um paralelo entre os diversos autores e suas perspectivas sobre o tema em questão.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O delineamento metodológico deste estudo caracterizou-se por uma revisão sistemática de literatura orientada pela busca bibliográfica nas seguintes bases de dados: PEDRO, Lilacs, BVS e Pubmed. Os descritores utilizados foram consultados nos descritores em ciências da Saúde DeCS/MeSh, sendo assim, foram selecionados os seguintes descritores em português: música, áreas motoras, áreas cerebrais, ritmo e atividade motora, e seus respectivos descritores em inglês: *"music", "motor áreas", "brain areas", "rhythm"* e *"motor activity".*

Outra estratégia utilizada foi a busca manual em listas de referências dos artigos identificados e selecionados. A busca foi conduzida de agosto a novembro de 2021 e a seleção dos artigos baseou-se nos estudos relacionados aos objetivos e aos critérios de inclusão e exclusão descritos a seguir. Critérios de inclusão: 1) estudos longitudinais - caso-controle (grupo experimental e grupo controle), abertos (grupo experimental) e de coorte; 2) estudos randomizados e não-randomizados; 3) amostras constituídas por humanos com deficiência e animais; 4) estudos que abordassem a utilização da música como agente ativador de áreas cerebrais associadas ao comportamento motor; 5) estudos publicados nos últimos 20 anos (2001-2021). Critérios de exclusão: 1) estudos não disponíveis na íntegra;

4. RESULTADOS DA SELEÇÃO

Durante a pesquisa bibliográfica, utilizando a associação das palavras descritas nos métodos dessa pesquisa e textos classificados como similares, ao todo foram encontrados 431 estudos, sendo 75 encontrados pelas palavras chave e 356 como textos similares, dos quais, 404 foram excluídos inicialmente pela análise do título, do resumo e diante dos filtros utilizados. Dos 27 estudos restantes, 17 foram excluídos por não se enquadrarem nos critérios de inclusão estabelecidos, sendo, 7 não encontravam-se disponíveis na íntegra e gratuito, 5 não haviam tradução disponível para o português, 3 não tratem de conceitos clássicos relacionados a área de interesse dessa revisão e 2 não detalharam experimentos práticos realizados para testar as suas hipóteses, restando um total de 10 estudos potencialmente relevantes para a pesquisa, que

foram submetidos à leitura integral do texto e posteriormente foram utilizados como base para a elaboração da análise narrativa dessa pesquisa (FIGURA 1).

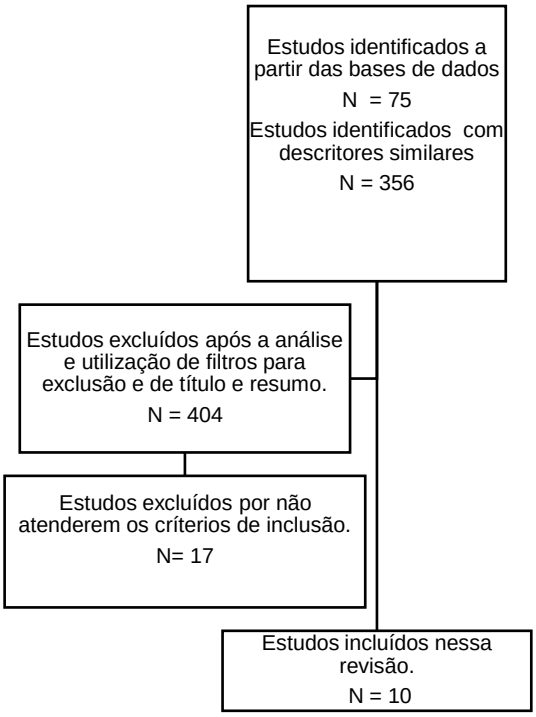

Figura 1. Fluxograma de identificação e seleção dos artigos

Fonte: Elaborado pelos autores

Levando em consideração os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, 10 artigos foram incluídos na presente revisão bibliográfica. A descrição dos artigos selecionados, contendo os autores, ano de publicação e tipo de estudo, estão resumidas no Quadro 1. E os objetivos, as metodologias utilizadas e conclusões dos estudos, estão descritos no Quadro 2.

Quadro 1. Categorização dos artigos incluídos quanto à identificação, autores, ano de publicação e tipo de estudo.

Número	Autor	Ano	Tipo de Estudo
1	Vogt, et al.	2007	Ensaio Clínico
2	Beste, et al.	2011	Ensaio Clínico
3	Peyre, et al.	2020	Ensaio Clínico
4	Gau-Sánchez	2018	Ensaio Clínico Randomizado
5	Bunketorp-Käll, et al.	2019	Ensaio Clínico Randomizado
6	Schaffert, et al.	2020	Ensaio pré-clínico
7	Rocha, et al.	2013	Revisão de Literatura
8	Weigsding, et al.	2015	Revisão de Literatura
9	Galińska	2015	Revisão de Literatura
10	Magee, et al.	2017	Revisão Sistemática

Destes 10 estudos, 6 eram ensaios clínicos randomizados (RCT), 3 deles eram revisões de literatura e 1 deles uma revisão sistemática com metanálise. Todos os estudos incluídos

avaliaram a função motora como um resultado. Em relação ao ano das publicações, observou-se que o artigo mais antigo encontrado nas buscas foi do ano de 2007 e o mais recente de 2020. Pode-se determinar que houve gradativamente um aumento dos artigos sobre a temática ao longo dos anos.

Quadro 2. Categorização dos artigos incluídos quanto aos objetivos, metodologia utilizada e resultados/conclusões.

Número	Objetivos	Metodologia	Resultados/Conclusão
1	Prever se as ativações do sistema de neurônios-espelho seriam reduzidas diante dos acordes praticados, em relação aos acordes não praticados, gerariam redução da ativação do córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo.	Participaram do estudo 32 voluntários saudáveis e destros (com idades entre 19 e 38 anos, divididos em violonistas e não violonistas.	Em conclusão, o sistema de neurônios-espelho humano pode estar envolvido nos estágios iniciais da aprendizagem de imitação. A combinação desses elementos em uma nova ação de configuração provavelmente ocorre sob o controle supervisório do córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo.
2	Avaliar se pacientes com DH apresentarão alterações no processamento da música, que poderão comprometer e deteriorar o movimento	Todos os participantes de DH e pDH eram destros e passaram por extensa investigação neurológica e foram pontuados de acordo com a MS, CFT, EI da doença de Huntington. O desempenho cognitivo foi avaliado pelos testes de fluência verbal, teste de símbolos digitais e teste de interferência stroop. As habilidades motoras finas foram medidas por testes de movimento instrumental simples (batidas; maior comprometimento motor leva a resultados de teste mais baixos) e complexos (placa de peg; maior comprometimento motor leva a melhores resultados de teste).	Especialmente na DH manifestas, foram observadas alterações no processamento musical, que foram expressas por hiperativações das estruturas cerebelares e pré-frontais mediais. Especificamente, as hiperativações cerebelares foram fortemente relacionadas ao grau de disfunção do movimento.
3	Determinar se a música arrítmica apresenta influência na atenção, de modo a induzir a neuromodulação e melhorar a marcha pós-AVC.	12 pacientes com uma primeira história de AVC foram incluídos no estudo, Todos os pacientes apresentaram comprometimento grave da marcha com duração de mais de 1 semana após o AVC. Para verificação da atividade muscular, utilizou-se EMG no ventre muscular do TA e VL.	Em apenas uma sessão de treinamento, a música e os sons modulam a atividade espinhal, no nível da rede pró-espinhal, que é conhecida por estar particularmente envolvida na caminhada estabilizada
4	Testar a eficácia da adição da terapia com suporte de música a um programa de reabilitação padrão em pacientes com AVC subagudo	Um ensaio clínico randomizado foi realizado em que os pacientes foram randomizados para o grupo terapia com suporte de música ou terapia convencional, além do programa de reabilitação. A intensidade e a duração das intervenções foram equiparadas em ambos os grupos. Antes e depois de 4 semanas de tratamento, as funções motoras e cognitivas, o humor e a qualidade de vida (QV) dos participantes foram avaliadas. Um acompanhamento de 3 meses foi	Ambos os grupos melhoraram significativamente sua função motora e não foram encontradas diferenças entre os grupos, no entanto, a motivação intrínseca do paciente para se envolver em atividades musicais foi associada a uma melhor capacidade motora DH.

		conduzido para examinar a retenção dos ganhos motores DH.	
5	Investigar se a equoterapia e a terapia baseada em música e ritmo afetam a mobilidade funcional na fase tardia após o AVC.	A equoterapia e a terapia baseada em música e ritmo foram oferecidas duas vezes por semana durante 12 semanas. A avaliação incluiu o teste de caminhada cronometrada de 10 metros, o teste de caminhada de seis minutos e a escala de avaliação motora modificada.	A equoterapia é eficaz na produção de ganhos imediatos na marcha e no desempenho de tarefas funcionais na fase tardia após o AVC, enquanto a eficácia da terapia baseada em música é menos clara. Os participantes desse grupo não apresentaram nenhum ganho imediato após as 12 semanas de intervenção. No entanto, 6 meses após a intervenção, passaram a apresentar melhor desempenho no teste de caminhada cronometrada de 10 metros.
6	Avaliar um novo dispositivo terapêutico baseado em música (SONATA) para o treinamento de movimentos dos membros superiores.	O dispositivo consiste em uma interface gráfica gerada por um computador de placa única exibida em uma tela de toque de 32" com alto-falantes integrados controlados sem fio por um tablet de computador. Quatro tarefas motoras envolvendo movimento de mão / dedo foram realizadas com 21 indivíduos saudáveis para avaliar os modos de operação e principais características do dispositivo.	Este estudo sugere que o dispositivo é viável e adequado para uso em indivíduos saudáveis, como uma ferramenta para o treinamento da função motora dos membros superiores na reabilitação neurológica
7	Apresentar os principais tópicos estudados na relação entre música e neurociência, assim como apontar para novas perspectivas de investigação.	Foi realizada uma revisão dos trabalhos publicados em periódicos internacionais, na última década, relacionados à música e neurociência, representativos de cada uma das subáreas acima citadas	Há contribuição da neurociência tanto para o campo de música, da pedagogia musical e da performance, quanto para o campo da musicoterapia.
8	Avaliar, por meio de pesquisa bibliográfica, o quanto o ser humano pode ser influenciado pela música.	Trata-se de uma revisão de literatura, levantando os trabalhos publicados que abordassem a influência da música no comportamento humano.	A música de fato é um dos caminhos mais rápidos e eficazes para se promover o equilíbrio entre o estado fisiológico e emocional do ser humano, e que lhe traz bem-estar físico e psíquico.
9	Levantar na literatura a importância e eficácia da musicoterapia em ambientes de reabilitação neurológica.	Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a influência da música em áreas cerebrais e a eficácia dessa técnica na reabilitação neurológica.	Existem evidências acerca da superioridade significativa da reabilitação com música sobre aquela sem música.
10	Avaliar os efeitos de intervenções musicais para resultados funcionais em pessoas com lesão cerebral adquirida.	Atualização da revisão sistemática publicada em 2010 para avaliar a eficácia das intervenções musicais na reabilitação de pessoas com lesão cerebral adquirida.	As intervenções musicais podem ser benéficas para a marcha, o tempo de funcionamento dos membros superiores, os resultados da comunicação e a qualidade de vida após o AVC.

AVC: Acidente Vascular Cerebral; EMG: Eletromiografia; TA: Tibial Anterior; VL: Vasto lateral; DH: doença de Huntington; pDH: DH pré-manifesto; MS: Escala motora; CFT: Capacidade Funcional Total; EI: Escala de Independência;

O conhecimento sobre a influência da música sobre as áreas cerebrais, é proveniente de diversos estudos que foram realizados com diferentes populações, isto é, diferentes pacientes que sofrerem lesões cerebrais e acabaram sendo submetidos a reabilitação neurológica com suporte musical. Alguns dos estudos incluídos nessa revisão de literatura, investigaram a influência das músicas em diferentes patologias neurológicas, tais como AVC (40%, n=4), agudo ou crônico e a doença de Huntington (10%, n=1).

Após leitura completa dos artigos incluídos nessa revisão, alguns dados foram extraídos, possibilitando a categorização do conhecimento em alguns temas. Essas categorias foram construídas de forma dedutiva, visando alcançar o objetivo proposto. Sendo assim, a análise dos artigos possibilitou a elaboração de duas categorias temáticas para a discussão, sendo elas: 1) Eficácia da terapia com suporte musical na função motora de membros superior e inferiores; 2) Contribuições da TSM para outras funções executivas.

5. CONTEÚDO DA REVISÃO

5.1 Propriedades da música e áreas cerebrais ativadas

A música é um treinamento de intervenção não farmacológico, não invasivo, não adverso e de reação barata que pode ser realizado com facilidade e sucesso(ZHANG,2016). De acordo com, Altenmüller e Schlaug (2013) a música pode estimular processos no cérebro, que podem ser generalizados e transferidos para funções não musicais, resultando em efeitos terapêuticos benéficos e mensuráveis. A explicação para tal mecanismo está no fato de que a música é processada em muitas áreas do cérebro, isto é, outras áreas além da área auditiva são ativadas, gerando diferentes reações.

A região conhecida popularmente como área de broca, isto é, o giro frontal inferior posterior (GFI) é um importante e dominante componente cerebral, responsável pela recepção multimodal e integração sensoriomotora(GALIŃSKA,2015).

> Foi demonstrado que o GIF é ativado quando se ouve, vê ou realiza ações específicas, principalmente durante as atividades musicais. Isso é comumente descrito como um suposto sistema de neurônios-espelho humanos, que é considerado um hipotético processador supra modal e hierárquico(GALIŃSKA,2015,p.2).

Um estudo realizado por Sluming, (2002), comparou a matéria cinzenta do GFI entre músicos com não músicos, determinando que há maior matéria nos músicos. Tal achado determina que aprender a associar ações com sons particulares e treinamento musical, leva a mudanças funcionais, mas também estruturais, nos córtices frontais(SCHLAUG,2011). Destaca-se que tal mudança, ocorre através de "uma transferência de modelo cruzado de habilidades adquiridas que resulta na melhora do funcionamento comportamental e cognitivo. Este fenômeno é definido como plasticidade modal cruzada do cérebro"(GALIŃSKA,2015, p. 3).

Todo o cérebro reage à música, mas suas diferentes áreas reagem a diferentes componentes da música. "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, também, no de quem ouve"(ROCHA,BOGGIO,2013,p.3).

A música é capaz de estimular várias redes neurais, o processamento das informações rítmicas, envolve estruturas como o córtex motor pré-frontal, o cerebelo, áreas límbicas, dentre outras(TOMAINO,2011).

> O resultado da complexa interação da música com áreas distribuídas por todo o cérebro é que ela tem a capacidade de envolver áreas e conexões adicionais em pacientes com deficiências neurológicas. A música pode ser usada como uma modalidade alternativa para acessar funções indisponíveis por meio de estímulos não musicais(GALIŃSKA,2015,p.4).

No que diz respeito a atuação da música na reabilitação neurológica, destacam-se quatro mecanismos, sendo eles, estimulação rítmica e arrastamento, processamento padronizado de informações, processamento neurológico diferencial, resposta afetivo-estética(GALIŃSKA, 2015).

Segundo Galińska (2012), para compreender a estimulação rítmica, é necessário entender o fenômeno denominado ressonância acústica e por meio dele, acontece a sincronização entre as funções/ritmos biológicos e os ritmos músicas. Por meio dessa sincronização ocorre uma regulação entre funções fisiológicas e comportamentais, desse modo, tem-se uma influência em aspectos como, controle motor e na fala.

Os padrões de ritmo musical e a sincronização ajudam na criação da estrutura temporal na ativação da rede neural. É importante considerar que, durante o processamento neurológico dos componentes musicais, diferentes estruturas cerebrais são ativadas, para além das estruturas auditivas. Portanto, o processamento neurológico atinge regiões musicais e não musicais, isso permite que regiões deficientes sejam acessadas/ativadas, por meio da plasticidade

cerebral(SÄRKÄMÖ,2010). Por fim, tem-se a resposta afetivo-estética, isto é, a música induz diversos estímulos.

> A música é caracterizada por uma capacidade única de acessar sistemas afetivo-motivacionais no cérebro, os quais têm funções regulatórias importantes na organização do comportamento, mudança de comportamento e na aprendizagem. Atenção, percepção, memória, aprendizagem, funções executivas e respostas físicas podem ser efetivamente influenciados por estados afetivos apropriados (GALIŃSKA,2015,p. 4).

Existem diversas estruturas cerebrais envolvidas na percepção do som, tais como, córtex pré-frontal, córtex pré-motor, córtex motor, córtex somatosensorial, lobos temporais, córtex parietal, córtex occipital, cerebelo e áreas do sistema límbico, incluindo a amígdala e o tálamo (OVERY;MOLNAR-SZACKACS,2009;ROCHA;BOGGIO,2013).

> Essas áreas envolvidas na percepção musical envolvem desde a percepção auditiva do som, até o reconhecimento de seus parâmetros básicos (altura, duração, timbre e intensidade) e as relações entre eles. Além disso, a percepção musical envolve, também, o entendimento da forma e a compreensão de organizações hierárquicas(ROCHA, BOGGIO,2013).

Destaca-se que a integração entre diversas áreas corticais com o sistema límbico, responsável pelas emoções, influencia diretamente no aspecto emocional, isto é, o processamento musical passa a ser influenciado pelas emoções(ROCHA;BOGGIO,2013).

Outras estruturas cerebrais recrutadas durante a percepção de ritmos são, gânglios basais, cerebelo, córtex pré-motor dorsal e área motora suplementar. É importante destacar que, quanto mais complexo o padrão rítmico ouvido, maior a atividade neural de quem ouve (CHEN;PENHUME;ZATORRE,2008; ROCHA;BOGGIO,2013).

A música é processada difusamente no cérebro, o que significa que as intervenções musicais podem ser direcionadas para abordar uma ampla gama de déficits, tais como, déficits motores, cognitivos e questões comportamentais e emocionais. É importante destacar que as estruturas repetitivas e previsíveis na música podem atuar como dicas para o aprendizado(MAGEE, W. L.;CLARK I.;TAMPLIN J.;BRADT J.;2017).

Desse modo, é evidenciado na literatura que ouvir música e sua prática induzem a remodelação das estruturas cerebrais, com reorganização das redes neurais em indivíduos saudáveis e também em indivíduos com condições neurológicas, como Parkinson, Acidente Vascular Cerebral (AVC), paralisia cerebral, dentre outras.(ALTENMÜLLER; SCHLAUG, 2015; O'KELLY,2016).

5.2 Música e comportamento motor

Para compreender a influência que a música exerce sobre o movimento, é necessário entendermos os conceitos de *feedfoward* e *feedback*. O feedfoward, está associado à capacidade do indivíduo de prever eventos(ROCHA;BOGGIO,2013).

> Um exemplo é o fato de que quase todo indivíduo é capaz de bater os pés no ritmo de uma música que escuta. O indivíduo percebe a regularidade da música (estímulo auditivo) e consegue prever e sincronizar o movimento dos pés com ela (resultado motor).(ROCHA; BOGGIO,2013, p.3).

Já o feedback relaciona-se com a capacidade de realizar alterações no processo motor através do estímulo sonoro percebido a partir da audição(ROCHA;BOGGIO,2013). Para exemplificar a influência da música no comportamento, destaca-se que:

> O exercício físico acompanhado de música pode aumentar a força e a resistência, o tônus muscular, a flexibilidade, a agilidade, o controle corporal, a capacidade vital e a eficiência cardiovascular. A música torna-se não apenas um motivador para o movimento, mas também fornece uma estrutura rítmica para ritmar e indicar padrões de movimento(GALIŃSKA,2015, p.3).

Fisiologicamente, a música é estimulante e induz o movimento, além disso, pode motivar o exercício e anular a percepção da dor em indivíduos que apresentem tal sintomatologia. Autores, como Clark (2016), destacam que o ritmo na música é um forte estímulo condutor para a função motora.

De acordo com Rocha, Baggio (2013), apenas o ato de ouvir a música, sem de fato executar qualquer tarefa motora, gera recrutamento do córtex motor. Além disso, existe uma interação auditivo-motora que não está restrita apenas às pessoas com prática musical. Vale notar que o córtex auditivo e o córtex motor são recrutados durante atividades musicais, tal informação fornece evidências acerca da interação auditivo-motora.

Diante desse aspecto, e pensando na influência do ritmo, destaca-se que pacientes que possuam doenças neurológicas, podem ser beneficiados pelas interações auditivo-motoras. Dessa forma, a música pode auxiliar na reabilitação física, favorecendo por exemplo, retreinamento da marcha e coordenação dos membros superiores (MAGEE, W. L.;CLARK I.; TAMPLIN J.;BRADT J.;2017*)*.

Para além do exposto, nota-se que existe uma relação direta do sistema de neurônios espelho com a música. “São neurônios recrutados tanto na ação quanto na observação da mesma ação executada por outro indivíduo. São recrutados, também, em resposta à audição de sons relacionados à ação executada por outro indivíduo”(RIZZOLATTI; CRAIGHERO, 2004; ROCHA;BAGGIO,2013,p.3). No entanto, não se sabe ao certo, qual a função desses neurônios em relação a música.

Como destacado anteriormente, a música apresenta influência no comportamento humano, e existem dois estilos principais, a sedativa e a estimulante. Para contextualizar esses dois conceitos, alguns autores afirmam que:

> A música de estilo sedativo compreende os andamentos lentos, com harmonias simples e leves variações musicais. Uma de suas características é o fato dela poder tornar suave uma atividade física ou aumentar a capacidade contemplativa do ser humano, produzindo um efeito relaxante, com redução da frequência cardíaca, pressão arterial e ventilação(BERNARDI.,2006, apud WEIGSDING,.2015, p.7).

Em contrapartida, a música estimulante, produz efeito excitante, gerando resposta contrária à descrita anteriormente, desse modo, parâmetros como, respiração, pressão arterial e batimentos cardíacos, apresentam-se aumentados, em virtude das respostas simpáticas do organismo(WEIGSDING,.2015).

Desse modo, a musicoterapia, expressa por meio da TSM, pode contribuir para a melhora da capacidade motora, atribuída à plasticidade neural das vias motoras do córtex cerebral para a medula espinal, por meio dos estímulos musicais.(AMENQUAL,2013).

5.3 Observação da atividade cerebral

A tecnologia de neuroimagem cada vez mais sofisticada é capaz de fornecer evidências biomédicas objetivas da atividade musical que apoia a neuroplasticidade. Com o avançar da neurociência, passaram a existir maiores possibilidades para compreensão da relação existente entre música e sistema nervoso(O'KELLY.,*2016).*

> Os métodos de neurociência oferecem oportunidades interessantes para compreender os efeitos e mecanismos envolvidos na prática da musicoterapia por meio de (I) estudos in situ , onde as medidas são usadas durante as sessões de musicoterapia para explorar processos neurológicos subjacentes, (II) comparações empíricas onde neuroimagem e medidas neurológicas fornecem biomarcadores de mudanças gerais nos processos cerebrais pré e pós-intervenções, e (III) aproximações , onde os métodos são focados nos efeitos de características musicais específicas e descobertas exploradas para identificar mecanismos de ação baseados no cérebro no processo de musicoterapia(FACHNER,2016,p.4).

Por meio da imagem por ressonância magnética (IRM) funcional, tem sido possível estabelecer correlações entre determinadas áreas cerebrais e suas respectivas funções, ativadas pela música(ROCHA;BOGGIO,2013).

> Técnicas como imagem por ressonância magnética (IRM) têm possibilitado, por exemplo, a verificação de diferentes volumes de estruturas cerebrais específicas como o corpo caloso, córtex motor e cerebelo quando se compara músicos de alto desempenho e não músicos(SCHLAUG.,1995 apud ROCHA,BOGGIO,2013, p.1).

Além da IRM, outros estudos têm empregado outras técnicas, para investigar as ativações

cerebrais em virtude da música, como a eletroencefalografia (EEG) e análise de potenciais evocados relacionados a eventos (PE), de modo a compreender os aspectos temporais relacionados ao processamento de informação musical(ROCHA;BOGGIO,2013).

5.4 Eficácia da terapia com suporte musical na função motora de membros superiores e inferiores

Evidências crescentes indicam que a intervenção baseada na música é uma abordagem terapêutica promissora para a restauração das habilidades funcionais em indivíduos que apresentem alguma patologia neurológica, tais como, AVC, paralisia cerebral e doença de Parkinson.(MAGEE, W. L.;CLARK I.; TAMPLIN J.;BRADT J.;2017*)*.

No que diz respeito a reabilitação de membros superiores, um ensaio pré-clínico realizado por Schaffert, (2020), buscou investigar um novo dispositivo terapêutico baseado em música (SONATA) para o treinamento de movimentos dos membros superiores O sistema incluiu dois modos operacionais que permitiram aos usuários tocar melodias musicais em um teclado virtual ou desenhar figuras / formas em que cada entrada de ação resultava em feedback sensorial controlável. Como resultados, os testes funcionais sugeriram que o dispositivo SONAT é um sistema confiável para apresentar sequências predefinidas de estímulos e formas audiovisuais e registrar dados de resposta e movimento.

A terapia baseada na música para reabilitação induz a neuromodulação no nível do cérebro e melhora a recuperação funcional. Em consonância com isso, a ritmicidade musical melhora a marcha, em indivíduos pós-AVC**.** Nos indivíduos com AVC, a recuperação da marcha representa uma das principais ênfases durante a reabilitação**,** visto que as sequelas motoras dessa patologia, limitam a autonomia das atividades de vida diária (AVD's) (CERNIAUSKAITE,2012).

Um estudo realizado por Peyre *e outros*., (2020), buscou identificar se a música arrítmica, possuía influência na atenção de pacientes pós-AVC, induzindo a neuromodulação e melhora da marcha. Como resultado, os autores determinaram que a música pode modular a rede neural propriospinal, particularmente envolvida no controle da marcha durante a primeira sessão de treinamento. Especula-se que a repetição pode ajudar a consolidar a plasticidade e contribuir para a recuperação da marcha após o AVC.

Ainda envolvendo pacientes com AVC, Bunketorp-Käll, (2019), realizaram um estudo para comparar a eficácia da equoterapia com a terapia de suporte musical, na mobilidade funcional

de pacientes com AVC, na fase tardia. Por hora e com efeitos imediatos, a equoterapia demonstrou-se eficaz na produção de ganhos imediatos na marcha e no desempenho de tarefas funcionais na fase tardia após o AVC, no entanto, após 6 meses da intervenção, os indivíduos submetidos a TSM passaram a apresentar melhor desempenho no teste de caminhada cronometrada de 10 metros.

Um ensaio clínico randomizado, com pacientes com AVC, nos quais os pacientes foram randomizados para o grupo TSM ou terapia convencional, além do programa de reabilitação. A intensidade e a duração das intervenções foram equiparadas em ambos os grupos. Antes e depois de 4 semanas de tratamento, as funções motoras e cognitivas, o humor e a qualidade de vida (QV) dos participantes foram avaliadas. Um acompanhamento de 3 meses foi conduzido para examinar a retenção dos ganhos motores. Destaca-se que a motivação intrínseca do paciente para se envolver em atividades musicais foi associada a uma melhor capacidade motora(GAU-SÁNCHEZ,2019).

Um único estudo incluído nessa revisão de literatura, avaliou pacientes com a doença de Huntington (DH). Tal patologia, é um distúrbio neuropsiquiátrico hereditário autossômico dominante, tipicamente caracterizado por coreia e movimentos involuntários. Os autores, buscaram identificar alterações na percepção musical em pacientes com DH, quando comparados a pacientes sem a patologia (BESTE., 2011).

Os achados do estudo de Beste, (2011), sugerem que em indivíduos com DH, foram encontradas alterações associadas ao processamento musical, expressas por meio de hiperativações das estruturas cerebelares e pré-frontais mediais. Esses resultados demonstram que principalmente as hiperativações cerebelares apresentam forte relação com as disfunções de movimento encontradas em pacientes com DH.

Segundo Magee,*(2017)* existem diversas intervenções musicais que podem ser utilizadas na reabilitação neurológica. Destaca-se alguns elementos que podem estar presentes durante a reabilitação, ouvir e mover para música ao vivo, improvisada ou pré-gravada, executar ou criar música em um instrumento, improvisar música espontaneamente usando voz ou instrumentos ou ambos, canto ou atividades vocais com música, atividades de fala e linguagem baseadas na música, composição de música e música combinada com outras modalidades (por exemplo, imagens, arte).

Diante do exposto, é importante notar que a música contribui para melhora dos aspectos motores, tanto de membros superiores quanto de membros inferiores, desse modo, a terapia com suporte musical promove uma melhora da deambulação e da função dos membros

superiores, o que contribui diretamente para aumento do nível de independência para realização de AVD's em indivíduos que apresentem alguma condição neurodegenerativa.(MAGEE,W. L.;CLARK I.;TAMPLIN J.;BRADT J.;2017*)*.

5.5 Contribuições da TSM para outras funções executivas

As revisões incluídas nesse estudo, determinaram que para além do comportamento motor, a música apresenta um papel importante como ferramenta de intervenção em diferentes alterações neurológicas como afasia, autismo e dislexia (GALIŃSKA,2015;MAGEE; 2017; ROCHA.,2013;WEIGSDING.,2015).

Tal achado é importante, visto que, indivíduos que apresentem condições neurodegenerativas além de comprometimentos motores também podem apresentar outras disfunções, tais como, dificuldade na comunicação e compreensão, reduzindo dessa forma, a capacidade de falar e usar a linguagem escrita. Desse modo, a TSM, contribui não somente para o comportamento motor, como também para outras funções executivas.(MAGEE, W. L.;CLARK I.; TAMPLIN J.;BRADT J.;2017*)*.

Vale ressaltar, que a música de fato exerce grande influência sobre o comportamento do indivíduo, visto que é uma alternativa para estabelecer um equilíbrio entre aspectos fisiológicos e comportamentais do ser humano (WEIGSDING., 2015).

6. CONCLUSÃO

Diante do exposto, é notório que esse estudo apresentou algumas evidências de que a música apresenta influência no comportamento humano, de modo que a terapia com suporte musical, exerce um papel importante na aquisição de atividades motoras, e de outras funções executivas, como comunicação, emoção e memória. A terapia com suporte musical pode ajudar a melhorar componentes motores dos membros inferiores, tais como, velocidade da marcha, comprimento da passada e marcha geral em pessoas com doenças como o AVC. Além disso, a TSM também pode ser benéfica para melhorar a funcionalidade dos membros superiores

Vários mecanismos possíveis e potenciais podem ajudar a explicar os efeitos do treinamento musical sobre o comportamento motor de indivíduos saudáveis e também de indivíduos que apresentem doenças neurodegenerativas. Tais mecanismos podem envolver reorganização neural estrutural e funcional no cérebro. Vale destacar que a descoberta da eficácia clínica da

terapia com suporte musical, trouxe a tona que os elementos musicais apresentam aplicações clínicas viáveis para beneficiar indivíduos submetidos à reabilitação neurofuncional com TSM.

7. AGRADECIMENTOS

À instituição de ensino UNISALES- Vitória ES, essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso.

À Fundação de Amparo à pesquisa, pela disponibilização de estatísticas e pelo fornecimento de dados e materiais que foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa que possibilitou a realização deste trabalho.

8. REFERÊNCIAS

ALTENMÜLLER, E.; SCHLAUG, G. Apollo's gift: new aspects of neurologic music therapy. **Progress in brain research**, v. 217, p. 237–252, 2015.

ALTENMÜLLER, E.; SCHLAUG, G. Musicoterapia neurológica: os efeitos benéficos da produção musical na neurorreabilitação. **Acoust. Sci.Technol**. v. 34, n. 1, p. 5-12, 2013.

CERNIAUSKAITE, M. et al. Quality-of-life and disability in patients with stroke. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, v. 91, n. 13 Suppl 1, p. S39-47, fev. 2012.

CHEN, J. L.; PENHUME, V.B.; ZATORRE, R. J. Moving on time: brain network for auditory-motor synchronization is modulated by rhythm complexity and musical training**. Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 20, p. 226, 2008.

CLARK, I.N.; BAKER, F.A.; TAYLOR, N.F. The modulating effects of music listening on health related exercise and physical activity in adults: a systematic review and narrative synthesis. **Nordic Journal of Music Therapy**. v. 25, n.1, p. 76-104, 2016.

FACHNER, J. O futuro da musicoterapia e da neurociência. **Envisioning the Future of Music Therapy**. p. 139-148, 2016.

LEINS, A.K.; SPINTGE, R.; THAUT, M. Musicoterapia em ambientes de reabilitação médica e neurológica. In: HALLAM, S.; CROSS, I.; THAUT, M. ed. **The Oxford manual de psicologia musical.** Oxford, Nova York: Oxford University Press. p. 526-536, 2011.

O'KELLY, J.; FACHNER, J. C.; TERVANIEMI, M. Editorial: Dialogues in Music Therapy and Music Neuroscience: Collaborative Understanding Driving Clinical Advances. **Frontiers in human neuroscience**, v. 10, p. 585, 22 nov. 2016.

OVERY, K.; MOLNAR-SZACKACS, I. Being together in time: musical experience and the mirror neuron system**. Music Perception**, v. 26, p. 489-504, 2009.

RIZZOLATTI, G.; CRAIGHERO, L. The mirror-neuron system. **Annual Review of Neuroscience**, v. 27, p. 169-192, 2004.

SÄRKÄMÖ, T.; PIHKO, E.; LAITINEN, S.; FORSBLOM, A.; SOINILA, S.; MIKKONEN, M. et al. Music and speech listening enhance the recovery of early sensory processing after stroke. **J. Cogn. Neurosci**. v. 22, p. 2716-2727, 2010.

SCHLAUG, G. Música, músicos e plasticidade cerebral. In: HALLAM, S.; CROSS I.; THAUT, M. ed. **The Oxford manual de psicologia musical.** Oxford, NewYork: Oxford University Press. p.197-207, 2011.

SLUMING, V.; BARRICK, T.; HOWARD, M.; CEZAYIRLI, E.; MAYES, A.; ROBERTS, N. Voxel-based morphometry reveals increased gray matter density in Broca's area in male symphony orchestra musicians. **Neuroimage**. v. 17, p.1613-1622, 2002.

THAUT, M. H.; PETERSON, D. A.; MCINTOSH, G. C. Temporal entrainment of cognitive

functions: musical mnemonics induce brain plasticity and oscillatory synchrony in neural networks underlying memory. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1060, p. 243–254, dez. 2005.

TOMAINO, C.M. Using rhythmic auditory stimulation for rehabilitation. In: Berger J, Turow G. ed. Music, science, and the rhythmic brain. **Cultural and clinical implication**. p. 11-21, 2011.

VOGT, S.; BUCCINO, G.; WOHLSCHLAGER, A. M.; CANESSA, N.; SHAH, N. J.; ZILLES, K.;EICKHOFF, S.B.; FREUND, H.J.; RIZZOLATTI, G.; FINK, G.R.; Prefrontal involvement in imitation learning of hand actions: Effects of practice and expertise. **NeuroImage**, v. 37, n. 4, p. 1371–1383, 2007.

WEIGSDING, J. A. a Influência Da Música No Comportamento Humano. **Arquivos do Museu Dinâmico Interdisciplinar**, v. 18, n. 2, p. 47–62, 2015.

BESTE, C; SCHUTTKE, A; PFLEIDERER, B; SAFIT, C; perception and movement deterioration in Huntington's disease. **PLoS currents**, v. 3, p. RRN1252, set. 2011.

BUNKETORP-KÄLL, L; PEKNA, M; PEKNY, M; BLOMSTRAND, C; NILSSON, M;. Effects of horse-riding therapy and rhythm and music-based therapy on functional mobility in late phase after stroke. **NeuroRehabilitation**, v. 45, n. 4, p. 483–492, dez. 2019.

SCHAFFERT, N.; JANZEN, T. B.; PLOIGT,R; SCHLUTER,S; VUONG, V; THAUT, M. H. Development and evaluation of a novel music-based therapeutic device for upper extremity movement training: A pre-clinical, single-arm trial. **PloS one**, v. 15, n. 11, p. e0242552, 2020.

ROCHA, VIVIANE CRISTINA; BOGGIO, P. S. A música por uma óptica neurocientífica. p. 132–140, 2013.

PEYRE, I.; BOUTROS, B. H; VALLEE, A. L,; BAYEN, E.; DIEHL, P. P.; PAUVERT, V. M.; Music Restores Propriospinal Excitation During Stroke Locomotion. **Frontiers in systems neuroscience**, v. 14, p. 17, 2020.

MAGEE, W. L.;CLARK I.; TAMPLIN J.;BRADT J.; Music interventions for acquired brain injury. **The Cochrane**
database of systematic reviews, v. 1, n. 1, p. CD006787, jan. 2017.

GALIŃSKA, E. Muzykoterapia. In: Wciórka J, Pużyński S, Rybakowski J. ed. Psychiatria. Metody leczenia. Zagadnienia etyczne, prawne, publiczne, społeczne. Second edition. Wroclaw: Elsevier, **Urban & Partner Publishing House**. p. 365-376, 2012.

GALIÑSKA, E. Znaczenie muzykoterapii w rehabilitacji neurologicznej. **Psychiatria Polska**, v. 49, n. 4, p. 835–846, 2015.

GRAU-SÁNCHEZ, J. et al. Music-supported therapy in the rehabilitation of subacute stroke patients: a randomized controlled trial. **Annals of the New York Academy of Sciences**, abr. 2018.