

A MUSICALIDADE PARA ESTIMULAÇÃO DA ATENÇÃO VOLUNTÁRIA DE CÁLCULOS MENTAIS (EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA)

Herica Cambraia Gomes¹
Ana Lucia Manrique²

Resumo: Este artigo apresenta percepções de uma professora a respeito do processo de Musicalidade como estratégia educacional de estimulação à Atenção Voluntária enquanto mecanismo das funções executivas, na realização de cálculos mentais da matemática. O aporte teórico apoiou-se em conceitos da neurociência da educação, musicalização e alfabetização matemática. A metodologia de caráter experimental teve como sujeito uma professora do primeiro ano do ensino fundamental, que desenvolveu atividades com seus vinte alunos de idades entre 6 e 8 anos, sendo um deles com TDAH e outro com déficit de atenção. O resultado sugere maior potencialidade da Atenção Voluntária nas atividades de cálculo mental, indicando benefícios na constância do processo de musicalidade com implicações positivas na área da Educação Matemática Inclusiva.

Palavras-Chave: Musicalidade. Estimulação. Atenção Voluntária. Educação Matemática Inclusiva.

MUSICALITY FOR STIMULATING VOLUNTEER ATTENTION IN MENTAL CALCULATION (INCLUSIVE MATHEMATICAL EDUCATION)

Abstract: This article presents perceptions of a teacher about the musicality process as an educational strategy of pacing at the Voluntary Attention as a mechanism of executive functions in performing mental calculations of mathematics. The theoretical framework supported in neuroscience concepts of education, music education and mathematics literacy. The methodology is experimental and had as research subject a teacher of the first year of primary education, who developed activities with twenty students aged 6 to 8 years, one of them with ADHD and another with attention deficit. The result suggests greater potential Attention Voluntary in mental activities calculation, which may indicate benefits in the constancy of musicality process with positive implications in the area of Inclusive Mathematical Education.

Keywords: Musicality. Stimulation. Voluntary Attention. Inclusive Mathematical Education.

Introdução

Por meio da neurociência, área interdisciplinar de constantes pesquisas nos últimos anos, destacam-se estudos de habilidades típicas da aprendizagem matemática voltados para a

¹ Doutoranda em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC-SP; Musicista, Psicopedagoga, Especialista em Educação Especial - UNIRIO. Pesquisadora Responsável LIPANEMA - Laboratório Interdisciplinar de Pesquisa Aplicada: Neurociência Educacional, Música e Matemática – UBM – Centro Universitário de Barra Mansa/ CEMAE. E-mail: herica.cambraia@gmail.com

² Professora Doutora do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC-SP; Coordenadora do Laboratório EDUMATEC - Laboratório do Observatório da Educação Matemática e da Tecnologia. E-mail: analuciamanrique@gmail.com

identificação das funções neurocognitivas especializadas, que podem auxiliar o ensino de matemática na Educação Inclusiva.

A partir de documentos sobre Educação Especial no Brasil (1988, 1994, 1996, 1999, 2001), a efetivação da Educação Inclusiva vem contribuindo para novos paradigmas educacionais que demandam permanente reflexão sobre conhecimentos acerca do desenvolvimento humano típico e atípico; a forma de integração e consolidação de conceitos, estudos e aprofundamentos teóricos sobre processos neurocognitivos específicos de cada deficiência; e estratégias de ensino voltadas para aprendizagem de alunos em processo de inclusão, entre outros.

Nesse percurso, a Educação Inclusiva busca instrumentos de intervenção que procuram auxiliar, complementar e apoiar práticas que oportunizem a todos os alunos aprender, oferecendo, entre outros, suportes sensoriais diversificados com fins de Estimulação. Especificamente em relação à área da Educação Matemática, utiliza-se desde muito cedo a linguagem simbólica para expressão de conceitos que fundamentam as bases de aprendizagens posteriores que sustentam toda a vida escolar. Dessa forma, existem desafios relacionados à necessidade de buscar elementos inovadores que integrem aspectos orgânicos, psicológicos e sociais, e abram espaços para a utilização de novas estratégias interdisciplinares no ensino de Matemática para salas inclusivas.

Os estudos sobre a atividade cognitiva da Matemática procuram compreender fatores relacionados ao processo de aprendizagem da Matemática. A identificação das funções neurocognitivas necessárias e constituintes dessa competência abrangem um campo científico muito mais amplo do que discutir, apenas, sobre conteúdos programáticos. Diz respeito também aos sistemas matemáticos de representação utilizados como ferramentas para conceituar e representar o mundo, ao estabelecimento das relações entre elementos da realidade e suas representações, à sua capacidade de operar sobre situações-problema, à organização das relações numéricas e espaciais recorrendo às convenções da cultura, enfim, à adoção de mecanismos neurocognitivos necessários à aprendizagem.

Desse modo, com a Educação Inclusiva, surgem novas perspectivas de ensino da Matemática e, com elas, novas formas de intervenção didática voltadas para a estimulação das potencialidades, que compreendem o entendimento do desenvolvimento do sistema cerebral

no processo de aprendizagem e das funções neurocognitivas, denominadas de Funções Executivas, entendidas como um conjunto de habilidades complexas (atenção, memória operacional, flexibilidade cognitiva, planejamento, categorização, fluência, controle inibitório, tomada de decisões, e criatividade), responsáveis pela aprendizagem intelectual que vem sendo amplamente definida (LURIA, 1966, 1973; LEZAK, 2004; MALLOY-DINIZ *et al.*, 2010; PANTANO, 2010; IZQUIERDO, 2011; THOMPSON, 2015; MUSZKAT; MELLO, 2008, 2012).

Na Matemática, para a construção de conceitos numéricos e cálculos mentais, a atenção é uma habilidade indispensável ao processo de aprendizagem (CHERMAK; MUSIEK, 1992; BUNGE; ZELAZO, 2006; MILLER, 2000); portanto, a busca de estímulos que possam contribuir para seu desenvolvimento, em se tratando de associação de áreas cerebrais, consiste em relevante contribuição para o ensino.

Importante registrar a possibilidade de modificabilidade permanente de natureza plástica das redes cerebrais, que se sobrepõem a uma estrutura modular. Isto é, o cérebro dispõe de redes funcionais que se comunicam e se modificam à medida que são estimuladas, nas quais são identificados alguns sistemas parcialmente autônomos, entre eles as chamadas Funções Matemáticas (MUSZKAT; RIZZUTTI, 2016). Os estímulos sensoriais podem e devem ser utilizados para que diferentes áreas se desenvolvam, destacando-se a Musicalidade como instrumento de estimulação do pensamento matemático.

Para reconhecimento das Funções Matemáticas é importante observar três paradigmas: 1) a modularidade inter-hemisférica (utilização dos dois hemisférios cerebrais) (LURIA, 1966, 1973; MUSZKAT; RIZZUTTI, 2016); 2) a plasticidade (comunicação de redes cerebrais por estímulos, causando modificabilidade funcional); e 3) a modificação epigenética (características de organismos que são estáveis ao longo de diversas divisões celulares, mas que não envolvem mudanças na sequência de DNA) do organismo, observada em casos clínicos que demonstram preservação e genialidade, como por exemplo, nos autistas savant, síndrome de Asperger, com lesões cerebrais em circuitos específicos, e outros (MUSZKAT; RIZZUTTI, 2016).

Em relação a bebês de poucos meses, Wynn (1992) descobriu que eles já sabem efetuar somas simples, não com os símbolos convencionais, mas sabem diferenciar entre um,

dois e três objetos e, além disso, sabem, por exemplo, que se juntarem um objeto com outro, terminarão com dois objetos, não com um, nem com três. Isso significa que as Funções Matemáticas estão presentes nos humanos antes de conhecer números. São familiarizados com quantidades e adição antes mesmo de conhecê-los, já possuindo um sistema de representação não verbal.

Fauconnier e Turner (2002) afirmam que os bebês nascem com habilidades de identificação, integração e imaginação que viabilizam interpretar, por exemplo, tonalidade da voz da mãe, sua aparência facial, seu cheiro e possíveis gestos. Isso significa que o bebê aciona uma referência de caracterização a determinada identidade. Essa identidade é dinâmica à medida que se desenvolve e se reorganiza mentalmente em suas experiências. A habilidade de integração envolve o estabelecimento de regras e ordenação das coisas, podendo ser exemplificado quando o bebê aprende a manusear um chocalho, obtendo o resultado ao repetir o movimento de balançar as mãos (movimento-som). A imaginação se apresenta a partir dessas regras estabelecidas, que podem ser reorganizadas em outro momento e ambiente, isto é, quando simula. Um exemplo seria o bebê segurando uma colher e cantando ou balbuciando melodias de sua rotina (FAUCONNIER; TURNER, 2002). Essas habilidades cognitivas são básicas para o desenvolvimento do pensamento matemático nos anos seguintes de vida, visto a necessidade de criação de padrões para os domínios de imitação, atenção e memória, bem como a simulação de fatos e criação de hipóteses.

Em relação ao senso numérico, Dehaene e Cohen (1995) afirmam que está presente em bebês desde tenra idade. O senso numérico a que se referem é constituído de dois mecanismos não verbais de percepção genuinamente numérica: um sistema exato, para numerosidades pequenas até quatro unidades, e um sistema de aproximação para numerosidades maiores. Todos os humanos, independentemente de sua cultura e educação, possuem uma compreensão intuitiva de número. Evidências de imagens cerebrais e neurofisiológicas apontam que esse conhecimento é fruto do processo evolutivo e foi herdado de ancestrais (DEHAENE, 1992, 1997; DEHAENE; COHEN, 1995). Assim, a hipótese da formação do senso numérico postula que este sistema cerebral já está disponível desde muito cedo no desenvolvimento, ainda bebês.

Muszkat e Rizzutti (2016) afirma que o pensamento matemático influencia a

percepção musical na proporção rítmica e durações melódicas. Além disso, Thompson (2015) afirma que a música possui fatores determinantes de identificações culturais capazes de religar o indivíduo aos valores do seu meio e, portanto, a si mesmo, reconstruindo sua história e sua identidade de forma positiva; integrando pessoas, por meio de seu poder de inserção social; reduzindo ansiedade; proporcionando a construção da autoestima e possibilitando comunicar-se pela linguagem sonoro-musical.

Na proposta deste artigo utiliza-se a perspectiva da Musicalidade de Cross e Morley (2006) e de Pederiva e Tunes (2008), que retratam a musicalidade como sendo de caráter biológico do ser humano, no qual as relações de ritmos e sons são expressões natas da corporeidade e da atividade sociocultural da dimensão humana, como a fala ou a oralidade.

Se, na comunicação animal e primitiva, música e “fala” (podendo ser aqui entendida como vocalizações, ou ainda por sonorizações), são um só e o mesmo processo, e se o papel da comunicação sonora nesse contexto é o de expressão de estados afetivos, então, tudo indica que a música, em seu estágio primário, elementar é igualmente o veículo comunicativo de expressão das emoções. Isso está presente e se afirma no percurso filogenético. Essa base biológica da atividade de caráter musical permite afirmar sobre a universalidade da musicalidade, isto é, se depender das possibilidades enquanto animais humanos, todos somos capazes de nos expressar musicalmente, de expressar nossas emoções por meio de sons, do mesmo modo como, de modo geral, se depender da anatomia e fisiologia humana, todos somos capazes de nos expressar por meio da fala. Isso é dado ao ser humano, independentemente das formas que possam assumir. A musicalidade possui, assim, caráter universal. Não se trata de um dom para alguns. É um dom para todos (PEDERIVA; TUNES, 2008).

Vale destacar que a Musicalização é o termo utilizado na área de Educação Musical que identifica os primeiros anos do aluno no ensino formal de Música, geralmente voltado para a Música profissional ou erudita.

A Musicalidade descrita neste artigo é desenvolvida por meio de vivências associadas aos elementos sonoros voltados para a estimulação de habilidades neurocognitivas. Essa organização pauta-se nas abordagens teóricas de Edgar Willems (1968, 2002), Schafer (1991) e Edwin Gordon (2000, 2008), autores da área de Educação Musical que retratam sobre o ensino da Música a partir de experiências de escuta, ritmos e instrumentos, vinculando-os a fundamentos teóricos para a Educação Matemática (GOMES, 2014, 2015, 2016; GOMES; ALENCAR, 2015; GOMES; MANRIQUE, 2014, 2015).

Portanto, este estudo é instigado pela questão: A Musicalidade estimula o desenvolvimento da Atenção Voluntária para Aprendizagem Matemática nos anos iniciais do ensino fundamental? Como?

Para tentar responder a esse questionamento, inicialmente, realizou-se a busca em bancos de dados: CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações) e SCIELO (Scientific Electronic Library Online), com as palavras-chaves: Atenção, Funções Executivas, Música, Musicalização, Musicalidade e Educação Matemática.

Nessa busca não foram encontrados documentos para a pesquisa em questão, sugerindo um novo campo de investigação a partir de conceitos da Educação Matemática (Desenvolvimento do Conceito Numérico e o Sistema de Numeração), Neurociência (Funções Executivas: Atenção Voluntária) e Musicalidade como processo organizado a partir da relação entre corporeidade, ritmo e som, fundamentados em autores da Educação Musical e psicomotricidade.

A partir de pressupostos de pesquisas em neurociência; dos estudos da relação inter-hemisférica de áreas cerebrais, nos quais os avanços tecnológicos de imageamentos demonstram a possibilidade de modificabilidade funcional do sistema nervoso e das estruturas cognitivas (plasticidade cerebral) (CHERMAK, 1992, MUSZKAT; RIZZUTTI, 2016) e das janelas de oportunidades ou períodos críticos, referindo-se aos períodos de maturação e do fortalecimento das ligações sinápticas (GARDNER, 1983; ANTUNES, 2002; HERCULANO-HOUZEL, 2010), buscou-se compreender a influência do processo da Musicalidade no desenvolvimento da Atenção Voluntária para conceitos de Matemática, neste caso, o conceito numérico (BASTOS, 2008).

Para a Educação Inclusiva, alguns pressupostos já comprovados são indicadores para reestruturação do ensino, que incorpora a passos lentos essas modificações, as quais já deveriam ter sido consideradas há muito tempo, para a efetivação da inclusão. Podem-se exemplificar alguns desses pressupostos como:

- a) todo cérebro é capaz de aprender, inclusive os lesionados, por ser um sistema semidependente, isto é, o cérebro pode funcionar com suas áreas complexas, autônomas e interdependentes; portanto, todos somos capazes e temos o direito de

aprender.

- b) o cérebro tem estrutura dinâmica, não estática, significando que pode se modificar conforme a intervenção do meio externo. A teoria que comprova esse fenômeno chama-se Teoria de Modificabilidade Cognitiva Estrutural, formulada pelo psicólogo israelense Reuven Feuerstein (1974, *et. al.*, 1994, 1997, 2014; MEIER, 2007), e consiste em afirmar que a aprendizagem envolve crescimento e formação de novas conexões sinápticas, crescimento de espículas dendríticas, mudança de conformação de macro proteínas das membranas pós-sinápticas, aumento dos neurônios neurotransmissores e neuromoduladores e aumento das áreas sinápticas funcionais. Ocorrem durante todas as fases, desde o registro e a aquisição das informações até o armazenamento e a evocação, a memória.
- c) O desenvolvimento cerebral não é somente a variação dos genes, mas as interações dos genes com a “experienciação”;
- d) Antes dos três anos de idade, existem significantes impactos que são decisivos para a citoarquitetura;
- e) Existem períodos críticos, também chamados de janelas de oportunidades, que se referem a etapas específicas no curso maturacional, em que há maior plasticidade cerebral de picos de maturação neuronal oportunizando um melhor e maior desenvolvimento (ANTUNES, 2002; HERCULANO - HOUZEL, 2010; MEIER, 2007).

Atenção

Anatomicamente, a atenção e as demais funções executivas, segundo estudos (BUNGE, 2006; MILLER, 2000), não são produtos de uma única área cerebral, mas dependem do funcionamento concentrado, resultante da atividade interconectada de sistemas de redes neurais específicas. Métodos de neuroimagem (análise do cérebro em atividade) de tarefas sensoriais e motoras de áreas específicas do cérebro, atualmente denominadas como: tomografia computadorizada, ressonância magnética, tomografia por emissão de pósitrons (PET) e ressonância magnética funcional apontam o córtex pré-frontal como principal região

de atividades atencionais. Porém, dependendo do órgão de sentido conector (visual ou auditivo), diferentes regiões e circuitos de conexões neuronais são acionados, o que sugere novos estudos acerca de possíveis relações de áreas cerebrais ativadas durante a escuta musical, a Atenção Voluntária e o cálculo mental.

Referindo-se à habilidade de Atenção, uma primeira classificação é esclarecida por Muszkat e Mello (2008) como Atenção Voluntária e Involuntária, entendendo como Atenção Involuntária a que se refere à mudança não programada do foco atencional, provocada por estímulo externo que pode estar em conflito com a expectativa e o contexto, podendo ser desencadeada quando a informação sensorial é de grande intensidade e complexidade, além de ser surpreendente e inédita. Os desvios da atenção podem se manifestar por saturação, estimulação externa ou por alterações da homeostase do organismo, determinadas pelo estado de vigília e necessidades instintivas, representando desvios momentâneos ou permanentes. Quanto à Atenção Voluntária, caracterizada pela programação com intenção e motivação, consiste:

[...] na organização social da atenção mediada pela linguagem e depende da programação intencional e motivacional, que são a base do comportamento humano adaptativo e organizado. Atenção voluntária divide-se em atenção seletiva, atenção dividida e atenção sustentada (MUSZKAT; MELLO, 2008, p.108).

Enfatizam que a Atenção Voluntária não é um processo contínuo, e sim multidimensional, que envolve excitação, levando à prontidão executiva e à inibição, interrompendo ações e pensamentos em um processo recursivo de ativação de circuitos excitatórios e inibitórios concorrentes. Tanto a excitação quanto à inibição podem envolver atividade automática e voluntária que requer esforço (MUSZKAT; MELLO, 2008).

Estamos considerando que a Atenção Voluntária divide-se em Atenção Seletiva, Atenção Dividida e Atenção Sustentada (MUSZKAT; MELLO, 2008; 2012). A Atenção Seletiva refere-se à capacidade de direcionar a atenção para uma determinada porção do ambiente, enquanto os demais estímulos a sua volta são ignorados. Gray (1982) afirma que a atenção seletiva permite selecionar fontes específicas de informação para checar previsões geradas a partir da memória sobre regularidades passadas no ambiente, sendo, portanto, altamente adaptativa. Capovilla *et al* (2007) definem-a como a capacidade de selecionar

informações relevantes do ambiente e, paralelamente, inibir outras informações irrelevantes para determinada tarefa.

Carter (2012) afirma que a Atenção Seletiva controla e dirige a consciência, funcionando como uma caneta marca-texto que resalta algumas partes do todo, esmaecendo o restante, selecionando características mais importantes do ambiente no momento e amplificando a resposta do cérebro. É ela que permite escolher um item dos estímulos sensoriais recebidos para ter melhor consciência dele. A proximidade da atenção com a consciência é tão intensa que é quase impossível prestar atenção em algo e não ter consciência disso.

Muszkat e Mello (2008) denominam o foco atencional selecionado entre uma categoria ou seleção como consciência. Revelam que a percepção atenta pode ser dividida em dois estágios principais. Um estágio pré-atentivo, que apenas detecta a presença de informação e, portanto, requer poucos recursos cognitivos. E um estágio atento focalizado, responsável pela combinação de estímulos, envolvendo manipulação e inibição de distratores. É a Atenção Seletiva que orienta a consciência para um determinado estímulo dentre uma variedade imensa de estímulos para extrair significados.

A Atenção Dividida diz respeito à possibilidade de atender, concomitantemente, a duas ou mais fontes de estimulação, o que envolve tanto aspectos espaciais como temporais. Consiste na competição entre processos sensoriais diversos e processamentos automatizados com capacidade limitada. O desempenho nessa forma de atenção depende da capacidade de processamento controlado, necessária para desempenhar tarefas não rotineiras e da estratégia que será utilizada para um processamento eficiente. Quando fazemos duas coisas ao mesmo tempo, pelo menos uma delas deve estar automatizada. Como exemplos desta última, destacam-se dirigir automóvel ou ler um livro, atividades que se relacionam à habilidade e ao treino (MUSZKAT; MELLO, 2008).

Para Nabas e Xavier (2004), a Atenção Dividida refere-se à necessidade de atender concomitantemente a duas ou mais fontes de estimulação, o que pode envolver tanto aspectos espaciais quanto temporais. Testes geralmente empregados para investigar a Atenção Dividida envolvem o desempenho concomitante de duas tarefas. Espera-se que haja prejuízo de desempenho em situações de tarefa dupla, pois haveria divisão dos recursos de processamento

para o desempenho concomitante. Entretanto, a natureza da divisão da atenção não está clara. Não se sabe se ela envolve uma separação dos recursos de processamento, de modo que cada um dos subcomponentes resultante continue a processar os elementos críticos de cada tarefa em paralelo, ou se essa divisão ocorre no tempo, de modo que os recursos atencionais sejam destinados ao processamento ora de uma tarefa, ora da outra, alternando-se entre ambas (NABAS; XAVIER, 2004).

A Atenção Sustentada relaciona-se ao prolongamento do foco atencional durante períodos de maiores tempos. É definida como o estado de prontidão necessário para detectar e responder a certas alterações específicas quando em situações de estímulos. O engajamento com determinadas tarefas muda com o tempo, podendo levar-se à desmotivação. Por isso, a capacidade de atenção sustentada varia de acordo com a faixa etária, o treino e as características individuais e culturais (MUSZKAT; MELLO, 2008).

Coull (1998) sugeriu que vigilância ou alerta são diferentes de Atenção Sustentada. Embora sejam frequentemente consideradas sinônimas, é possível distingui-las: a vigilância pode ser considerada como um processamento de longa duração, da ordem de minutos a horas, enquanto a Atenção Sustentada teria duração da ordem de segundos a minutos, devido a suas características funcionais.

Na idade escolar, crianças com 4 e 5 anos (Educação Infantil, primeira etapa da Educação Básica) já conseguem eliminar de maneira eficiente alguns distratores, e a partir dos 6 anos de idade formam-se processos atencionais mais elaborados e organizados (MUSZKAT; MELLO, 2008). Entre 7 e 8 anos, a Atenção Voluntária utilizada no processo de aprendizagem da escrita exige o direcionamento consciente dos olhos, ouvidos e outros órgãos dos sentidos para o estímulo conector do processamento das informações provenientes (CARTER, 2012). Para a construção desses conhecimentos, por meio da perspectiva neurocognitiva, a Atenção Voluntária é uma habilidade imprescindível no processamento das funções executivas; portanto, compreende-se que essa habilidade deveria constar como elemento a ser estimulado no desenvolvimento do pensamento matemático dos anos iniciais do ensino fundamental (currículo escolar) e, conseqüentemente, no ensino da matemática, visto que também se utiliza da escrita matemática para registros e cálculos numéricos.

Quanto à base neuroquímica da Atenção, basicamente é formada por

neurotransmissores (dopamina, noradrenalina, serotonina e as chamadas neurotrofinas) que estão intimamente ligados ao controle das funções executivas, ao domínio e à inibição do comportamento motor, à memória de trabalho e aos sistemas que relacionam as reações de recompensa não imediata (os quais determinam o controle dos níveis de excitação cerebral e o preparo para a ação motora e têm sua expressão maior nas áreas pré-frontais do cérebro); ainda, à modulação comportamental/emocional e a mudanças fisiológicas relacionadas ao controle da pressão arterial e às mudanças fisiológicas da frequência cardíaca, respiratória e do controle da vigilância, entre outros.

Musicalidade

Diferenciado do ofício de ensinar Música, na referente Musicalidade, destacam-se a escuta (sensibilização sonora), a projeção espontânea e livre (expressão rítmica, sonora e corporal), as elaborações neurocognitivas (funções cognitivas — transcodificação) e a interação (integração com o meio — elaborações internas contextualizadas) (GOMES, 2011; GOMES; NOVIKOFF, 2015). Assim, o termo Musicalidade é invocado para expressar associações de elementos rítmicos e sonoros presentes na corporeidade (envolvendo de forma condicional a psicomotricidade de referência do desenvolvimento humano) (LE BOUCHE, 1987), como estimulação neurocognitiva do processo de ensino-aprendizagem da Matemática. Além disso, é fundamental a ludicidade, característica da expressão musical infantil, que por si só é um mecanismo didático imprescindível nos anos iniciais do ensino fundamental (GOMES, 2011; GOMES; NOVIKOFF, 2015).

Assim, a organização didática dos relatos de aplicabilidade da Musicalidade foi baseada nas duas áreas, Educação Matemática e Educação, da seguinte forma:

1) **Escuta Sonora Sensível**, que se refere ao processo de *audibilização* (GORDON, 2000; 2008), abrangendo: percepção auditiva, memória auditiva, discriminação auditiva, figura-fundo auditiva, pulsação rítmica, direcionamento autônomo do foco de atenção e concentração sonora, contenção corporal, controle inibitório, sensibilidade musical para a identificação das características sonoras (altura, timbre, intensidade e andamento) referentes à linguagem musical, com vistas à organização mental e com fins à aprendizagem matemática;

2) **Biorritmo Natural e Sugerido**, referindo-se ao respeito à liberdade individual de expressão sonora (WILLEMS, 1968; 2002), utilizando-se da projeção por meio da percussão corporal, abrangendo coordenação rítmica, improvisação musical, interpretação musical, composição e instrumentalização musical e produção cultural;

3) **Embaló e Relaxamento**, com vistas à percepção social, a musicalidade é vivenciada como instrumento de efetivação de vínculos afetivos, para a promoção de relações sociais, destacando a harmonia dos aspectos necessários à saúde mental e emocional para o desenvolvimento da personalidade humana e sua convivência em sociedade (THOMPSON, 2015).

A partir de pressupostos de pesquisas em neurociência; dos estudos da relação inter-hemisférica de áreas cerebrais, nos quais os avanços tecnológicos de imageamentos demonstram a possibilidade de modificabilidade funcional do sistema nervoso e das estruturas cognitivas (plasticidade cerebral) (CHERMAK; MUSIEK, 1992; MUSZKAT; RIZZUTTI, 2016) e das janelas de oportunidades ou períodos críticos, referindo-se aos períodos de maturação e do fortalecimento das ligações sinápticas (GARDNER, 1983; ANTUNES, 2002; HERCULANO-HOUZEL, 2010), buscou-se compreender a influência do processo da Musicalidade no desenvolvimento da Atenção Voluntária para conceitos de Matemática, neste caso, o conceito numérico.

Metodologia

Para o estudo experimental, utilizou-se a metodologia qualitativa a fim de atingir elementos preliminares da investigação acerca da Musicalidade e Atenção Voluntária para a aprendizagem/ensino da Matemática, por meio de observações e reflexões sobre os fenômenos observados em 20 alunos (com idade entre 6 e 8 anos) do primeiro ano do ensino fundamental. Entre esses alunos, dois possuíam laudos: um com TDAH (Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade – DSM-V) e outro com Déficit de Atenção. Os 12 encontros tiveram a duração de uma hora semanal, por três meses.

As atividades de Musicalidade foram planejadas e organizadas a partir do aporte teórico referido, com objetivos voltados à estimulação da Atenção Voluntária para o

desenvolvimento do pensamento matemático (conceito numérico, sistema de numeração e cálculo mental), por meio de: a) a percepção rítmica e sonora do pulso e silêncio; b) movimentos utilizando a expressão da corporeidade; c) contagem e d) realização da soma por meio do cálculo mental.

Na fase de planejamento, a professora regente foi convidada a ler e entender os procedimentos, antecipadamente. Acompanhou todos os encontros, participando e registrando suas observações acerca da intensidade da atenção que os alunos apresentavam antes, durante e após as atividades, principalmente em suas aulas de Matemática, nas quais os cálculos mentais e o conceito numérico foram utilizados para atividades do currículo institucional. Portanto, a professora esteve como elemento de observação e cooperadora do processo investigativo, uma vez que realizou leituras a respeito de introdução à neuropsicologia (Funções Executivas e Atenção Voluntária). Além disso, houve reflexão a partir dos conceitos de Matemática a serem construídos com os alunos: conceito numérico, sistema de numeração e cálculo mental (LERNER; SANDOVSKY, 1996; GOMES; ALENCAR, 2015).

Cada encontro foi dividido em três momentos distintos, nos quais um momento era específico para atividades voltadas para Matemática e dois para o desenvolvimento da Musicalidade global (GOMES, 2011; GOMES; MANRIQUE, 2014, 2015, 2016). Neste artigo, descrevemos dois momentos relacionados à Musicalidade, comuns a todos os encontros, sendo que as músicas e brincadeiras foram diversificadas ao longo dos meses, e três atividades realizadas especificamente para a Matemática.

Momentos: Musicalidade para a Atenção Voluntária

Nos quinze minutos iniciais, foram desenvolvidas atividades para habilidade específica do ouvir treinável com paisagens sonoras (SCHAFER, 1991), denominada de *Escuta Sonora Sensível*, assim descrita:

[...] refere-se à habilidade específica do ouvir treinável de sons típicos do meio ambiente, isto é, uma das características da inteligência musical (GARDNER, 2001) é a intimidade com a percepção, discriminação e identificação dos sons de forma imediata. Através da musicalização, a escuta pode ser apurada com determinado direcionamento e foco, especificando a atenção sonora referente aos sons do meio ambiente que provocam sensações a ponto de influenciar, de forma pontual, a percepção ambiental e

consequentemente a sensibilidade de atitudes e comportamentos (GOMES; NOVIKOFF, 2015, p.130).

As atividades consistiam na escuta de músicas clássicas (Vivaldi, Beethoven, Chopin e Villa-Lobos), sugerindo movimentos corporais leves, olhos fechados e respiração sincronizada. Também foram realizados jogos de percepção, discriminação e identificação sonora, com direcionamento do foco atencional para a audibilidade (GORDON, 2000; 2008), com identificação de sons de animais, do corpo humano e especificamente de vozes humanas.

Nos quinze minutos finais, foram desenvolvidas atividades de volta à calma, controle da respiração com lentidão e sugestão do tempo de inspirar e expirar, denominadas de *Embalado e Relaxamento*, cujo aporte teórico é voltado para a Inteligência Social, Inteligência Emocional, autoconhecimento e autocontrole.

Foi sugerido que imaginassem um jardim com rosas para inspirar profundamente, sentir o perfume e soprar a nuvem que encobria o sol (expirar), ouvindo músicas que sugeriram o ritmo lento para a respiração. Alongamento e movimentos corporais leves, com yoga infantil (individualmente e em duplas), em silêncio, escutando histórias sonoras com fábulas e mensagens positivas de resiliência, solidariedade e empatia também fizeram parte dos momentos finais dos encontros.

Momento: Musicalidade para estimulação Matemática

Atividade 01 – Contando as batidas do Tambor – Os vinte alunos se movimentaram livremente ao som de músicas com ritmos variados. Ao pausar a música, continham seus movimentos e entravam em círculos desenhados no chão, prestando atenção, por meio da audição, em quantas batidas foram feitas no tambor. Memorizaram a quantidade e, ao sinal, repetiram por mais duas vezes a atividade. Dessa forma, as unidades das parcelas da soma foram memorizadas e, ao final, escreveram no cartão o número que representou o resultado da soma, no referido cálculo mental. As atividades envolveram parcelas de até três unidades e o resultado não ultrapassou dez unidades.

Atividade 02 – Contando dó, ré, mi, fá, sol, lá, si – Os vinte alunos sentados em roda, ao escutarem as notas musicais do teclado: dó, ré, mi, fá, sol, lá, si, passaram a pedra-sabão. Ao

identificar o toque do guizo, quem a estivesse segurando deveria se levantar, correr em volta da roda e colocar a pedra atrás de outro colega que estivesse sentado a sete posições à direita do seu lugar. Enquanto a música do teclado (instrumento musical) não recomeçasse a tocar as notas musicais (dó, ré, mi, fá, sol, lá, si) não poderiam recomeçar a brincadeira, e cada aluno deveria aproveitar o silêncio para planejar mentalmente em quem iria colocar a pedra (identificação visual do colega que estava na sétima posição de seu lugar), caso o próximo alvo fosse ele mesmo. O aluno contaria e memorizaria quem estava sentado a sete posições à direita, a partir do seu lugar, ao mesmo tempo prestando atenção no som do guizo e percebendo se a pedra havia sido colocada atrás de si. Após a repetição desta atividade em quatro encontros, foi dada a oportunidade de falarem antecipadamente o nome do colega que iria colocar a pedra atrás de si. Desta forma, tiveram que identificar não somente o colega posicionado à sua direita, mas também à sua esquerda, o que ocasionou reflexões e observações tanto da manutenção dos espaços da roda, quanto a alterações dos nomes dos alunos conforme as alterações dos posicionamentos.

Atividade 03 – Instrumentos Musicais e os sons numerados com palmas – Os vinte alunos ficaram posicionados em cinco fileiras de quatro crianças. Foi entregue um instrumento musical por aluno. No início da atividade, cada um recebeu um cartão com um número (de 0 a 10). Cada um deles (indicado ou voluntário) escolhia uma das fileiras e, ao passar pelas crianças, ouvia os toques dos instrumentos individualmente, à medida que dava um passo e se posicionava ao lado do colega enfileirado. E memorizava a quantidade de toques dos quatro alunos separadamente. Ao chegar ao último aluno, esse somou as quantidades de toques de todos os instrumentos da fileira e expressou o resultado por meio de palmas.

Os dados foram elaborados em cada encontro na forma de registros descritivos. Além desses, a professora regente também descreveu suas observações durante suas aulas de Matemática na sala de aula, quando utilizou atividades de Musicalidade para o ensino do sistema de numeração e de cálculos mentais.

Análise dos resultados

Quanto à Atenção Sustentada, os alunos memorizaram auditivamente a quantidade dos pulsos para somar após a apresentação das outras parcelas, o que demonstra a Atenção Sustentada da informação.

“Ao desenvolver a atividade do tambor na sala, percebi o quanto foram tendo maior facilidade, conforme iam realizando e entendendo a proposta. No início, vi que alguns alunos não acertavam porque não conseguiam fazer o silêncio necessário para ouvir o número de batidas. À medida que se esforçaram para ouvir, entenderam a proposta e conseguiram realizar os cálculos contando nos dedinhos. Hoje já não utilizam os dedos quando a soma resulta no máximo em cinco. Outros já conseguem fazer os cálculos e anotar no caderno. Sugeri que fizéssemos uma gincana semana que vem, e pensei em variar os grupos, assim ficariam ainda mais motivados. Ao final, vou distribuir pirulitos e aproveitar para contar o número de alunos e o número de pirulitos, distribuindo um a um” (Registro Relatório da professora regente, 10º Encontro, 2014).

Foi possível perceber que as crianças estavam mais atentas e focadas na escuta, pois percebiam que somente por meio dela identificariam a quantidade das parcelas para realizarem a adição. A motivação que as músicas e instrumentos suscitaram estimulou a prática de contenção corpórea, fundamental para atenção, memorização e cálculo mental. As crianças que utilizaram como suporte de memória os dedos para realizar os cálculos mentais não mais os empregaram ao longo do tempo. Por outro lado, diminuiriam significativamente a velocidade dos movimentos, pois perceberam que, ao se movimentar com menor velocidade, possuíam maior chance de realizar a adição das parcelas com exatidão. Uma das crianças chegou a oralizar a dica, ao cooperar com o colega:

“Faça mais devagar que você consegue, muito rápido não dá tempo de pensar.” (Registro Pesquisadora Relatório, 11º Encontro, 2014).

Dessa forma, foi possível perceber que, ao longo do tempo, todos os alunos realizaram a atividade demonstrando Atenção Sustentada, Atenção Dividida e Atenção Seletiva.

O empenho da Atenção Dividida pode ser demonstrado ao ter que perceber o som do guizo, e para isso o silêncio foi fundamental, por ser um som de baixa intensidade, agudo e que não se encontrava no campo visual das crianças. A contagem das posições por meio dos corpos dos colegas como apoio visual contribuiu para o estabelecimento da relação numeral-quantidade, além da psicomotricidade no que tange a relação espaço-temporal, visuo-motor e

consciência do esquema corporal.

“No começo, fiquei com receio de trabalhar com pedra, porque tenho dois alunos que são muito agitados e poderiam machucar os colegas. Depois que você conversou com eles, e após o terceiro encontro desta atividade, percebi que eles estavam respeitando as regras. Comecei utilizando bolinha de papel na sala de aula, e hoje tenho feito com o saquinho de areia que a mãe de uma aluna nos presenteou. Todos eles já contam direitinho e colocam atrás do amigo certo. Quando contam errado, eles mesmos dizem: — pensa direito!. Você não tem noção de como meus alunos se modificaram. Eu imaginava que a música era eficiente, mas nunca imaginei que fosse tanto. Nem parece minha turma do início do ano. Faço relaxamento com respiração todos os dias, antes da rodinha do início da aula e no final. Acho que até eu estou mais afinada por estar cantando todos os dias com eles. Vi que a roda está mais redondinha, pois no começo parecia não ter forma.”
(Registro Relatório da professora regente, 11º Encontro, 2014).

Inicialmente, quase nenhum aluno acertava, seja porque contavam errado, pulando ou omitindo colegas, seja porque prestavam atenção nos movimentos e não utilizavam a Atenção Dividida por não terem automatizado uma das ações. Com o passar do tempo, após as avaliações dos finais dos encontros, perceberam que “era uma coisa de cada vez”: ao ouvirem o som do guizo, levantavam-se, ficavam em pé e, com o auxílio do dedo, apontavam para cada aluno da roda a partir da sua direita, contando o número da vez. Foi possível perceber que, ao final, todos acertaram a proposta matemática e cantaram a escala musical. Alguns conseguiram perceber a tonalidade da nota musical de forma isolada.

Outra observação relevante quanto à Atenção Dividida foi em relação ao tamanho dos passos na atividade das fileiras, que inicialmente não acompanhavam o espaço ocupado pelo aluno intérprete do instrumento. Com o passar do tempo, as crianças começaram a perceber que o fato de se posicionarem em frente ao aluno com o instrumento auxiliava a audição do número da parcela, porque o som fica mais alto e podiam associar o número de toques ao timbre do instrumento. Isso demonstra uma relação integrada entre memória e Atenção Dividida.

A Atenção Seletiva foi demonstrada ao identificar o numeral dos cartões, associando a quantidade e reproduzindo por meio do toque dos instrumentos o que estava identificado no cartão, e pelo aluno que realizou o cálculo quando demonstrou, por meio das palmas, o resultado obtido. No último encontro, as palmas puderam ser substituídas por outros sons do

corpo, como marcha, assovio e estalos de dedos.

“Essa atividade fez com que todos nós explorássemos os sons produzidos pelo nosso corpo, com isso o sistema de numeração foi explorado também com outras disciplinas. Aproveitei a atividade para trabalhar as partes do corpo e números pares e ímpares. As crianças fizeram atividades desenhando partes do corpo que têm números pares (pés, mãos, braços e orelhas) e ímpares (nariz, umbigo, boca). Repeti esta atividade várias vezes na sala, alterando os instrumentos com sons de sucatas domésticas. Todos os alunos realizaram com sucesso” (Registro Relatório da professora regente, 12º Encontro, 2014).

Um grande desafio desta atividade foi escutar cada instrumento e selecionar qual era aquele que tocava o número do cartão. Entendemos que uma das múltiplas possibilidades que a musicalidade é capaz de estimular, sem dúvida, é a criatividade para a resolução de problemas. Os alunos, no final, propuseram escrever no cartão, realizar a atividade em duplas e até tocar instrumentos melódicos, como a gaita, a flauta doce e o teclado.

As atividades não foram diferenciadas para os alunos com TDAH e déficit de atenção, podendo ser consideradas atividades inclusivas, por atender a todos os alunos, oportunizando a aprendizagem matemática. Os relatos da professora regente a respeito das aulas de Matemática demonstram comportamentos positivos e significativa aprendizagem a partir do desenvolvimento das funções executivas, em especial habilidade de Atenção Voluntária, direcionada aos cálculos mentais e ao conceito de número.

Além disso, observou-se que os alunos com déficit de atenção tiveram avanços, a ponto de não mais apresentarem comportamentos inconstantes e desafiantes, registrados inicialmente pela professora regente como “comportamentos alheios às propostas docentes”, devido à motivação e ao entusiasmo de realizar os cálculos em conjunto com os colegas.

Os resultados sugerem empenho significativo da Atenção Voluntária e maior tempo de concentração para realizar as atividades cognitivas típicas do pensamento matemático, o que pode indicar a existência de benefícios na constância do processo de musicalização para as funções executivas.

Foi observado ao longo dos doze encontros o constante aprimoramento de sincronia pulso/movimento a partir da escuta de músicas ritmadas por meio de variação de pausa, andamento e intensidade. Os alunos expressaram movimentos associando um toque a um

movimento, inicialmente direcionados e, ao final, livremente. Nos primeiros encontros, os alunos com diagnóstico médico de Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e com Déficit de Atenção não conseguiram realizar as atividades nem de *Escuta Sonora Sensível*, nem de *Embalagem e Relaxamento*, sendo evidente uma grande agitação. Ao decorrer dos encontros, a partir da motivação de participarem junto a seus pares, desenvolveram a possibilidade de autocontrole a ponto de, nos últimos, apresentarem comportamentos típicos de participação e sincronia em harmonia com os colegas de turma.

O TDAH é um dos transtornos mais abrangentes do neurodesenvolvimento, tanto pela sua prevalência, como por seu impacto em esferas do desenvolvimento e nas interações psicossociais. Em sua maioria, é associado a outros problemas como dificuldades de aprendizagem, transtorno de humor, de conduta, de ansiedade e vários agravantes comportamentais e comorbidades, que não apenas ampliam a dimensão do impacto, como propõem desafios diagnósticos e sociais que devem ser abordados dentro de uma perspectiva interdisciplinar (MUSZKAT; MELLO, 2012).

Na quinta edição do Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM V – TR, 2013) da Associação Psiquiátrica Americana (APA), o TDAH é classificado como Transtorno do Desenvolvimento. Envolve a tríade sintomática de desatenção, hiperatividade e impulsividade, podendo ser classificado como leve, moderado e grave, de acordo com o grau de comprometimento que os sintomas causam na vida do indivíduo. Segundo Muszkat e Mello (2012), o TDAH envolve principalmente disfunções de regiões pré-frontais do cérebro, tornando-se fundamental a avaliação e desempenho em testes neuropsicológicos e medidas fisiológicas da atenção, controle inibitório, da organização e planejamento de tarefas, típicas das funções executivas.

No TDAH, são reconhecidas alterações de natureza neurobiológica, genética e neuroquímica, considerando que a expressão dos padrões herdados é também modulada pelo meio ambiente. Muszkat e Mello (2012) afirmam que o próprio ambiente é capaz de modificar a expressão de padrões endógenos, levando à grande heterogeneidade de apresentação clínica e diferentes influências de ambientes e estressores. Daí a variabilidade dos sintomas e a natureza multidimensional do TDAH. Ressalta ser imprescindível um olhar interdisciplinar que inclua influências e variáveis ambientais, educacionais, familiares e

culturais no processo de inclusão social e escolar.

São reconhecidas quatro regiões distintas do córtex frontal que se associam diretamente com os sintomas neurobiológicos do TDAH. A dificuldade de Atenção Seletiva relaciona-se com o processamento ineficiente das informações na região do córtex do giro cingulado anterior. Os sintomas de disfunção executiva têm relação com a incapacidade de sustentar a atenção (Atenção Sustentada), e a dificuldade de resolução de problemas, com a região dorsolateral do córtex pré-frontal, enquanto os sintomas de hiperatividade são ligados à área motora suplementar e ao córtex pré-motor.

A impulsividade é ligada à modulação de áreas orbitofrontais, o que significa que o portador de TDAH tem grande dificuldade de se conter ou de coordenar movimentos, oportunizando a afirmação que a Musicalidade aqui descrita é capaz de, além da estimulação cognitiva, atuar no controle emocional a ponto de motivá-lo a se controlar para participar em harmonia com seus colegas.

Quanto às atividades de Musicalidade voltadas para o pensamento matemático (conceito numérico, sistema de numeração e cálculo mental), observou-se o empenho das funções executivas, em particular a Atenção Voluntária (Atenção Seletiva, Atenção Dividida e Atenção Sustentada) por meio da contagem, soma e resultados apresentados pelos alunos.

Apesar do constructo das habilidades atencionais, apontamos de forma particular a observação das atividades que podem ser relacionadas com maior empenho a cada tipo da Atenção Voluntária.

Conclusão

A Musicalidade é parte integrante de nosso repertório cultural e por si só é capaz de influenciar áreas do sistema límbico, responsáveis pela emoção. Com sensibilidade, interesse e criatividade o professor poderá lançar mão de novas intervenções didáticas, diferenciadas ou não, para alunos com TDAH. Independente da forma, faz-se imprescindível o envolvimento emocional e o estabelecimento de vínculos afetivos, porque cada aluno é único em suas especificidades, principalmente com TDAH, caracterizado biologicamente com ampla diversidade.

Foram observados elementos conectores entre a Musicalidade, a estimulação da habilidade de Atenção Voluntária e a aprendizagem da Matemática, como: 1) a associação de uma unidade e a marcação de um pulso; 2) a organização de agrupamentos de 2, 3 e 4 unidades e 3) habilidades de seriação e ordenação com critérios matemáticos (CARRAHER, 1993). Além disso, propriedades aditivas do cálculo numérico a partir da escuta rítmica e produção sonora sugeriram evidências que demandam o aprofundamento da investigação, inclusive com a utilização de testes neuropsicológicos que seriam próprios para uma análise quantitativa, bem como a possibilidade de alternar os tipos de deficiências dos sujeitos da pesquisa como, por exemplo, com deficiência visual, auditiva e motora.

Percebe-se, também, o efeito da Musicalidade no entusiasmo da professora regente com os progressos de seus alunos e de sua própria Musicalidade, descrito em seus relatórios. Houve possibilidade de reflexão a partir de sua prática à medida que seus relatórios eram lidos e refletidos junto à pesquisadora e, segundo a professora regente, mudanças tanto nos aspectos teóricos quanto práticos de suas aulas de matemática.

A Musicalidade, enquanto procedimento de intervenção inclusiva para a aprendizagem matemática, possui grande possibilidade de se tornar estratégia efetivamente interdisciplinar, pois Música e Matemática são disciplinas curriculares garantidas pela legislação brasileira, além de envolver áreas psicomotoras, símbolos e representações, conhecimentos de linguagem escrita e oral, e raciocínio lógico. Necessária seria a atualização de propostas curriculares com vistas à potencialização das habilidades típicas das funções executivas, além da atualização e formação docente.

Numa perspectiva de inclusão, a gestão escolar deve envolver apoio pedagógico e interdisciplinar com equipe multidisciplinar com suporte médico, psicopedagógico, psicológico e dos pais/responsáveis. Nessa direção, práticas de ensino deverão estar ajustadas às necessidades educativas especiais dos alunos, contribuindo para sua adaptação, estimulação e desenvolvimento.

Referências

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, **Diagnostic and Statistical manual of Mental Disorders**. 5^a ed. Washington, 2013.

ANTUNES, C. **As inteligências múltiplas e seus estímulos**. Campinas: Papirus, 2002.

BASTOS, J.A. **O cérebro e a matemática**. São José do Rio Preto, Edição do Autor, 2008.

BRASIL. **Constituição Federal**, 1988.

_____. **Política Nacional de Educação Especial**. Brasília: MEC/SEESP, 1994.

_____. **Lei nº 9.394, de 20/12/96 de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília, MEC, 1996.

_____. **Parametros Curriculares Nacionais: adaptações curriculares**. Brasília: MEC/SEESP, 1999.

_____. **Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Especial na Educação Básica**. Brasília, DF: MEC/SEF, 2001.

BUNGE, S. A.; ZELAZO, P. D. **A brain-based account of the development of rule use childhood**. Current Directions in Psychological Science, vol.15, p.118- 121. 2006.

CAPOVILLA, A.; MONTIEL, J.; CAPOVILLA, F. **Teoria e Pesquisa em Avaliação Neuropsicológica**. São Paulo: Memnon, 2007.

CARRAHER, T. N. **O Desenvolvimento Mental E O Sistema Numérico Decimal**. Petrópolis: Vozes, 1993.

CARTER, R. **O livro do Cérebro**. Rio de Janeiro: Agir, 2012.

CHERMAK, G. D; MUSIEK, F. E. **Managing central auditory processing disorders in children and youth**. American Journal of Audiology. v. 1, n. 3, p.61-65. 1992.

COULL, J.T. **Neural correlates of attention and arousal: Insights from electrophysiology, functional neuroimaging, and psychopharmacology**. Prog. Neurobiol, 1998. p.55: 343-361.

CROSS, I.; MORLEY, I. **Music and evolution: the nature of the evidence**. University of Cambridge, 2006. Disponível em:
<https://www.academia.edu/487045/Music_and_evolution_the_nature_of_the_evidence>
Acesso em: 12 de Julho de 2016.

DEHAENE, S. **Number Sense: how the mind creates mathematics**. New York: Oxford University Press, 1997.

_____. **Varieties of numerical abilities**. Cognition, Amsterdam, v. 44, n. 1-2, 1992.

_____ ; COHEN, L. **Towards an anatomical and functional model of number processing.** Mathematical Cogn. 1995.

DSM-5. **Manual Diagnostico e Estatístico De Transtornos Mentais.** American Psychiatric Association, Tradução. Maria Inês Corrêa Nascimento, et al. Revisão técnica: Aristides Volpato Cordioli [et al.]. Porto Alegre: Artmed, 2014, p.67.

FAUCONNIER, G.; TURNER, M. **The Way of Think.** New York: Basic Books, 2002.

FEUERSTEIN, R.; RAND. Y. **Mediated learning experience: An outline of the proximal etiology for differential development of cognitive functions.** Baltimore: University Park Press, 1974.

_____ ; KLEIN, P.S.; TANNENBAUM, A.J. **Mediated Learning Experience (MLE): Theoretical, Psychosocial and Learning Implications.** London: Freund, 1994.

_____. Teoria de la Modificabilidad Cognitiva Estructural. In: **Es Modificable la Inteligencia?**. Madrid: Editora Bruno, 1997.

_____, **Além Da Inteligência: Aprendizagem Mediada E A Capacidade De Mudança Do Cérebro.** Petrópolis: Vozes, 2014.

FUSTER, J.M. **Memory in the cerebral cortex. An empirical approach to neural networks in the human and nonhuman primate.** Cambridge: MIT Press, 1995.

GARDNER, H. **Frames of mind: the theory of multiple intelligences.** New York: Basic Books, 1983.

GOMES, H. C. **Musicalização Infantil; Formação Docente para Educação Ambiental.** 140 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino em Ciências da Saúde e do Meio Ambiente) – UniFOA : Centro Universitário de Volta Redonda, 2011.

_____. **A Educação matemática: jogos rítmicos para as funções executivas, uma proposta inclusiva para a deficiência intelectual.** Anais VIII Colóquio Técnico - Científico do UniFOA - Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, 2014, p.180-182. Disponível em: < <http://web.unifoa.edu.br/editorafoa/index.php/viii-coloquio-tecnico-cientifico-do-unifoa/> > Acesso em: 15 de Jun. 2016.

_____. **Educação Inclusiva: Mediação Docente Visando A Modificabilidade Cognitiva Estructural.** Anais do evento IV Colóquio Internacional Educação, Cidadania E Exclusão, 29 a 30 de junho de 2015. Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) na cidade do Rio de Janeiro-RJ. V. 1, 2015.

_____. **Música, Matemática e Inclusão: Uma Possibilidade De Intervenção Do**

Professor Mediador. In: **Desafios da Educação Matemática Inclusiva: formação de Professores.** (Org.) MANRIQUE, A.L.; MARANHÃO, M.C.S. de A.; G.E. MOREIRA. Vol. 1, Ed. Livraria Física, 2016. p 163-173.

_____; ALENCAR, E. S. de. **A Musicalidade na Formação de Professores dos Anos Iniciais do Ensino fundamental: conversando sobre o sistema de numeração decimal.** Rev. BoEM – Boletim online de Educação Matemática – Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, ed. ago/dez. v.3, n.5, p.18-32, 2015. Disponível em: <http://www.revistas.udesc.br/index.php/boem/issue/view/464/showToc>. Acesso em: 16 de Jun. 2016.

_____; MANRIQUE, A. L. **Educação Matemática Inclusiva, Musicalização e Atenção Voluntária.** Anais do Congresso Internacional de Educação e Inclusão. Campina Grande-PR. CPEI e UEPB, 2014.

_____. **A Musicalização (Ritmo - Som - Corporeidade) como Intervenção Neurocognitiva de Habilidades Matemáticas.** Rev. RENCIMA – Revista de Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Cruzeiro do Sul, edição março/2015, v.6, n.1, p.75-83, 2015. Disponível em <http://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima>. Acesso em: 15 Jun. 2016.

_____; NOVIKOFF, C. **Novos Conceitos de Musicalização para Educação Ambiental.** Rev. MAGISTRO – UNIGRANRIO, vol.1, n.11, 116-135, 2015. Disponível em: < <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/magistro/article/viewFile/2879/1392> > Acesso em: 17 de fev. 2016.

GORDON, E. E. **Teoria de Aprendizagem Musical: Competências, conteúdos e padrões.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000.

_____. **Teoria da Aprendizagem Musical para recém-nascidos e crianças em idade pré-escolar.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2008.

GRAY, J.A. **The neuropsychology of anxiety: An enquiry into the function of the septo-hippocampal system.** Nova Iorque: Oxford University Press; 1982.

HELENE A.F.; XAVIER, G.F. **A Construção da Atenção a partir da Memória.** Ver. Brasileira de Psiquiatria, 2003. 25 (Supl.11), p.2-20.

HERCULANO-HOUZEL, S. **Neurociências na Educação.** Belo Horizonte: CEDIC, 2010.

IZQUIERDO I. **Memória.** 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

LE BOULCH, J. **Educação Psicomotora: a psicocinética na idade escolar.** Trad. de Jeni

Wloff. Porto Alegre: Artmed, 1987.

LERNER, D.; SADOVSKY, P. O sistema de numeração: um problema didático. In: PARRA, Cecília; SAIZ Irmã; [et al] (Org.). **Didática da Matemática: Reflexões Psicopedagógicas**. Tradução por Juan Acuña Llorens. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. p.73-155.

LEZAK, M. D.; HOWIESON, D.B.; LORING, D. W.: **Neuropsychological Assessment**. New York: Oxford University Press, 2004.

LURIA, A. R. **Human brain and psychological processes**. New York: Harper and Row, 1966.

_____. **The working brain: An introduction to neuropsychology**. New York: Basic Books. 1973.

MALLOY-DINIZ L.; PAULA J.J.; LOSCHIAVO-ALVARES F.Q. et al. **Exame das Funções Executivas**. In: MALLOY-DINIZ L.; FLUENTES D.; MATTOS P.; ABREU N.; editores. Avaliação Neuropsicológica. Porto Alegre: Artmed, 2010, p.94-113.

MEIER, M.; GARCIA, S. **Mediação da Aprendizagem: contribuições de Feuerstein e Vygotsky**. Curitiba: Edição do autor, 2007.

MILLER, E. K. **The prefrontal cortex and cognitive control**. Nature reviews neuroscience. Vol. 1, p.59-65, 2000.

MUSZKAT, M.; CORREIA, C.M.F.; CAMPOS, S.M. **Música e Neurociência**. In Rev. Neurociências. Vol.8, n.2, 2000.

_____; M. MELLO, C.B. **Neuropsicologia do desenvolvimento e suas Interfaces**. Vol 1. São Paulo: All Print Editora, 2008.

_____. **Neuropsicologia do desenvolvimento e suas Interfaces**. Vol 2. Conceitos: São Paulo: Editorama, 2010.

_____. **TDAH e Interdisciplinaridade: Intervenção e Reabilitação**. São Paulo: All Print Editora, 2012.

_____; RIZZUTTI, S. **Enfrentando Desafios do Neurodesenvolvimento**. São Paulo: ed. Serene, 2016.

NABAS, T. R.; XAVIER, G. F. Neurobiologia da atenção visual. In: ANDRADE, V. M.; SANTOS, F. H.; BUENO, O. F. A. (Org.) **Neuropsicologia hoje**. São Paulo: Artes Médicas, 2004. p.101-124.

NUNES, T., BRYANT, P. **Crianças fazendo matemática**. Porto Alegre: Ed. Artes Médicas,

1997.

PANTANO, T.; ZORZI, J.L.; **Neurociência Aplicada à Aprendizagem**. São Jose dos Campos, 2010.

PEDERIVA, P.; TUNES, E. **Musicalidade, fala expressão das emoções**. In: Anais do SIMCAM4 – IV Simpósio de Cognição e Artes Musicais, SIMCAM4. p.1-5. 2008.

SCHAFER, M. **O Ouvido Pensante**. Trad. de Marisa Fonterrada. São Paulo: Ed. Unesp, 1991.

THOMPSON, W.F. **Music, Thought, and Feeling: Understanding the psychology of Music**. 2ª ed. New York: Oxford University Press, 2015.

WILLEMS, E. **As Bases Psicológicas da Educação Musical**. Suíça. Trad. Ed. Pró Musica, Bienne, 1968.

_____. **El Valor Humano de La Educacion Musical**. Barcelona: Ed. Paidos, 2002.

WYNN, K. **Addition and Subtraction by Human Infants**. Rev. Nature, vol. 358, 1992, p.749-750.