

Estado da publicação: O preprint não foi submetido para publicação

# ELEMENTOS DIDÁTICOS DA INTERFACE NEUROCIÊNCIA COGNITIVA, MATEMÁTICA E MUSICALIDADE, ENQUANTO RECURSO DE ENSINO DOCENTE

Herica Cambraia Gomes, Edvonete Souza de Alencar

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.8395>

Submetido em: 2024-04-06

Postado em: 2024-04-12 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

## ELEMENTOS DIDÁTICOS DA INTERFACE NEUROCIÊNCIA COGNITIVA, MATEMÁTICA E MUSICALIDADE, ENQUANTO RECURSO DE ENSINO DOCENTE

Herica Cambraia Gomes<sup>1</sup>

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-4300-6772>  
[herica.cambraia@gmail.com](mailto:herica.cambraia@gmail.com)

Edvonete Souza de Alencar<sup>2</sup>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5813-8702>  
[edvonete.alencar@unb.br](mailto:edvonete.alencar@unb.br)

<sup>1</sup> Instituto Federal de São Paulo – IFSP e Universidade Federal de Grande Dourados - UFGD

<sup>2</sup> Universidade de Brasília- UnB

**Resumo:** Tendo como cenário de pesquisa a educação básica e formação de professores em educação matemática, o estágio de pós-doutorado objetivou conceituar e identificar elementos didáticos (atividades de musicalidade com elaboração, realização e avaliação) como recurso de ensino do sistema de numeração decimal, a partir da interconexão neurociência cognitiva matemática e musical. O quadro teórico abordou: a) funções executivas (memória operacional, atenção voluntária, flexibilidade cognitiva e controle inibitório); b) cognição matemática (conceito de número e manipulação de operações no cálculo mental /senso numérico, efeito *SNARC*, rota numérica); e c) critérios da mediação docente baseados no conceito de modificabilidade cognitiva estrutural e experiência de aprendizagem mediada (intencionalidade/reciprocidade, significado, transcendência). A metodologia qualitativa, descritiva, com análise documental, permitiu observar as perspectivas docentes a partir de atividades de musicalidade para o ensino de matemática elaboradas, realizadas e avaliadas por professores da educação infantil e primeiro ano do ensino fundamental, de acordo com o constructo metodológico denominado *Musicalidade Mix Potencial/ Plasticidade Cíclica*, organizado em tríades advindas da neurociência e elementos cognitivos da matemática. Os resultados demonstraram efeitos imediatos na concepção docente de aprendizagem matemática e conseqüentemente, relevantes modificações no ensino. Os registros apontaram a inserção de sugestões dos estudantes na musicalidade, durante a participação, configuradas como Experiência de Aprendizagem Mediada, que ressignificaram conteúdos da BNCC (Base Nacional Comum Curricular) alinhados aos conhecimentos de marcos cognitivos da matemática, na fase inicial de escolaridade. Estima-se que este estudo possa contribuir com a formação de professores da educação básica que ensinam matemática, pedagogos e estudantes da licenciatura de matemática.

**Palavras-chave:** Musicalidade. Neurocognição Matemática. Ensino do Sistema de Numeração Decimal. Planejamento e Prática Docente.

### DIDACTIC ELEMENTS OF THE COGNITIVE NEUROSCIENCE, MATHEMATICS AND MUSICALITY INTERFACE, AS A TEACHING RESOURCE

**Abstract:** Having basic education and teacher training in mathematics education as a research scenario, the post-doctoral internship aimed to conceptualize and identify didactic elements (musicality activities with elaboration, implementation and evaluation) as a teaching resource for the decimal number system, the from the interconnection of mathematical and musical cognitive neuroscience. The theoretical framework addressed: a) executive functions (working memory, voluntary attention, cognitive flexibility and inhibitory control); b) mathematical cognition (number concept and manipulation of operations in mental calculation/number sense, *SNARC* effect, numerical route); and c) teaching mediation criteria based on the concept of structural cognitive modifiability and mediated learning experience (intentionality/reciprocity, meaning, transcendence). The qualitative, descriptive methodology, with documentary analysis, allowed us to observe the teaching perspectives based on musicality activities for

teaching mathematics designed, carried out and evaluated by teachers in early childhood education and the first year of elementary school, in accordance with the methodological construct called Musicality MiX Potential/Cyclic Plasticity, organized in triads arising from neuroscience and cognitive elements from mathematics. The results demonstrated immediate effects on the teaching conception of mathematical learning and consequently, relevant changes in teaching. The records showed the insertion of students' suggestions on musicality, during participation, configured as a Mediated Learning Experience, which redefined content from the BNCC (National Common Curricular Base) aligned with knowledge of cognitive mathematics milestones, in the initial phase of schooling. It is estimated that this study can contribute to the training of basic education teachers who teach mathematics, pedagogues and mathematics degree students.

**Keywords:** Musicality. Mathematical Neurocognition. Teaching the Decimal Number System. Teaching Planning and Practice.

### **ELEMENTOS DIDÁCTICOS DE LA INTERFAZ NEUROCIENCIA COGNITIVA, MATEMÁTICAS Y MUSICALIDAD, COMO RECURSO DE ENSEÑANZA DOCENTE**

**Resumen:** Teniendo como escenario de investigación la educación básica y formación de profesores en educación matemática, la pasantía de posdoctorado objetivó conceptualizar e identificar elementos didácticos (actividades de musicalidad con elaboración, realización y evaluación) como recurso de enseñanza del sistema de numeración decimal, a partir de la interconexión neurociencia cognitiva matemática y musical. El cuadro teórico abordó: a) funciones ejecutivas (memoria operacional, atención voluntaria, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio); b) cognición matemática (concepto de número y manipulación de operaciones en el cálculo mental /sentido numérico, efecto SNARC, ruta numérica); y c) criterios de mediación docente basados en el concepto de modificabilidad cognitiva estructural y experiencia de aprendizaje mediada (intencionalidad/reciprocidad, significado, trascendencia). La metodología cualitativa, descriptiva, con análisis documental, permitió observar las perspectivas docentes a partir de actividades de musicalidad para la enseñanza de matemáticas elaboradas, realizadas y evaluadas por profesores de la educación infantil y primer año de la enseñanza fundamental, de acuerdo con el constructo metodológico denominado Musicalidad mix Potencial/Plasticidad Cíclica, organizado en triadas advindas de la neurociencia y elementos cognitivos de la matemática. Los resultados demostraron efectos inmediatos en la concepción docente de aprendizaje matemático y consecuentemente, relevantes modificaciones en la enseñanza. Los registros apuntaron la inserción de sugerencias de los estudiantes en la musicalidad, durante la participación, configuradas como Experiencia de Aprendizaje Mediada, que resignificaron contenidos de la BNCC (Base Nacional Común Curricular) alineados a los conocimientos de marcos cognitivos de las matemáticas, en la fase inicial de escolaridad. Se estima que este estudio puede contribuir con la formación de profesores de la educación básica que enseñan matemáticas, Pedagogos y estudiantes de la licenciatura de matemáticas.

**Palabras clave:** Musicalidad. Neurocognición Matemática. Enseñanza del Sistema de Numeración Decimal. Planificación y Práctica Docente.

### **Introdução**

A partir da indagação “O que é matemática para você?” buscou-se a percepção conceitual tanto de professores da educação básica, quanto de estudantes de licenciatura em matemática, e ainda, de estudantes de 4 a 8 anos de idade, da educação infantil e primeiro ano do ensino fundamental. Este cenário demonstrou o quanto à ciência da matemática ainda não se aproxima de definições utilitárias, contextualizadas e tecnológicas. Por esse viés, este material colecionado desde 2010 acompanhou a trajetória deste estudo que teve como objetivo aprofundar e identificar as contribuições da musicalidade como recurso de ensino do SND

(Sistema de Numeração Decimal) e, produzir novos significados, tanto no ofício de ensinar matemática quanto no de aprender.

O conceito de musicalidade, como processo de corporeidade com elementos psicomotores, rítmicos e sonoros, típicos do desenvolvimento humano, capaz de estimular habilidades neurocognitivas imprescindíveis ao conhecimento do SND, sistema de numeração decimal (GOMES, 2017, 2022), cunhado no doutorado do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PUC-SP) apontou três contribuições: no ensino do SND, no currículo e na mediação docente. Os resultados apontaram três evoluções no ensino de matemática por meio da musicalidade: 1) na atenção voluntária e na memória operacional, desencadeadas por meio da *Escuta Atenta* projetadas na contagem e no cálculo mental, realizado por todos os alunos sem distinção, independente da neurodiversidade; 2) na realização do cálculo mental durante as atividades de musicalidade, que associaram números e pulsos; timbres de instrumentos musicais e operações matemáticas, funcionando como processo simultâneo de aplicação e avaliação no ensino-aprendizagem do SND; 3) no desenvolvimento do *Esquema de Corporeidade da Musicalidade para o Cálculo Mental* (GOMES, 2017; 2022), no qual a representação da escrita numérica parte da praxia global (LE BOUCHE, 1988), obedecendo a etapas sistematizadas, coordenadas, ampliadas e ascendentes da metodologia. A partir desses dados iniciou-se o aprofundamento teórico relacionado a atividades práticas com docentes da educação infantil (crianças de 4 e 5 anos) e do primeiro ano do ensino fundamental (crianças de 6 a 8 anos), tanto de desenvolvimento típico quanto atípico. A problematização da pesquisa configurou-se em: Quais elementos didáticos da interface neurociência cognitiva matemática e musical configuram a musicalidade como recurso de ensino do sistema de numeração decimal?

A matemática é vista por muitos como uma ciência rigorosa, distante da realidade, extremamente difícil, que só algumas pessoas dotadas de uma inteligência além do natural são capazes de dominá-la. Muitas vezes, o ensino tradicional de matemática acaba corroborando com esta ideia através de um número excessivo de exercícios mecânicos, repetições e fórmulas que os estudantes devem memorizar para fazer provas. Especialmente na educação infantil e anos iniciais do ensino fundamental, a matemática é abordada como conteúdo secundário ao sistema de escrita alfabético, e ao invés de se pensar nas habilidades cognitivas para aprendizagem, são priorizados conteúdos, o que gera a concepção de matemática como ciência difícil, desinteressante e isolada. Acrescente-se a isso a pergunta frequentemente ouvida pelos professores “Onde vou usar isso na minha vida?”.

O papel da matemática é fundamental na nossa sociedade atual, uma vez que ela serve de base para o desenvolvimento tecnológico, que pode ser visto em praticamente todos os setores da sociedade. É importante que a escola capacite seus integrantes a perceberem sua função na sociedade atual. A partir da reflexão sobre este contexto e validando a importância dessa aprendizagem desde os primeiros anos de escolaridade, objetivou-se fundamentar a musicalidade, não como primeira etapa do ensino técnico de instrumento musical, mas como processo de corporeidade/ritmo/som que associa pulso e silêncio com unidades e ausência de unidade do som, considerando o aspecto lúdico, o diálogo, a problematização permanentes e, especialmente, a habilidade criativa de construir hipóteses e resolver problemas. Portanto, para este estudo definiu-se como objetivo geral: Conceituar e identificar elementos didáticos (atividades de musicalidade com elaboração, realização e avaliação) como recurso de ensino do SND, a partir da interconexão neurociência cognitiva matemática e musical; e objetivos específicos: Identificar habilidades da neurociência cognitiva matemática e musical, indispensáveis para a construção do conceito de número; Identificar habilidades da neurociência cognitiva matemática e musical, indispensáveis para a realização de operações matemáticas do cálculo mental; Relacionar conteúdos de matemática da Base Nacional Comum Curricular com atividades semiestruturadas de Musicalidade; Elaborar, realizar e avaliar atividades de Musicalidade semiestruturadas a partir do constructo metodológico: *Musicalidade MiX Potencial/ Plasticidade Cíclica*.

## Interface Neurocognição/Musicalidade

O conceito de plasticidade cerebral teve origem com fisiologista alemão Albrecht Bethe, em 1930, significando a capacidade do organismo em adaptar-se às mudanças ambientais graças à ação sinérgica de diferentes órgãos coordenados pelo sistema nervoso central. A capacidade de modificação do sistema nervoso em função de suas experiências, tanto em indivíduos jovens como em adultos, foi reconhecida apenas nas últimas décadas.

Atualmente, a plasticidade cerebral pode ser definida como uma mudança adaptativa na estrutura e função do sistema nervoso que ocorre em qualquer fase da ontogenia, em função de interações com o meio ambiente interno e externo, ou ainda como resultante de lesões que afetam o tecido neural. É a capacidade do cérebro de ser modelado na medida em que as respostas cerebrais são diferentes de indivíduo para indivíduo (KARMILOFF-SMITH, 1992; GARDNER, 1995, 2001; FERRARI et al., 2001; ANTUNES, 2002; MUSZKAT et al., 2005, 2008; HERCULANO-HOUZEL, 2010; MUSZKAT e RIZZUTTI, 2016). Este conceito pode ser aplicado à educação, considerando a tendência do sistema nervoso em ajustar-se frente às influências ambientais durante o desenvolvimento infantil ou na fase adulta, restabelecendo e restaurando funções cognitivas frente aos estímulos do ambiente que influencia significativamente a arquitetura cerebral (KARMILOFF-SMITH, 1992).

O desenvolvimento do cérebro na primeira infância não é um processo contínuo e homogêneo; depende da interação entre os múltiplos fatores de crescimento neuronal diferenciado nas várias áreas cerebrais, do grau de mielinização das estruturas cerebrais, do desenvolvimento cerebral pré-natal e das possibilidades que tem o cérebro em reorganizar seus múltiplos padrões de respostas e conexões, mediante a experiência ou mesmo após diversos tipos de lesão cerebral, podendo determinar mudanças fundamentais durante o curso maturacional. Assim, a plasticidade insere-se em uma perspectiva evolutiva, na qual padrões de desenvolvimento diferem de acordo com as fases do crescimento neuronal, da mielinização e da maturação sequencial das várias regiões cerebrais. Nos primeiros anos de vida, ocorre a explosão de sinapses, que denominada de Janela de Oportunidades, atinge seu auge por volta dos 6 anos de idade, quando o cérebro começa a eliminar sinapses não utilizadas. Também por volta dos 14 anos de idade, as conexões não utilizadas são eliminadas, e o circuito cerebral começa a se definir.

Durante o desenvolvimento de alguns sistemas funcionais, formam-se circuitos cuja manifestação se expressa em janelas temporais que necessitam de estímulos externos específicos, sem os quais esses circuitos não se estabelecem ou não alcançam seu total potencial. Durante esses períodos, as influências, sobretudo educacionais, modificam a arquitetura cerebral. O termo “janela” refere-se a este conceito de tempos específicos, que oportunizam maior abertura para os estímulos no desenvolvimento humano. Nessa etapa, o cérebro está propenso à ativação das fibras nervosas capazes de ampliar as sinapses e, conseqüentemente, as potencialidades de inteligências, tornando esses períodos de intensa plasticidade. A massa encefálica de um bebê guarda neurônios para toda sua vida, mas as sinapses ainda não estão totalmente sincronizadas, isto significa que as fibras nervosas capazes de ativar o cérebro precisam ser ativadas e são, pelo tipo e qualidade dos estímulos que são submetidos (GARDNER, 1995, 2001; ANTUNES, 2002; MUSZKAT et al., 2005; HERCULANO-HOUZEL, 2010).

O conhecimento matemático deriva inicialmente das ações da criança sobre os objetos do mundo (berço, chupeta, chocalho) e evolui para suas expectativas sobre como esses objetos se comportarão em outras circunstâncias. As inteligências e habilidades lógico-matemáticas (localizadas no lobo parietal esquerdo) encontram-se mais favoráveis ao seu desenvolvimento entre as idades de 1 a 10 anos de idade. A percepção relativa de quantidades se consolida entre

5 a 7 anos (FRANCO et al., 2014). Segundo Muszkat et. al. (2005), os melhores estímulos para este período (5 a 7 anos) indicam o acompanhamento das funções simbólicas para as funções motoras. Isto envolve exercícios também com atividades sonoras que aprimoram o raciocínio lógico-matemático. Assim, entende-se, por exemplo, que a descoberta de escalas musicais é de grande importância para habilidades musicais e matemática, especialmente à percepção de seriação e altura.

No mesmo período, a inteligência musical possui a janela de oportunidades entre os 3 e 10 anos de idade (GARDNER, 1995, 2001; ANTUNES, 2002; HERCULANO-HOUZEL, 2010; THOMPSON, 2015), podendo aprimorar estruturas sonoras (identificação de notas, contornos, escalas, harmonias e tonalidades) e estruturas temporais (identificação dos aspectos rítmicos, estruturação métrica, e estruturas rítmicas de agrupamentos).

Neste sentido, invoca-se a importância do ambiente educacional voltado para a estimulação de diferentes tipologias de atividades educativas, podendo intervir positivamente na aquisição de habilidades e capacidades funcionais ao longo do desenvolvimento. Um programa de ensino baseado na variação multissensorial pode se beneficiar da plasticidade neural em estágios bem iniciais do desenvolvimento infantil e otimizá-lo.

Os primeiros anos da infância correspondem ao período de maior vulnerabilidade, quando o cérebro precisa de estímulos para criar e fortalecer estruturas mentais, cognitivas e emocionais. Até os primeiros 6 anos de idade, formam-se 90% das sinapses cerebrais (janelas de oportunidades), e as crianças estão propensas a desenvolver várias habilidades. Nos 4 primeiros anos, a criança já atingiu 50% do potencial mental que será quando adulta, e aos 6 anos já estão formadas habilidades perceptíveis de autoestima, senso de moralidade, responsabilidade, empatia e outros aspectos fundamentais da personalidade. Nesta fase é oportunizado o aumento da capacidade de interação social e meios para autonomia. (MITRE et al., 2012, p.185).

O conhecimento da importância da educação infantil para a educação matemática é fundamental na estruturação do ensino a partir do desenvolvimento das habilidades matemáticas baseadas nos marcos cognitivos. Portanto, a educação matemática deve ser contemplada nos cursos de formação de professores contendo esses conhecimentos visando o despreparo docente de âmbito da maturação e desenvolvimento dos alunos nesta fase, inclusive dos alunos em processo de inclusão, que apresentem habilidades e tempos diferenciados e que necessitem de estimulação muitas vezes de etapas anteriores a seus pares.

Desde a década de 90, considerada a década do cérebro, estudos baseados em imagens da funcionalidade cerebral em tempo real demonstram a capacidade do cérebro de se modificar a partir da repetição de determinados estímulos. O que é possível indicar para cada habilidade musical e da matemática, áreas neurais modificáveis a partir da repetição e da capacidade de tornar memórias imediatas em memórias de longo prazo. Considerando algumas habilidades musicais, como tocar um instrumento, compor, improvisar, interpretar, cantar e até mesmo ouvir em maiores períodos de tempo, Thompson (2015) apontou vários domínios treináveis, que não precisam ser natos, e que produzem efeitos no desenvolvimento humano, que por sua regularidade, são responsáveis pelo surgimento e organização de novas redes sinápticas (plasticidade).

Muszkat (2012) afirma que a música está relacionada à organização de unidades sonoras em aspectos temporais (ritmo), sucessão de alturas (melodia), organização tímbrica dos sons (tipo de fonte sonora) e disposição das vibrações sonoras, afirma que mais do que qualquer outra arte, a música tem uma extensa e significativa representação neuropsicológica, por não necessitar de uma codificação linguística em sua estrutura de apresentação e possuir acesso direto à afetividade nas áreas límbicas, que controlam as emoções, motivações e impulsos. Ainda, exatamente por envolver o armazenamento de signos estruturados, a música estimula a memória não verbal (áreas associativas secundárias), associa impulsos sonoros (efeitos da música) com plasticidade cerebral, isto é, com a mudança adaptativa da estrutura e função do

sistema nervoso, como resposta a interações com o meio ambiente interno e externo e enfatiza a importância da lateralização hemisférica na percepção musical, o que sugere certo grau de independência funcional e anatômica para o processamento dos vários parâmetros sonoros (MUSZKAT, 2012).

Outro aspecto estudado pela neurociência refere-se à classificação da música como linguagem. Correntes teóricas apontam a música como precursora dos primórdios da linguagem. A partir da organização rítmica de instrumentos musicais e emissão de sons para a sobrevivência e convivência ainda nas cavernas, o homem começou a organizar a linguagem oral a partir dos elementos sonoros e rítmicos. Porém, não se tem ainda como comprovar se a música deu origem à linguagem oral ou se a linguagem oral precedeu a música.

O reconhecimento do conceito de linguagem musical, que comunica e representa e a semelhança de áreas entre a linguagem matemática e a linguagem musical, devem ser reconhecidas sob a ótica neurofuncional: estruturas sensoriais, visuais, de atenção, de memória, da área motora que utilizam a mesma área anatômica cerebral (MUSZKAT, 2012).

Benenzon (1988) afirma que os efeitos biológicos da música, segundo o ritmo, incrementam ou diminuem a energia muscular, o que implica em compreender que a escuta do ritmo impulsiona o movimento; que acelera ou altera a regularidade da respiração; que produz efeito marcado e variável na pulsação, na pressão sanguínea e na função endócrina; que diminui de diferentes modos o impacto dos estímulos sensoriais; que tende a reduzir ou a retardar a fadiga e, conseqüentemente, influencia o endurecimento muscular; que aumenta a atividade voluntária e a extensão dos reflexos musculares ao escrever e desenhar; que é capaz de provocar mudanças nos traçados elétricos do organismo; e que é capaz de provocar mudanças no metabolismo e na biossíntese de vários processos enzimáticos. O que fundamenta a relação de associação entre pulso e unidade sonora do ensino do SND.

Ainda como elemento musical em face da cognição, destaca-se o desenho rítmico, a combinação de durações curtas e/ou longas que caracterizam a estrutura musical, ao registrarem o som através de notas musicais e pausas (tempo de silêncio). Os relógios naturais do cérebro, ou “relógios biológicos”, são estruturas localizadas no sistema nervoso que coordenam as atividades temporais endógenas e intermedeiam as sincronizações com o meio externo. Segundo Marques et al. (2003), esses “relógios biológicos” recebem informação do ambiente e, desse modo, a sua oscilação espontânea fica acoplada aos ciclos ambientais.

De um modo geral, as funções musicais são complexas, múltiplas e de localizações assimétricas, envolvendo o hemisfério direito para altura, timbre, discriminação melódica; e o esquerdo para ritmos, identificação semântica de melodias, senso de familiaridade e processamento temporal e sequencial dos sons. No entanto, a lateralização das funções musicais pode ser diferente em músicos, se comparada a indivíduos sem treinamento musical, o que sugere um papel diretivo da música na plasticidade cerebral.

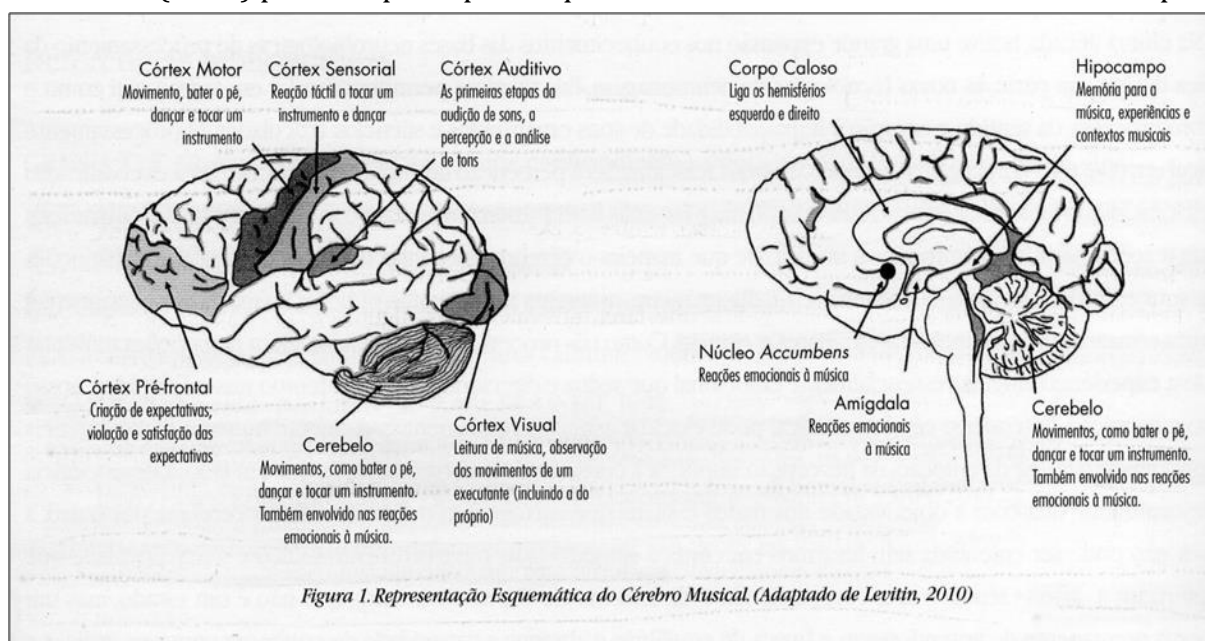
Assim, é possível afirmar que a música não apenas é processada no cérebro, mas afeta de forma pontual seu funcionamento. Pesquisas comprovam que as alterações fisiológicas com exposição à música são múltiplas e vão desde a modulação de padrões de variabilidade de ritmos endógenos da frequência cardíaca, dos ritmos respiratórios, dos ritmos elétricos cerebrais, dos ciclos de sono-vigília, até à produção de vários neurotransmissores ligados à recompensa, ao prazer e ao sistema de neuromodulação da dor. Treinamento musical e exposição prolongada à música considerada prazerosa aumentam a produção de neurotrofinas que são produzidas em nosso cérebro em situações de desafio, podendo determinar não só aumento da sobrevivência de neurônios como mudanças de padrões de conectividade na chamada plasticidade cerebral (MUSZKAT, 2012).

Na Figura-01 é possível observar a utilização dos dois hemisférios cerebrais para atividades que são vivenciadas com músicas, esclarecendo o potencial de estimulação das diversas áreas envolvidas e, conseqüentemente, suas conexões sinápticas, daí a afirmação de que a exposição a estímulos musicais possibilitam a plasticidade cerebral, a modificabilidade anatômica e funcional.

Figura 01 - Representação Esquemática do Cérebro Musical (Adaptado de LEVITIN, 2010)  
(Fonte: <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04417.x>)

Há uma especialização hemisférica para a música no sentido do predomínio do lado direito para a discriminação da direção das alturas (contorno melódico) e do conteúdo emocional da música (áreas temporais e frontais), enquanto o ritmo, a duração, a métrica, e a discriminação da tonalidade se dão predominantemente do lado esquerdo do cérebro.

Levitin (2010) parte do princípio de que a música é uma das atividades mais complexas



do ser humano do ponto de vista cognitivo, e afirma: *A atividade musical mobiliza quase todas as regiões do cérebro de que temos conhecimento, além de quase todos os subsistemas neurais. Os diferentes aspectos da música são tratados por diversas regiões neurais* (LEVITIN, 2010, p.100).

Sendo assim, constata-se que a atividade musical envolvendo a escuta torna-se de suma importância para o desenvolvimento global. Estudiosos concordam que os efeitos de curto e longo prazo de audição (escuta) da música produzem efeitos distintos, que deverão ser os primeiros fundamentos para o conceito de musicalidade aqui proposto.

Neste estudo define-se como musicalidade o processo de corporeidade com elementos psicomotores, rítmicos e sonoros, típicos do desenvolvimento humano, capaz de estimular habilidades neurocognitivas imprescindíveis ao conhecimento do SND. A proposta *Mix Potencial – Plasticidade Cíclica* é composta de dois aspectos de abrangência: o primeiro refere-se aos processamentos cognitivos específico da matemática (Modelo Código Triplo) e habilidades cognitivas denominadas de funções executivas (Atenção Voluntária, Memória Operacional, Flexibilidade Cognitiva, Controle Inibitório), o segundo aspecto refere-se aos conteúdos matemáticos determinados pelo currículo formal da escolaridade. Tendo em vista que a música é composta em sua estrutura de fenômenos matemáticos (frequência de sons), é possível extrair ou mesmo indicar conteúdos matemáticos presentes em sua estrutura para identificação de conceitos matemáticos abstratos, apresentando, portanto, a musicalidade como Experiência de Aprendizagem Mediada (FEUERSTEIN, 1997). Sobre este aspecto tem relevância critérios da mediação docente que deverão nortear as práticas de ensino (perspectiva inclusiva, em que

todos têm o direito de aprender, independente de suas características e diferenças).

## **Cérebro Matemático, Conceito de Número e Cálculo Mental**

Os estudos neuropsicológicos têm ampliado a compreensão sobre a arquitetura neuronal da atividade matemática que indicam a existência de diferentes dissociações entre leitura e escrita de números, por exemplo, seja com relação ao uso da notação arábica, seja mediante o uso de palavras, assim como entre as diferentes operações aritméticas, tem sugerido que cada uma destas habilidades está associada a redes neuronais altamente especializadas e relacionadas entre si. Modularidade é o termo utilizado para referenciar áreas especializadas do cérebro humano desenvolvidas durante a evolução. Dehaene e Cohen (1995) denominam de reciclagem neuronal o processamento cerebral específico de áreas cerebrais inseridas pela cultura humana, como a leitura, a escrita e o cálculo. Desse modo, são recrutadas áreas específicas durante o pensamento visuoespacial e manipulação fonológica para o processo da leitura, áreas analógicas relacionadas ao sentido de quantidades, áreas simbólicas de manipulação verbal para a manipulação da matemática e áreas associativas e emocionais.

Na aprendizagem matemática, algumas das funções cognitivas são solicitadas e funcionam de uma maneira específica, podendo-se afirmar que o pensamento matemático exige um modo de funcionamento neuropsicológico peculiar, trata-se de uma estrutura mental na qual o indivíduo opera e responde a demanda ambiental, esse aparato cognitivo que propicia uma “condição específica” de atender a solicitações advindas do seu contexto de vida ligadas às áreas social, acadêmica e profissional. Habilidades específicas do pensamento matemático exigem ativações e elaborações neurais dos dois hemisférios cerebrais, o que se observa também como característica do funcionamento de cérebros de músicos, especialmente os que utilizam partituras com linguagem musical para execução de instrumentos musicais (MUSZKAT, 2012).

Quanto ao que se denomina pensamento matemático, compreendido com a funcionalidade de numerosidades e cálculo mental associado à linguagem matemática, observa-se que para a construção do conceito de número se postula a existência de três sistemas de códigos: analógico, verbal e simbólico-visual, conforme o Modelo do Código Triplo (DEHAENE e COHEN, 1995). O sistema analógico, é o responsável pela estimativa numérica, já se encontra ativo nos primeiros meses de vida, o visual até 10 anos, enquanto o sistema verbal é desenvolvido a partir do 2º ano de vida e atinge a maior maturação a partir dos 6 anos. Esse esclarecimento fundamenta a perspectiva inclusiva da educação, por meio da qual se entende que a estimulação dessas habilidades pode sustentar o desenvolvimento, ou mesmo oportunizar a plasticidade em áreas específicas, promotoras da aprendizagem matemática na construção da manipulação numérica. Estudos de neuroimagem identificaram e mapearam as principais regiões cerebrais envolvidas no processo de operações aritméticas básicas, são áreas distintas, porém, integradas (Figura 02). A primeira, chamada de região parietal, é responsável pela estimativa numérica e a segunda, intitulada de córtex pré-frontal, estabelece as relações entre os números. Ao tentar resolver um cálculo mental, por exemplo, acionam-se as redes frontais, o lobo temporal medial e o hipocampo. A atividade cerebral acontece também em duas vias visuais, a ventral e a dorsal – a mais importante região do cérebro para representar o conhecimento de quantidades.

Ao observar a Figura 02, são destaques ao lado esquerdo ativações cerebrais sem o pensamento matemático, e nas imagens da esquerda quando se pensa números e quando se realiza cálculo mental, é na região do córtex do lobo parietal dos dois hemisférios cerebrais, ao redor de um sulco horizontal denominado sulco intraparietal, que ocorre a percepção do sistema analógico também chamado de magnitude (quantidade, fileira numérica). Em uma porção do córtex na junção occipital temporal, também em ambos os hemisférios cerebrais ocorrem a representação visual dos símbolos numéricos. Na região cortical do hemisfério

esquerdo que envolve regiões temporo-parietal, são realizados os processamentos da linguagem, onde ocorre a representação verbal dos números. Por meio de ressonância magnética foi possível constatar que exercícios relacionados à análise matemática, álgebra, geometria e topologia ativam um conjunto particular de áreas cerebrais na região intraparietal, no lobo temporal inferior e no córtex pré-frontal em matemáticos (DEHAENE, 2016).

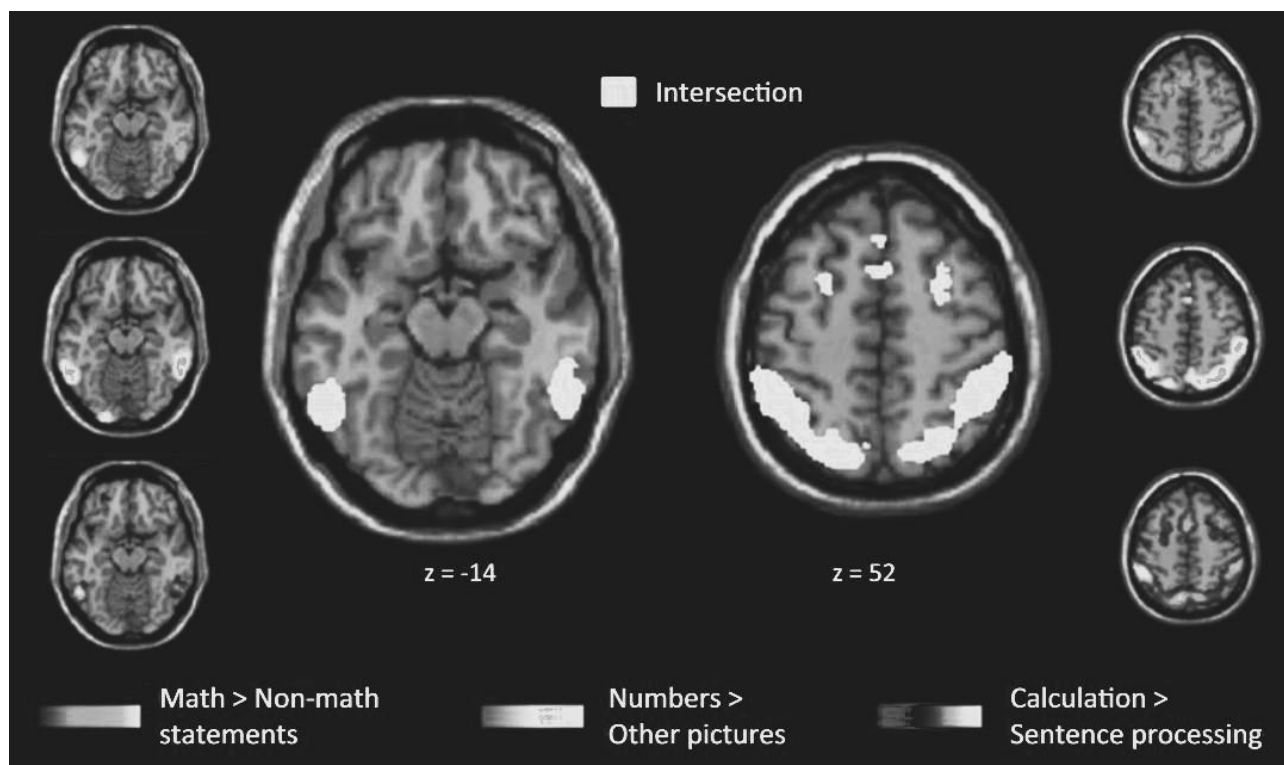


Figura 02 – Áreas cerebrais acionadas durante o cálculo mental de estruturas matemáticas (2023)  
(Fonte: <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Detectan-regiones-del-cerebro-que-se-activan-en-los-matematicos> )

Portanto, é possível evidenciar por meio da neurociência ao explicar à funcionalidade do sistema nervoso, que são as mesmas regiões cerebrais onde ocorrem processamentos de musicalidade (Figura 1) ocorrem processamentos para a numerosidade e cálculo mental das operações matemáticas (Figura 2), possíveis de ocorrer o efeito Transfer<sup>1</sup>, isto é, plasticidade cerebral.

Compõe o marco cognitivo o domínio da aritmética na distinção entre habilidades primárias e secundárias (GEARY, 2007). As habilidades primárias correspondem às intuições primitivas de números, são natas, são eles: estimativa, proporcionalidade e cálculo aproximado, que são de aquisições espontâneas. As habilidades secundárias são compostas pela transcodificação<sup>2</sup> numérica relacionadas à estimulação da memória de trabalho e automatização de procedimentos aritméticos com a utilização de códigos numéricos. Para seu desenvolvimento faz-se necessário um modelo de ensino da matemática no qual as habilidades inatas devam ser estimuladas precocemente em um processo sequencial no qual as habilidades secundárias sejam relacionadas à resolução de problemas, estas, correspondem às invenções culturais (tabuada, escrita das operações matemáticas reflexivas e criativas, entre outros), exigem pedagogia explícita, treino e esforço e mediação docente. Além disso, o efeito da

<sup>1</sup> “Efeito Transfer” (HETLAND, 2000; SCHELLENBERG, 2000; 2005; MUSZKAT, 2012; THOMPSON, 2015) é um conceito que representa a transferência de habilidades cognitivas de um domínio para outro, causadas provavelmente por sobreposições anatômicas das conexões neurais envolvidas.

<sup>2</sup> Transcodificação numérica é a tradução de uma forma de representação numérica à outra, da representação verbal para a arábica ou vice-versa, e é precursora de habilidades numéricas mais complexas.

modularidade também explica por que, quando se lida com números inferiores a cinco, as respostas são mais rápidas com a mão esquerda, pois traduz o processamento do lado direito do cérebro. Quando números maiores que cinco são processados, respostas mais rápida são atribuídas à mão direita, processadas em maior amplitude pelo lado esquerdo do cérebro. Esse efeito, chamado de *SNARC (Spatial Numerical Association of Response Codes)*, mostrou a influência da linguagem e do hemisfério esquerdo no processamento numérico. (MUSZKAT e RIZZUTTI, 2016).

O caráter não-simbólico, analógico das representações de magnitude, ficou evidente em uma série de estudos experimentais, demonstrando a natureza espacialmente orientada das representações de magnitude. Em uma tarefa não quantitativa de julgamento da paridade de números de 1 a 9, Dehaene, Bossini e Giraux (1993) observaram uma interação de tempos de respostas entre magnitudes dos estímulos e a mão utilizada para responder. Para os números inferiores a 5, as respostas eram mais rápidas com a mão esquerda; enquanto que; para os números maiores que 5; as respostas com a mão direita ocorriam de forma mais rápida. O resultado foi denominado de Efeito *SNARC (Spatial Numerical Association of Response Codes)* (DEHAENE; BOSSINI; GIRAU, 1993).

A partir desse efeito em atividades como determinar se números expostos são pares ou ímpares, postula-se que, mesmo para tarefas simples como determinar a paridade de números, são acessadas representações analógicas de magnitude que se orientam da direita para a esquerda. Assim, as magnitudes numéricas estariam representadas na imaginação espacial, sobre uma forma de linha mental orientada da direita para a esquerda. À medida que há uma maior magnitude ou densidade ou menor diferença entre os números, há menos discriminalidade na representação mental.

Dessa forma, existe 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, e, como consequência, são identificados alguns sistemas parcialmente autônomos, como as chamadas Funções Matemáticas (MUSZKAT e RIZZUTTI, 2016). Os estímulos sensoriais podem e devem ser utilizados para que diferentes áreas se desenvolvam, destacando-se a audição, presente na Musicalidade, como instrumento de estimulação do pensamento matemático.

Além disso, a música (audição, execução de instrumentos, treino musical) é capaz de modular tanto a função visuoespacial<sup>3</sup> como a facilitar o processamento temporal, de suscitar estimativas na matemática e de envolver plasticidade do sistema atencional (MUSZKAT e RIZZUTTI, 2016).

A partir do efeito *SNARC (Spatial Numerical Association of Response Codes)*, é possível inferir que mesmo as tarefas não quantitativas, como a determinação da paridade de estímulos numéricos, ativam automaticamente representações de magnitude. Os resultados demonstram também que as representações ativadas de magnitude são de natureza espacial, analógica, orientando-se da direita para a esquerda no ocidente.

Ao estabelecer o conceito numérico é possível que o cérebro humano realize operações matemáticas abstraindo representações visuais, o que se denomina de cálculo mental, definida como uma função cerebral complexa, em que em uma operação aritmética simples vários mecanismos são envolvidos, como: a) o processamento verbal e/ou gráfico da informação; b) percepção (aspectos da discriminação, memória auditiva e visual, memória sequencial, coordenação viso-motora, orientação espaço-temporal e controle dos movimentos); c) reconhecimento e produção cognitiva de números; d) representação número/símbolo associados a significados; e) discriminação visuoespacial; f) memória de curto e longo prazo; g) raciocínio sintático; h) e atenção (BASTOS, 2008).

---

<sup>3</sup> Capacidade que temos para representar, analisar e manipular mentalmente os objetos. Relação da memória visual com referencia espacial: capacidade de representar e manipular mentalmente objetos em duas dimensões.

## Funções Executivas

O conceito de Funções Executivas tem como idealizador direto o neuropsicólogo Alexander Romanovich Luria (1981), que propôs um modelo de funcionamento cerebral composto por três unidades, mediadas por regiões neuroanatômicas e funcionalmente hierárquicas que, ao trabalharem juntas, regulam todo comportamento e processos mentais. Diversos conceitos são encontrados na literatura sobre o conjunto de habilidades e capacidades cognitivas que nos permitem executar ações necessárias para atingir um objetivo e aprender (LURIA, 1981; LEZAK, 1982; et al., 2004; MALLOY-DINIZ et al., 2010; PANTANO e ZORZI, 2010; MUSZKAT, 2005; 2008; 2010; 2012; IZQUIERDO, 2011; THOMPSON, 2015). Nos modelos atuais não há um consenso das habilidades que compõem as funções executivas. Neste estudo, adotou-se a abordagem de Malloy-Diniz et al. (2010) definida como um conjunto de habilidades de processos mentais complexos, que permitem direcionar o comportamento a metas, avaliar a eficiência e a adequação desses comportamentos, abandonar estratégias que não foram eficazes buscando outras mais eficientes, resolvendo problemas imediatos de médio e longo prazo (MALLOY-DINIZ et al., 2010, p.187). São elas: planejamento, controle inibitório, tomada de decisões, flexibilidade cognitiva, memória operacional, atenção, categorização, fluência e criatividade.

Anatomicamente, a atenção e as demais funções executivas, segundo estudos (MILLER, 2000; BUNGE et al., 2006), não são produtos de uma única área cerebral, mas dependem do funcionamento concentrado, resultante da atividade interconectada de sistemas de redes neurais específicas, que originam no 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 (Efeito Transfer). Referindo-se à habilidade de Atenção, uma primeira classificação é esclarecida por Atenção Voluntária e Involuntária, entendendo como Atenção Involuntária a que se refere à mudança não programada, provocada por estímulo externo, desencadeada quando a informação sensorial é de grande intensidade, complexidade, surpreendente e inédita. Quanto à Atenção Voluntária, imprescindível para a aprendizagem, é definida como um processo contínuo, multidimensional, que envolve excitação, levando à prontidão executiva e à inibição que interrompe 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 requerem esforço e consciência. Atenção voluntária divide-se em atenção seletiva, atenção dividida e atenção sustentada (MUSZKAT; MELLO, 2008, p.108).

Entendida como Atenção Seletiva a capacidade de direcionar a atenção para uma determinada porção do ambiente, enquanto os demais estímulos à sua volta são ignorados. Gray (1982) afirma que esta permite selecionar fontes específicas de informação para checar previsões geradas a partir da memória sobre regularidades passadas no ambiente, sendo, portanto, altamente adaptativa. 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. 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. Na idade escolar, crianças com 4 e 5 anos (educação infantil) 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 6 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.

Existe uma ligação direta entre o aprendizado e a memória, já que esta é uma condição no processo de aquisição de informações. Sua permanência será evidenciada posteriormente. Segundo Izquierdo (2011), há basicamente dois tipos de memória: a de curto prazo, também denominada de memória de trabalho ou memória operacional, e a de longo prazo. Squire e colaboradores (2003) dividem-na em três fases: codificação, armazenamento e evocação. A codificação está relacionada ao processamento da nova informação a ser adquirida. Enquanto a mensagem está sendo codificada, a informação deve ser internalizada, mediante os registros das informações em arquivos sensoriais e sua posterior consolidação, criando, com o passar do tempo, uma intensa representação dessa informação. O armazenamento cria um registro permanente daquela informação. Já a evocação utiliza a informação guardada para expressar uma representação consciente ou para executar um comportamento aprendido como um ato motor.

Alan Baddeley liderou as pesquisas no campo da memória de trabalho e é conhecido principalmente por seu modelo de componentes múltiplos. Atualmente, evidências de inúmeros estudos consolidam a ideia da existência de múltiplos sistemas de memória, que funcionam de forma independente, mas cooperativos. Estes sistemas estão associados ao funcionamento de diferentes circuitos do sistema nervoso e são discriminados em função tanto da natureza da informação processada como de suas regras intrínsecas de operacionalidade (MUSZKAT; MELLO, 2008).

Para a consolidação do aprendizado de elementos da matemática, como, por exemplo, o SND, a memória de trabalho é indispensável, visto que realiza a retenção do armazenamento de informações essenciais por segundos, para organizar a realidade percebida na resolução de problemas, no uso do raciocínio lógico ou na elaboração de comportamentos (que podem ser esquecidos a seguir).

A memória de longo prazo é classificada em memória declarativa ou explícita e memória não-declarativa ou implícita (BADDELEY, 1997; 2000; TULVING e CRAIK, 2000). A declarativa ou explícita está relacionada com o tipo de memória que pode ser manipulada constantemente ou exposta, declarada, de forma consciente (declarativa); e a implícita ou não-declarativa está relacionada ao armazenamento não de fatos ou eventos específicos, mas de habilidades que adquirimos: ela depende de treinamento repetitivo e é gradual.

Os dois tipos de sistemas principais de Memória Declarativa ou Explícita são denominados de Memória Semântica e Memória Episódica. A memória semântica se refere a fatos e ao conhecimento organizado do mundo. É uma rede de associações nutrida pelo conhecimento do mundo concreto sensorial, abstrato – verbal e viso espacial, e pelas informações pessoais e objetivas não experienciadas. As representações conceituais armazenadas na memória semântica são conectadas por meio de seus atributos definidores e relações de categoria, funcionando assim como “nós” (ou nodos) em complexas redes semânticas. O acesso consciente ao conteúdo da informação contida num destes nós, como pela nomeação, desencadeia uma ativação automática e difusa entre as outras representações com as quais compartilha propriedades de significado. (MUSZKAT; MELLO, 2008, p. 162). Um exemplo de memória Semântica é o conhecimento consolidado do SND, ao ser utilizado para realizar uma operação de adição. Se a aprendizagem já aconteceu, não se faz necessário, por exemplo, vivenciar atividades de relação de quantidade com numerais, porque os procedimentos e significados do conceito de SND já foram aprendidos. Logo, ao evocar esta memória, automaticamente já se realiza a soma.

A memória Episódica refere-se aos eventos que são dependentes do contexto nos quais ocorreram, com alta especificidade temporal. São eventos relativos à história pessoal e, portanto, têm um contexto espacial e temporal específico da história individual. Trata-se, por exemplo, da lembrança de uma viagem, de um presente recebido da mãe, ou do conhecimento

autobiográfico.

Os sistemas de memória de longo prazo são caracterizados pelo fato de que seu conteúdo – conhecimentos gerais ou eventos individualmente vivenciados – podem ser armazenados por longo tempo, indefinidamente. Essas informações podem ser declaradas a qualquer momento, ou seja, a pessoa tem acesso de forma consciente a esse conteúdo (IZQUIERDO, 2011).

O controle inibitório é a capacidade de inibir respostas impulsivas, imediatas, tendenciosas, quer sejam aquelas que interrompam o curso eficaz de uma ação quer sejam as que estejam em curso (BARKLEY, 2001). Ele que nos permite inibir ou deliberadamente controlar comportamentos, respostas ou pensamentos automáticos quando a situação exige. Assim, crianças com dificuldade em inibir impulso respondem sem pensar, buscam recompensas imediatas ou apresentam dificuldades em estabelecer objetivos a longo prazo. Por exemplo, Forés (2015) indica que, na prática, será mais fácil para os alunos se envolverem ou terminarem uma tarefa se compreenderem as opções antes de decidir, reconhecendo como isso afeta sua ação, podendo optar pela escolha certa. A inibição (controle inibitório e de interferência) é o componente das funções executivas que possibilita ter domínio sobre a atenção de tal forma que se conseguem evitar impulsos, distrações e ações automáticas. Sem o controle inibitório, não seria possível focar a atenção quando se deseja mudar hábitos e escolher a forma de agir. É possível destacar três aspectos relevantes do controle inibitório: o controle inibitório de atenção, a inibição cognitiva e o autocontrole (BARKLEY, 2001). O controle inibitório da atenção é importante para manter o foco atencional, não deixando que estímulos exteriores distraiam. Alguns estímulos visuais ou auditivos mais proeminentes atraem involuntariamente a atenção, mas há certos estímulos aos quais é possível escolher dar atenção ou não. Assim, por exemplo, é possível manter uma conversa com alguém, mesmo em um ambiente com som elevado.

O aspecto do controle inibitório relacionado à inibição cognitiva, por sua vez, significa resistir a pensamentos e memórias não intencionais, capazes de alterar o foco. Essa habilidade é necessária para o bom funcionamento da memória de trabalho. Ela possibilita manter o foco nas informações desejadas, mesmo na presença de algum pensamento involuntário. E ainda dentro do controle inibitório, o autocontrole é o aspecto que está relacionado a ter domínio sobre o comportamento, apesar da presença de impulsos e emoções, estimulando determinadas condutas. Ter autocontrole significa ter a possibilidade de agir de forma diferente da desejada, como ter disciplina para terminar atividades não prazerosas, mas necessárias para se atingir um objetivo desejado. Além disso, ter autocontrole significa também evitar cometer erros devido à impulsividade, como tirar conclusões precipitadas, falar algo sem pensar antes, ou não calcular as consequências de uma ação ou decisão.

A memória de trabalho e o controle inibitório são mutuamente dependentes e dificilmente funcionam separadamente. Ter em mente o objetivo é indispensável para avaliar o que deve ser filtrado ou inibido; para trabalhar com informações mentalmente é preciso ter a capacidade de resistir a distrações; e para manipular as ideias de forma criativa deve-se evitar repetir padrões habituais.

Os processos inibitórios demonstram atingir um nível dominante a partir dos seis anos de idade com melhoras gradativas com idade e anos escolares. O desenvolvimento do controle consciente e autônomo de pensamentos, ações e emoções não ocorrem de forma independente do contexto em que a criança vive. Ao contrário, as situações vivenciadas pelas crianças podem afetar positiva ou negativamente o típico desenvolvimento das funções executivas.

Outro termo usado na literatura, semelhante ao controle inibitório, mas com significado diferente, é a autorregulação. Forés (2015) define autorregulação como uma habilidade que está interligada às funções executivas. Sua definição equipara-se, em larga medida, ao controle inibitório, porém o campo de estudo da autorregulação compreende mais aspectos. Enquanto pesquisadores de funções executivas se concentram mais em pensamentos, atenção e ações, os pesquisadores de autorregulação consideram mais as emoções. A pesquisa em autorregulação

também se diferencia por compreender a importância da motivação e do empenho nas respostas às emoções. Assim, o conceito de autorregulação é mais amplo e abrange o monitoramento, a regulação e o controle dos estados emocional, motivacional e cognitivo do indivíduo.

A flexibilidade cognitiva é definida como a capacidade do indivíduo de mudar de forma flexível entre as diferentes tarefas, operações mentais ou objetivas, simultaneamente. A flexibilidade cognitiva permite adaptar-se a situações inesperadas sem muita reflexão, libertando da rigidez e automação ineficiente. Por exemplo, quando a criança participa numa atividade que em algumas situações tem de falar e, em outras, escutar. Ou quando deve escolher entre diferentes estratégias para resolver um problema, e há necessidade de ser criativa. É por isso que, segundo Forés (2015), o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva pode ser facilitado não utilizando analogias e metáforas, que levantam problemas sem esclarecimento contextualizado de forma clara e objetiva, permitindo diferentes opções para a tomada de decisão, mas inferindo estruturas concretas, como por exemplo, a associação de pulso com uma unidade, e ausência de pulso com a ausência de unidade.

A criatividade é definida como a capacidade de gerar ideias, conceitos ou soluções originais e valiosas para um problema, desafio ou situação. Ela envolve uma combinação de diferentes elementos do pensamento, como imaginação, abstração, associação de ideias, pensamento divergente e habilidade de ver conexões entre informações aparentemente não relacionadas. Importante registrar que a criatividade é uma função mental complexa que não está limitada apenas às funções executivas do cérebro, mas pode envolver diversas áreas cognitivas e neurais. Está ligada a outras áreas do cérebro, como o córtex pré-frontal (envolvido na resolução de problemas e tomada de decisões), o córtex cingulado anterior (associado ao pensamento divergente) e as redes neurais envolvidas na imaginação e na associação de ideias.

Para o processo de musicalidade proposto neste estudo a criatividade está inter-relacionada com a afetividade, o que será descrito melhor na apresentação da proposta a seguir.

## **Mediação Docente**

A Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural (FEUERSTEIN, 2014) é de grande relevância para o ensino da matemática, visto que o princípio norteador contribui para que sujeitos mediados se tornem capazes de superar limites na apresentação e resolução de problemas. Neste sentido, a teoria elege critérios de mediação que possibilitam a flexibilização para a mudança, potencializando estímulos cognitivos visando o desenvolvimento da modificabilidade estrutural cognitiva, que se constitui na capacidade potencial do ser humano de transformar e transformar-se, de ressignificar conhecimentos, habilidades, conceitos e atitudes.

Feurstein (TURRA, 2007) baseia-se na ideia de não se prever limites para o desenvolvimento psicológico nem classificar pessoas sem conhecimento prévio da capacidade de aprendizagem que apresentam. Caminhou, assim, em direção oposta às teorias que abordavam as relações desenvolvimento/aprendizagem que localizavam e indicavam os problemas nos próprios indivíduos, assim como nas condições dos estímulos, meio social em que estão inseridos.

Sua argumentação de aprendizagem, traduzida pelo termo “modificabilidade”, refere-se à modificação da relação do sujeito consigo próprio no/e com seu entorno. Feurstein (1997, p.9) propõe “uma relação dinâmica constante do sujeito com o ambiente, estando ambos em movimento e interagindo com a realidade sociocultural”. Rompe com paradigmas inatistas do campo de estudo cognitivo, contestando, inclusive, a crença da idade das anomalias cromossômicas como irreversíveis, impedindo processos mentais complexos (TURRA, 2007).

Para ele a mediação é educativa, humana, universal e ética; exige conhecimentos sobre o que ensina, sobre a regulação de relações, orientação das percepções, consciência da funcionalidade interna do aluno e visão do contexto social inserido. Ele afirma que a mediação é um processo de interação entre o organismo humano em desenvolvimento e o adulto com experiência e intenção, que seleciona, enfoca e retroalimenta as experiências ambientais e os hábitos de aprendizagem (FEURSTEIN et al., 2014).

Fonseca (1995) esclarece que a Modificabilidade Cognitiva Estrutural é o conceito central de um modelo que aceita as diferenças individuais no desenvolvimento cognitivo com pessoas com deficiência, com desenvolvimento típico e pessoas superdotadas/Altas Habilidades.

A teoria afirma que para se atingir níveis de complexidade cognitiva, é necessária uma Experiência de Aprendizagem Mediatizada (*Mediated Learning Experience-MLE*), responsável pelas mudanças estruturais da cognição humana (FONSECA, 1995). Para Feurstein et al. (2014), a Experiência de Aprendizagem Mediada (EAM) acontece nas interações sociais nas quais as pessoas produzem processos de aprendizagem que lhes possibilitam apropriar-se de conhecimentos e reelaborá-los, chegando a elevados níveis de entendimento que não seriam proporcionados com a simples exposição a estímulos ou experiências físicas e cognitivas. De acordo com a Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural, para se produzir aprendizagem significativa é imprescindível a presença da relação “mediador-mediado”, que ao desenvolver os critérios de mediação, possibilita a interação e a modificabilidade, isto é, o desenvolvimento cognitivo.

A Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural ressalta a importância de um contexto social e econômico favorável, mas não somente este como condição para o desenvolvimento: Feurstein (1997) afirma que a interação é influenciada por determinadas características do organismo (incluindo hereditariedade, maturação e similares) e as qualidades do meio ambiente (oportunidade de experiências culturais, status socioeconômico, contatos afetivos e emocionais, instituições educacionais). Esses fatores podem provocar o que ele denomina de “Síndrome de Privação Cultural”, entendida como característica de um sujeito que não foi de forma plena integrado à cultura do seu meio.

A Experiência de Aprendizagem Mediada (EAM) exige a presença de um ser humano para organizar, selecionar, interpretar e elaborar aquilo que será aprendido ou experimentado. Sustenta que os fatos ambientais e aqueles relacionados às características do organismo são determinantes fundamentais, que causam respostas diferenciadas em relação ao meio ambiente; enquanto a Experiência de Aprendizagem Mediada (EAM) constitui o determinante proximal que influencia o desenvolvimento cognitivo estrutural e o potencial da adaptabilidade e da modificabilidade (TURRA, 2007). Para que a EAM ocorra, um mediador deve colocar-se intencionalmente entre o estímulo e o sujeito. Para Feurstein (1997), a mediação atua na situação de estímulo-resposta pela intensidade da qualidade, pelo contexto, pela frequência e pela ordem, ao mesmo tempo em que desperta no indivíduo a vigilância, a consciência e a sensibilidade.

A EAM dá relevância ao mediador, ao ser humano que se interpõe (e que intervém) entre os estímulos e as próprias crianças mediatizadas, com a intenção de mediar tais estímulos adequando-os às suas necessidades específicas. Os estímulos não existem por si sós, eles são planejados, modulados, organizados, eliminados e modificados conforme as necessidades reguladas pelo mediador. É o mediador quem determina, podendo transformar os estímulos, avaliando e selecionando estratégias adequadas a cada situação.

É por meio desse processo de mediação que a estrutura cognitiva da criança adquire padrões de comportamento que determinarão sua capacidade de aprendizagem. Assim, quanto menos mediação for oferecida, menor será a possibilidade do mediado desenvolver a capacidade de se modificar, daí a importância da qualidade do mediador-educador, aqui denominado de professor ou docente. Fonseca (1995) ainda ressalta que a autoplaticidade

humana não é explicada somente pela neurogênese ou sinaptogênese (aspectos biológicos), mas pelo fato de tal estrutura cortical ter sido submetida à Experiência de Aprendizagem Mediada (estímulos intencionais do aspecto ambiental e cultural da mediação).

A pura presença dos estímulos ou a sua interiorização em esquemas não pode explicar a modificabilidade cognitiva, nem a maturação do organismo do indivíduo. O fenômeno cultural, ou seja, a EAM surge assim como fator explicador da evolução humana. A MCE não pode resultar da simples exposição a certas experiências, uma vez que não podemos ter a noção da causa dos fenômenos só pela vivência de certas experiências (FONSECA, 1995, p.89). As operações mentais organizadas pela Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural como critérios de identificação da Experiência de Aprendizagem Mediada para o cálculo mental são identificadas como habilidades de: identificação, diferenciação, representação mental, transformação mental, classificação, codificação e decodificação, relações virtuais, análise e síntese, inferência lógica, raciocínio analógico, raciocínio hipotético, raciocínio transitivo, raciocínio silogístico e raciocínio lógico. Porém, neste estudo, iremos considerar os critérios voltados para a atuação da mediação docente, tendo em vista as limitações e aprofundamentos do objeto de estudo.

A Experiência de Aprendizagem Mediada (EAM) é caracterizada como multidisciplinar não apenas pela dinâmica de resoluções de problemas, típicas do Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI), mas também pela interação provocada por meio dos critérios adotados durante a EAM, especialmente pela autonomia que a mediação proporciona ao sujeito mediado quando estimula processos cognitivos a elaborarem respostas a partir do conhecimento e experiência social e cultural do sujeito. Feuerstein (1994; 2014) fundamenta a mediação da EAM sob o conceito de zona de desenvolvimento potencial de Vygotsky (1987; 2007), no qual o desenvolvimento humano é muito mais do que a simples e pura formação de conexões associativas ou reflexas, ou apenas a formação de sinapses; tal conceito tem origem social e envolve uma mediação qualificada entre elementos da sociedade. Os ciclos evolutivos do desenvolvimento e a maturação neuropsicomotora simultâneos precedem os ciclos da aprendizagem, numa denominada “síntese biocultural” característica da espécie humana. Assim, a maturação prepara e condiciona a aprendizagem, mas é a aprendizagem que potencializa a própria maturação, oportunizando transformações e modificações específicas.

A influência ativa do mediador é determinante para a expansão das funções cognitivas, pois cabe a ele saber suscitar processos evolutivos no espaço e no tempo, que só são ativos nas situações de relação e interação entre as pessoas, entre o mediador e o mediado, pois somente dentro desta dinâmica interativa as funções psíquicas superiores se desenvolvem. Para Feuerstein et al. (2014), a concretização da mediação implica na integração sistêmica dos critérios básicos da Experiência de Aprendizagem Mediada, que estruturam toda a relação intencional que se adapta à diversidade das necessidades dos alunos. Os critérios presentes em todas as culturas são: Intencionalidade e Reciprocidade, Transcendência e Significado, que criam modificabilidade e flexibilidade capacitando o mediado para a mudança.

A Intencionalidade e Reciprocidade são indissociáveis na mediação. O mediador procura intencionalmente instrumentos, estratégias e situações que facilitem a aprendizagem, adequando-os às necessidades intrínsecas do educando que, por sua vez, responde e participa de forma dinâmica do processo. Nesse critério, é imprescindível que o professor mediador conheça e reconheça todas as funções cognitivas para que identifique em quais deverá estimular sua potencialização.

O Significado refere-se ao valor atribuído à atividade; nesse critério, o mediador não se contenta com a transmissão de conteúdos, mas deve ser dinâmico a fim de levantar questões que traduzam o entendimento e aplicação para além da situação mediada. Ele levanta a necessidade do receptor da mediação olhar para significados com maior profundidade. É imprescindível que o professor mediador conheça e reconheça dados elementares do contexto social e cultural que envolvem o aluno mediado pois, sem reconhecer seus valores culturais, não poderá atribuir a função social, isto é, o Significado dos conteúdos. Fonseca (1995) enfatiza

que sem significação a resolução de problemas não modifica o mapa cognitivo do sujeito mediatizado (FONSECA, 1995, p. 99). Assim, a significação é condição para a aprendizagem, não sendo possível deixar os indivíduos na livre exploração das tarefas: é preciso orientá-los no sentido de se apropriarem dela. O mediador deve estar culturalmente comprometido para que propicie as inter-relações entre os critérios da intencionalidade e reciprocidade e da transcendência. Sendo necessário alto nível motivacional: transformar os estímulos (selecioná-los, sequencializá-los, alterar sua frequência e intensidade); modificar o seu próprio comportamento (postura, expressão facial, comunicação não-verbal, inflexão de voz, etc); fornecer feedbacks positivos, neutros ou negativos perante certos comportamentos ou respostas de mediatizados; causar alterações na atmosfera de aprendizagem com recursos e comportamentos antecipatórios; explicitar a importância e o valor de certos conteúdos aos sujeitos mediatizados; provocar a emergência de significações pouco óbvias (“O currículo invisível”); etc. (FONSECA, 1995, p.100).

O critério de Transcendência, como sugere o nome, procura transcender o contexto imediato, quando busca a promoção da aquisição de princípios, conceitos ou estratégias que levem a generalizações de outros fins, mobilizando estratégias e ampliando, assim, a significação e a utilidade da tarefa ou problema abordado na experiência de aprendizagem mediada. Nesse critério, é fundamental que o professor mediador, através da curiosidade, busque o desenvolvimento do pensamento reflexivo do aluno sobre o que está subjacente à situação, de modo que possa estender a outras situações e contextos e leve-o a inquirir, a descobrir relações e ao desejo de saber mais. A qualidade da interação vai além da necessidade imediata, estimulando no mediado a autonomia de aprendizagem. Fonseca (1995) esclarece que a transcendência é o critério que amplia os processos cognitivos quando procura transcender o contexto imediato na busca de atingir objetivos e necessidades de tempos futuros, pois se orienta para a organização mental de princípios de generalização mobilizando conceitos e estratégias, ampliando a significação e a utilidade da tarefa ou do problema utilizado. Nesta linha, o mediador deve: relacionar a tarefa com conteúdos prévios ou futuros; revelar as relações entre os conteúdos específicos e inerentes à tarefa com os objetivos mais globais; selecionar os conteúdos de acordo com a sequência das situações de aprendizagem subsequentes; assegurar proficiência dos mediatizados nas aquisições básicas e nos hábitos de trabalho, além das necessidades presentes; suscitar questões do “porquê” e do “como” mais do que questões do “quem” e do “quê”; explicar as razões das suas ações e decisões; questionar os mediatizados para explicações racionais sobre as respostas e a sua conduta; ensinar fatos, conceitos, princípios e relações cognitivas superiores, como a representação e categorização; sugerir situações problema e definições e colocações de problemas; generalizar a partir das instâncias específicas envolvidas nas tarefas; colocar questões que promovam inferências das regras gerais; fornecer “pontes” entre a área dada e outras áreas correlacionadas, mas diferenciadas; encorajar os mediatizados a fazer sínteses integradoras entre várias áreas do conteúdo que emergem da resolução de tarefas imediatas; etc. (FONSECA, 1995, p. 98-99).

O desafio de implementar a teoria de Reuven Feuerstein na prática dos professores da educação infantil e anos iniciais do ensino fundamental está no ato de trazer à tona processos cognitivos que estão ocultos nas aulas, nas tarefas e avaliações escolares, não explícitos para a maioria dos especialistas, psicopedagogos, gestores ou docentes em instituições de ensino e intervenção psicopedagógica, responsáveis por transpor obstáculos à aprendizagem dos alunos com deficiências e frustrados com tantas tentativas fracassadas de solução.

Esta teoria oportuniza a esperança de construção de práticas que levem à Modificabilidade Cognitiva Estrutural de toda e qualquer pessoa, independente das características, da idade ou das condições de vida; sendo fator primordial para adaptação e desenvolvimento humano em todas as dimensões, visto que estruturar cognitivamente a realidade de modo mais qualitativo implica não apenas em elaborações racionais, mas igualmente em elaborações afetivas. “Cognição e afeto são faces da mesma moeda de

construção” (FEUERSTEIN apud SASSON, 2006, p.86).

## **A Musicalidade Mix Potencial-Plasticidade Cíclica como recurso de ensino do Sistema De Numeração Decimal**

Como recurso de ensino do sistema de numeração decimal define-se como *Musicalidade Mix Potencial - Plasticidade Cíclica* o processo de corporeidade com elementos psicomotores, rítmicos e sonoros, típicos do desenvolvimento humano, capaz de estimular habilidades neurocognitivas imprescindíveis ao conhecimento do Sistema de Numeração Decimal (GOMES, 2017, 2022). Composta de dois aspectos de abrangência: o primeiro, habilidades do processamento específico do pensamento matemático e o segundo, funções executivas.

Quanto ao primeiro aspecto é importante ressaltar os três tipos de codificações que compõem o conceito de número utilizado na aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal: um código verbal auditivo, um código simbólico visual e um código analógico. Aqui, há de se observar, principalmente, habilidades dos dois domínios (música e matemática) como possibilidade de sobreposições anatômicas e funcionais que configuram: a) a velocidade do processamento espaço temporal (ritmo); b) o processo simbólico (códigos de linguagens); c) o Senso Numérico (memória operacional); d) a Interação Social (socialização); e) a Fluência de Cálculo (divisões de tempos e durações que compõem a melodia e o ritmo musical com métrica e sincronia matemática); f) a criatividade.

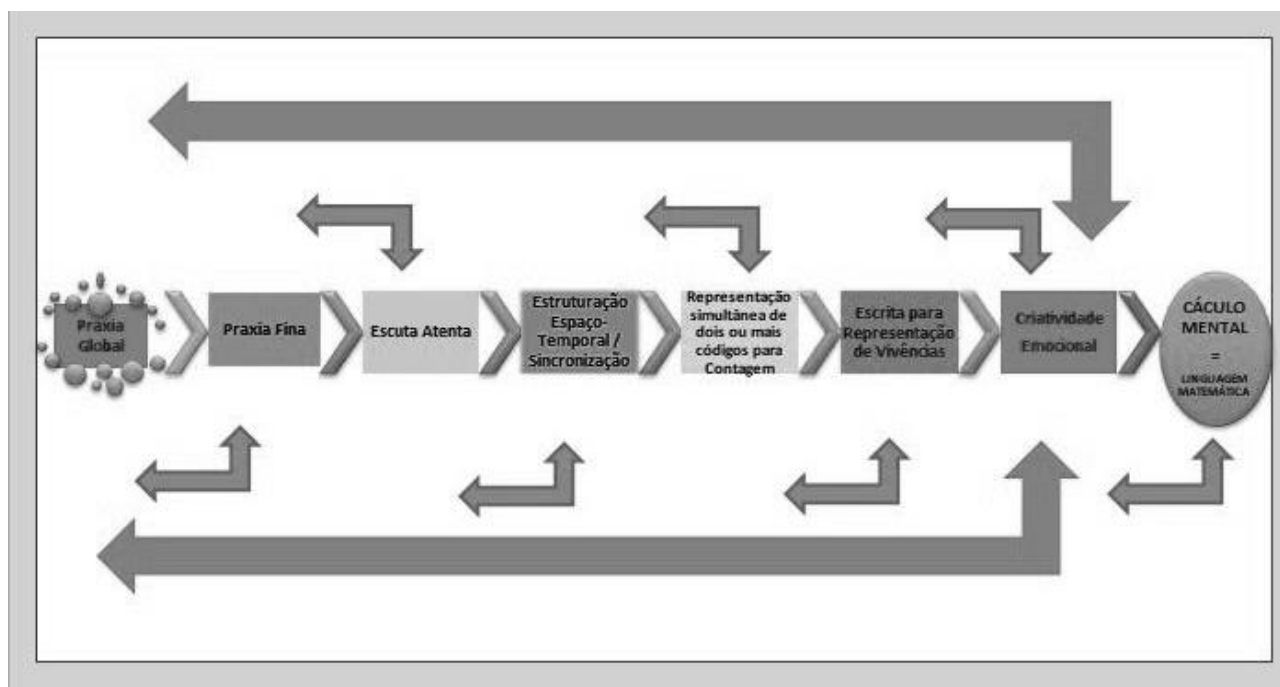
O segundo aspecto refere-se aos conteúdos curriculares matemáticos, atualmente determinados pela BNCC, Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, MEC, 2017). Tendo em vista que a música é composta em sua estrutura de fenômenos matemáticos (frequência de sons), é possível extrair ou mesmo indicar conteúdos matemáticos presentes em sua estrutura para identificação de conceitos matemáticos abstratos, apresentando, portanto, a musicalidade como possível ambiente de Experiência de Aprendizagem Mediada. Ainda sobre este aspecto, são indispensáveis os ajustes de critérios da mediação docente que deverão nortear as práticas de ensino (perspectiva inclusiva, em que todos têm o direito de aprender, independente de suas características).

A partir da figura 03, é possível identificar cada aspecto da proposta pedagógica como recurso de ensino do SND, que se articulam durante a elaboração, realização e avaliação de atividades de musicalidade, formatadas por etapas sistematizadas, coordenadas, ampliadas e ascendentes da metodologia do constructo, que configuram aspectos fundamentais no planejamento didático do professor, desde a elaboração das atividades, quanto nas referências durante a realização, e nas avaliações que servem de diagnóstico da aprendizagem em tempo real, a partir da observação do comportamento dos estudantes durante os diálogos instaurados nas análises das atividades impulsionadas antes, durante ou logo após sua realização. Esses apontamentos, reflexos das análises matemáticas dos estudantes permitem a resignificação de conteúdos, pois o professor ao saber das propostas da BNCC (currículo formal) e saber de habilidades cognitivas típicas do pensamento matemático, tem a autonomia de acrescentar ou modificar elementos curriculares da linguagem matemática durante a musicalidade. Esse movimento original da participação no planejamento e execução das atividades de musicalidade, são denominados de desdobramentos. São eles que determinarão os indicadores para as próximas etapas de planejamentos.

A *Musicalidade Mix Potencial - Plasticidade Cíclica* é descrita com aspectos relevantes para a contribuição na primeira infância, está baseada no aporte teórico mencionado nos capítulos anteriores, é indicada a corroborar no desenvolvimentos dos aspectos cognitivos e curriculares com implicações de efeito plural, isto é, tanto na aprendizagem matemática dos estudantes quanto na didática dos professores.

Figura 03 – Musicalidade MiX Potencial - Plasticidade Cíclica, elaboração da autora (GOMES, 2023)

Neste momento define-se como etapas do *Mix Potencial – Plasticidade Cíclica*: Praxia Global (LE BOUCHE, 1988) ou coordenação motora ampla, ações ativadas no lobo frontal e pré-frontal (córtex motor e pré-motor) que comanda a organização dos movimentos amplos, envolvem planificação e regulação da ação motora e mental. Tem por definição a capacidade de realizar a movimentos voluntários pré-estabelecidos como forma de alcançar um objetivo. Está intimamente relacionada à realização e à automação dos movimentos globais complexos, que se desenrolam num determinado tempo e que exigem a atividade conjunta de vários grupos musculares; refere-se aos movimentos de cabeça, tronco e membros. Tem a função de comandar voluntariamente a organização e regulação pré-estabelecida da ação psicomotora de forma a



alcançar um objetivo. Assim, música, ritmo e sonoridade estimulam movimentos amplos que de forma integrada indicam a padronização rítmica da amplitude de movimentos. Está presente na estimulação dos movimentos amplos de cabeça, tronco e membros durante a escuta, o movimento e o canto, quando as crianças podem perceber e movimentar as partes do corpo e associar a quantidade de pulsos e pausas com determinados movimentos da corporeidade e dos instrumentos musicais. Esses movimentos são sincronizados com o tempo da música, o que exige a coordenação cognitiva.

A Praxia Fina (LE BOUCHE, 1988) descreve áreas de movimentos restritos e específicos da coordenação visuoespacial e manipulativa das mãos e dedos específicos de apreensão com velocidade e precisão. Na (LE BOUCHE, 1988) musicalidade esses estímulos estão presentes tanto nos movimentos musculares quanto na associação da representação da letra da música associadas aos estímulos nas operações matemáticas onde os dedos servem de referência da memória para as unidades envolvidas no procedimento de contagem como referencial de parcelas da memória operacional durante o cálculo mental, ao mesmo tempo que servem de instrumento manipulador de indicação na contagem de aspecto simbólico e comunicativo. Assim, a utilização dos dedos como ferramenta manipulativa e como elemento de representação de operações matemáticas com repetição se torna imprescindível na memorização de longo prazo para que a linguagem matemática possa ser estabelecida com automação, representação e função social.

A Escuta Atenta refere-se a percepção da diferença constitutiva de ruído, barulho e som. Discrimina e identifica sons sucessivos, simultâneos, com duração como ritmos, alterações de intensidade, timbres, consonâncias e dissonâncias presentes na música. Este conceito pauta-se em oito tipos de escuta. São elas: escuta repetitiva, escuta indiscriminada, escuta única, escuta sacrificial, escuta contemplativa (WISNIK, 1989), escuta emotiva, escuta corporal, e escuta intelectual (SANTAELLA, 2001). Durante a Escuta Atenta oportuniza-se a contagem e o cálculo mental matemático em formato reflexivo por meio do silêncio, visa o desenvolvimento do Senso Numérico, quando os estudantes realizam representações numéricas e cálculo mental por meio de estimativa e proporcionalidade a partir do pulso do instrumento musical e tempo das pausas. A Escuta Atenta também propicia a contagem de pulsos associados a sílabas, quando identificam o momento das pausas entre as sílabas das palavras e, ainda, favorecem a contenção do movimento conforme a proposta do som de instrumentos musicais. Ainda, sendo a memória condição para a escuta de padrões musicais, estima-se o desenvolvimento da memória de longa duração, possível de estabelecer uma distinção entre expectativa e antecipação. (SANTAELLA, 2001; GORDON, 2000, 2008). A escuta musical é conduzida por um processo de antecipação do que já conhece, a compreensão de uma música ocorre quando se reconhece relações sonoras já existentes na memória. Mesmo quando a música é totalmente inédita, o ouvinte pode reconhecer elementos sonoros conhecidos. Quanto maior for esse repertório, melhor será a sua compreensão musical e desempenho de associações rítmicas e melódicas. Segundo Granja (2006), a habilidade para escuta musical pode ser desenvolvida, com mediação educativa, visando à criação de significados, estreitando perspectivas musicais e diferenciando estilos.

A etapa Estruturação Espaço-Temporal/Sincronização consiste na integração simultânea e sequencial das percepções visuais, auditivas, e temporais para a construção da elaboração mental da métrica entre espaço e tempo em relação ao movimento. Inicialmente com próprio corpo, e depois com instrumentos musicais. Dessa elaboração decorre a organização funcional da lateralidade e da noção do esquema corporal, uma vez que é necessária a conscientização espacial interna do corpo antes da projeção de referencial exterior. Para a linguagem matemática, a Estruturação Espaço-Temporal é imprescindível na efetivação da padronização tanto de operações do cálculo mental, quanto na escrita numérica, uma vez que seu valor posicional determina a quantificação dos cálculos. Além disso, a musicalidade oportuniza o desenvolvimento da relação movimento/tempo, uma vez que exige a sincronização de canto e movimentos para o tempo de realização das atividades. Essa combinação de Estruturação Espaço-Temporal e Sincronização se torna impulsionadora da matemática na corporeidade, uma vez que promove a consciência corporal e aprendizagem por meio da expectativa que a musicalidade desencadeia diante dos padrões melódicos associados à prosódia da língua portuguesa, em nosso caso.

A etapa denominada de Representação de dois códigos para Contagem é o paradigma principal advinda das etapas anteriores, visando a realização do cálculo mental utilizando a linguagem matemática. Para a construção do conceito de número é necessário o desenvolvimento do pensamento simbólico, segundo Dehaene (2012, 2013), que exigem domínios de três códigos de representação (analógico, auditivo e visual) de diferentes percursos e áreas neurais. A musicalidade além de estimular a contagem na execução musical canto/movimento, utiliza três códigos de representação (corporeidade, ritmo e som), o que exercita o pensamento simbólico a cada vez que se pede um tipo de resposta diferente, potencializando e fortalecendo redes neurais típicas do processo de abstração tanto da linguagem matemática quanto da linguagem musical. Estes elementos são básicos para a conexão representativa da manipulação da linguagem, o que significa que quanto mais se repetir mais se memoriza e automatiza a associação dos códigos e representações dos sistemas, nesse caso, referências da matemática a partir ou integrado com referências da musicalidade. Ainda nesta etapa a quantidade de associações associativas se ampliam. Possibilitando atividades que representem unidade-movimento-sílabas-identificação numérica-cálculo

mental.

No Cálculo Mental é possível associar os processos de operações cognitivas da matemática e significado, quando nas atividades práticas são estabelecidos elementos emissores e receptores para a comunicação rítmica associando numeração e sílabas com os sons, timbres e símbolos escritos. Encontra-se a identificação de elementos antecessores de representação linguística (rima/semelhança; métrica/sílaba tônica/tempo; memória operacional e memória semântica; atenção voluntária auditiva e audiovisual). Nesta etapa é possível avaliar a construção do conceito de número e domínio do SND, pois são realizadas atividades de contagem e operações matemáticas a partir da musicalidade. Esta etapa serve de indicador para o planejamento didático do professor considerando a performance e funcionalidade cognitiva individual durante sua participação, comportamento e questionamentos.

Para a implicação da Escrita para Representação das Vivências como resultante das atividades experienciadas com a musicalidade e demais etapas é possível observar o registro das representações tanto dos símbolos estabelecidos e criados a partir de desenhos espontâneos e formatações diferenciadas (formas geométricas, cores, números, outras), quanto a representatividade das etapas na escrita considerando as tentativas de imitação e efetivação dos códigos numéricos. Os códigos criados e estabelecidos são utilizados para as relações numéricas. É possível perceber a estruturação do pensamento no formato de representatividade e intenção comunicativa.

## Metodologia

A metodologia qualitativa, descritiva, com análise documental tem a finalidade de analisar fenômenos e com foco individual que reflete a importância da interpretação e complexidade de uma situação específica (CRESWELL, 2010, p. 26), permitiu observar as perspectivas docentes da educação infantil e primeiro ano do ensino fundamental a partir de atividades de musicalidade para o ensino de matemática de acordo com o constructo metodológico denominado *Musicalidade MiX Potencial/Plasticidade Cíclica*, organizado em tríades advindas da neurociência.

A pesquisa analisou dois momentos de formação docente, o primeiro, um curso ministrado pela pesquisadora em 2022, solicitado pela secretaria municipal de educação, após pandemia do COVID, devido estudantes apresentaram déficits no desempenho escolar da matemática durante o ano 2021. Realizado em 80 horas com formato híbrido, atendeu 15 professores da educação infantil (crianças de 4 e 5 anos) e 25 professores do primeiro ano do ensino fundamental (crianças de 6 a 8 anos). Os documentos de análise foram: a) planejamento escrito de elaboração das atividades de musicalidade; c) relatos descritivos da aplicação e participação dos estudantes durante as atividades; d) registros de avaliação da aprendizagem dos estudantes.

O segundo momento de análise, em 2023 ocorreu com duas professoras (uma da educação infantil e a outra do primeiro ano do ensino fundamental), na disciplina “Tópicos Especiais em Ensino de Ciências e Matemática I: a Musicalização na Educação Inclusiva”, módulo de ensino do mestrado em educação matemática, da linha de pesquisa de formação de professores e currículo. O módulo teve duração de 30 horas e foi ministrado pela pesquisadora no formato *online*. Os documentos de análise foram: a) planejamento escrito de elaboração das atividades de musicalidade; b) relatos descritivos da realização das atividades; c) avaliação do módulo.

Os resultados indicaram três categorias de análise: Categoria A – análise referente aos saberes docentes sobre neurociência cognitiva da matemática e musical, como indicadores de mudanças na concepção de aprendizagem matemática quanto à construção do conceito de

número, cálculo mental e operações matemáticas do SND.

A Categoria B – análise das atividades de musicalidade para o ensino de matemática quanto ao currículo. Identificaram-se conteúdos curriculares de matemática da BNCC e conteúdos curriculares de matemática na atividade de musicalidade elaboradas pelo docente durante e após o constructo metodológico. A Categoria C – sobre ampliação do currículo na perspectiva docente a partir da participação dos estudantes durante as atividades. Salientando que esses desdobramentos nas atividades como elemento coparticipativo no planejamento e avaliação são indicados pelos relatórios docentes, portanto, possível de indicar o estudante como sujeito corresponsável na trajetória da Experiência de Aprendizagem Mediada, visto a alteração dos conteúdos curriculares ensinados a partir das reflexões e criatividade de novas hipóteses presentes nos desdobramentos da musicalidade durante as aulas.

## Categoria A – Saberes da Interconexão Neurociência Cognitiva Matemática e Musical

Quadro 1 – Categoria A – Saberes Docentes Neurociência Cognitiva Matemática e Musical

CATEGORIA A	Professores Educação Infantil Curso Formação Continuada	Professores Anos iniciais Ensino Fundamental Curso Formação Continuada	Professora Educação Infantil Mestrado	Professora 1º ano do Ensino Fundamental Mestrado
<b>A.1 construção do conceito de número</b>	- Lugar do número 0; - Marcos cognitivos do conceito de número; - Relação conceito de número e operações matemáticas no cálculo mental	- Lugar do número 0; - Marcos cognitivos do conceito de número; - Relação conceito de número e operações matemáticas no cálculo mental	- Lugar do número 0; - Marcos cognitivos do conceito de número; - Relação conceito de número e operações matemáticas no cálculo mental	- Lugar do número 0; - Marcos cognitivos do conceito de número; - Relação conceito de número e operações matemáticas no cálculo mental
<b>A.2 cálculo mental</b>	- Dificuldade de sincronização rítmica = associado a contagem	- Dificuldade de sincronização rítmica = associado a contagem	- Dificuldade de sincronização rítmica = associado a contagem	- Dificuldade de sincronização rítmica = associado a contagem
<b>A.3 operações matemáticas do SND</b>	- Organização do cálculo matemática associado às Funções Executivas e tipos de compasso da música	- Organização do cálculo matemática associado às Funções Executivas e tipos de compasso da música	- Organização do cálculo matemática associado às Funções Executivas e tipos de compasso da música	- Organização do cálculo matemática associado às Funções Executivas e tipos de compasso da música

Fonte: própria

O Quadro 1 refere-se aos apontamentos realizados pelos docentes quanto aos processos cognitivos de construção do conceito de número (A.1), cálculo mental (A.2); e operações matemáticas do sistema de numeração decimal (A.3). Optou-se por registrar apenas os saberes registrados em todos os documentos, a fim de apontar os considerados elementos didáticos, permanecendo como dados diferenciados a análise em momentos posteriores.

No item A.1 foi possível identificar três concepções: o lugar do número 0 (posicional e quantitativo); os marcos cognitivos do conceito de número; e, a relação conceito de número e operações matemáticas no cálculo mental. Partindo do princípio que o SND é construído sob a base 10, o que determina um valor absoluto, relativo e posicional tanto para o 0 quanto para o 1, o circuito cognitivo para a construção do conceito anterior a representação escrita dos números depende de habilidades indicadas como marco do desenvolvimento humano, como o

Efeito SNARC, linha numérica, habilidades primárias e secundárias, códigos representativos analógicos, visuais e auditivos, e a perspectiva de que se aprende a realizar operações matemáticas aditivas, de subtração, multiplicativas, e de divisão refletindo sobre as relações da unidade e de sua ausência, configuradas como 1 e 0.

Por meio da musicalidade foi possível vivenciar esse conceito, quando se relacionou a flexibilidade e organizações diferenciadas por meio da corporeidade, ritmos e sons. Quanto ao item A.2, é possível perceber o quanto a psicomotricidade está desarticulada com a consciência numérica, foi a partir da contagem associada a movimentos que possibilitou-se reflexões e análises da natureza matemática. Quanto ao item A.3, a partir dos saberes relacionados aos tipos de compassos (binário, ternário e quaternário) organizou-se observações das funções executivas associadas ao cálculo mental, inclusive sobre desenvolvimento acadêmico das crianças com deficiência ou transtorno que não podem corresponder no tempo estabelecido pelo currículo e que na musicalidade podem e devem ser respeitadas.

Quadro 2 – Categoria B – Conteúdos Curriculares da Matemática

<b>CATEGORIA B</b> <b>Atividades Mix</b> <b>Matemática e</b> <b>habilidades e</b> <b>conteúdos da</b> <b>BNCC</b>	<b>Professores</b> <b>Educação</b> <b>Infantil</b> <b>Curso</b> <b>Formação</b> <b>Continuada</b>	<b>Professores Anos</b> <b>iniciais Ensino</b> <b>Fundamental</b> <b>Curso Formação</b> <b>Continuada</b>	<b>Professora</b> <b>Educação</b> <b>Infantil</b> <b>Mestrado</b>	<b>Professora</b> <b>1º ano do Ensino</b> <b>Fundamental</b> <b>Mestrado</b>
<b>B.1) BNCC</b> <b>Base Nacional</b> <b>Comum</b> <b>Curricular</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Linguagem Oral e Escrita</li> <li>Relaciona vogais e sílabas com rimas e métricas</li> <li>- Corpo Gestos e Movimento -</li> <li>Desenvolvimento das Capacidades Motoras –</li> <li>Desenvolvimento das capacidades de resolver problemas</li> <li>- Atividades Rítmicas</li> </ul>	<b>EF01MA01</b> <b>EF01MA02</b> <b>EF01MA09</b> <b>EF01MA11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Linguagem Oral e Escrita</li> <li>Relaciona vogais e sílabas com rimas e métricas</li> <li>- Corpo Gestos e Movimento -</li> <li>Desenvolvimento das Capacidades Motoras --</li> <li>Atividades Rítmicas -</li> <li>Contagem</li> </ul>	<b>EF01MA01</b> <b>EF01MA02</b> <b>EF01MA09</b>
<b>B.2) Atividade</b> <b>Mix Potencial</b>	<b>Borboletinha</b> <b>1,2, feijão com</b> <b>arroz</b>	<b>Cai, cai Balão</b> <b>Bingo Sonoro</b>	<b>Tindo lelê</b> <b>Cinco Patinhos</b>	<b>Escravos de Jó</b>

Fonte: Própria

O quadro 2 serviu de verificação dos conteúdos curriculares da matemática prescritos pela BNCC, e os conteúdos elaborados e ampliados pelos docentes partindo das reflexões sobre habilidades cognitivas e da participação dos estudantes após a realização de atividades com musicalidade. No item B.1 estão os códigos de conteúdos da BNCC que os docentes apontaram como presentes na elaboração. No item B.2 o nome das atividades que tiveram ampliação de conteúdos matemáticos nos desdobramentos sugeridos pelos estudantes durante suas práticas. Como exemplo a atividade “Bingo Sonoro” que associava som aos números e, portanto correspondia ao conteúdo curricular da BNCC de EF01MA01<sup>4</sup> (Utilizar números naturais como indicador de quantidade ou de ordem em diferentes situações cotidianas e reconhecer situações em que os números não indicam contagem nem ordem, mas sim, código de identificação) nos

<sup>4</sup> Código de identificação da Habilidade curricular da BNCC (Brasil, 2017)

desdobramentos sugeridos pelos estudantes acrescentou formas de contar por pareamentos (EF01MA02), comparação (EF01MA03) e representações sonoras (EF01MA09).

Inicialmente ao trabalhar com a musicalidade os professores não perceberam outros conteúdos matemáticos nas sugestões de modificações de práticas dos estudantes. Porém, ao analisar suas práticas registraram nos relatos a percepção de aproveitamento para aprofundar os conceitos, tornando a Experiência de Aprendizagem Mediada efetiva, visto que conseguiram associar habilidades cognitivas específicas do pensamento matemático com habilidades das funções executivas e conteúdo curricular matemático articulado com práticas da constituição da musicalidade (corpo/ritmo/som).

Quadro 3 – Categoria C – Análise de Elementos Didáticos das Atividades de Musicalidade

<b>CATEGORIA C</b> Planejamento e organização de Atividade com participação dos estudantes	<b>Professores Educação Infantil</b> Curso Formação Continuada	<b>Professores Anos iniciais Ensino Fundamental</b> Curso Formação Continuada	<b>Professora Educação Infantil</b> Mestrado	<b>Professora 1º ano do Ensino Fundamental</b> Mestrado
<b>ATIVIDADE</b>	<b>Borboletinha 1,2, feijão com arroz</b>	<b>Cai, cai Balão Bingo Sonoro</b>	<b>Tindo lelê Cinco Patinhos</b>	<b>Escravos de Jó</b>
<b>Conteúdo Previsto</b>	- <b>Contagem</b>	- Silêncio/Pausa com representatividade; - Contagem - Organização rítmica		
<b>Desdobramentos Conteúdo adicionado</b>	- Contagem de 2 em 2 - Multiplicação – Cálculo Mental	<b>Introdução à Bandinha Rítmica</b>		

Fonte: Própria

O quadro 3 oportunizou a análise de atividades de musicalidade para o ensino da matemática como elemento didático, onde se oportuniza refletir e modificar tanto recursos de estimulação cognitiva quanto a flexibilidade de abordagem dos conteúdos curriculares. Toma-se como exemplo o registro de uma professora da educação infantil do momento de curso de 80 horas visando o melhor esclarecimento para o leitor.

Quadro 4 – Dados de análise

<p>DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE BORBOLETINHA – 1º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL Professora A.L.S.C</p>
<p>Ao iniciar a aula uma borboleta entrou pela janela e permaneceu por uns quinze a vinte minutos voando e pousando em diversos móveis entre as carteiras das crianças, armário e da própria janela. A turma composta por 20 crianças entre 6 e 7 anos ficou agitada, uns gritavam, outros riam, até que M. pediu silêncio pois o barulho estava deixando a borboleta com medo. Ao notar o interesse das crianças e buscando solução para os gritos de acompanhamento do</p>

voo da borboleta, perguntei se alguém sabia de uma música para alegrar a borboleta e estancar o barulho de entusiasmo e curiosidade de todos. Uma criança respondeu que sim, a música da borboletinha, e todos cantaram e acompanharam a diminuição do volume que eu fui indicando com as mãos. Logo percebi que todos conheciam a música e após a borboleta voar para fora da sala propus a brincadeira da “borboletinha voadora” que registrei como 1ª atividade de Musicalidade para o ensino de matemática, denominada como Atividade Impulsionadora.

Letra da Música: “Borboletinha” folclore infantil brasileiro

Borboletinha, tá na cozinha  
Fazendo chocolate para a madrinha  
Poti, poti, perna de pau  
Olho de vidro e nariz de pica-pau, pau, pau

Borboletão, tá no fogão  
Fazendo macarrão para o irmão  
Poti, poti, perna de pau  
Olho de vidro e nariz de pica-pau, pau, pau

As crianças cantaram e se movimentaram livremente em sua maioria batendo palmas nas palavras finais “pau, pau”. Propus uma organização de ritmos que alternavam palmas e marchas e uma terceira manifestação com estalos de dedos. As crianças estavam muito participativas e atentas, várias delas inventaram formas diferentes de marcar os tempos das sílabas. Mãos na parede, pés no tapete, cotovelos no joelho, inclusive os autistas que mesmo atrasando os gestos e por vezes não cantando estavam acompanhando e movimentando o corpo conforme as sugestões.

No Desdobramento 01, perguntei qual o som que se repetia, as crianças disseram “borboletinha com cozinha” e “perna de pau” com “pau-pau”. Repetiram e confirmaram. Perguntei então se gostariam de escrever a música para que pudessem observar melhor e combinar “outras formas de marcação rítmica”. As crianças concordaram.

Desdobramento 02 – No dia seguinte projetei a imagem com a escrita musical abaixo no quadro branco e pedi que as crianças em silêncio observassem.

**BORBOLETINHA**

G C Dm  
Bor - bo - le - ti - nha está na co - zinha fa - zem - do cho - co -

G C  
la - te para a vi - zi - nha Po - ti - po - ti, per - na de

Dm G C G C  
pau, o - lho de vi - dro e na - riz de pi - ca - pau, pau, pau

Borboletinha está na cozinha  
Fazendo chocolate para a vizinha  
Poti-poti, perna de pau  
Olho de vidro e nariz  
De pica-pau, pau, pau

As crianças se encantaram e disseram não conhecer o “jeito de escrever”, mas, sabiam que era a música da borboletinha. Expliquei que se tratava da linguagem musical e abaixo da escrita alfabética. Que a música pode ser compartilhada quando todos sabem decifrar os códigos, assim como a leitura das palavras. Propus de substituir as palavras combinando os sons e todos se interessaram. Ao repetir a música ou batia palma nas palavras determinadas e as

crianças tinham que falar rapidamente as que se pareciam. Foi uma alegria só, inventaram palavras, buscavam os sons semelhantes o tempo todo sem se importarem com o significado, a regra era rimar. Realizavam atentos o silêncio para perceber qual a palavra que a professora iria bater a palma e que rapidamente deveriam buscar a que rimasse.

Desdobramento 03 – Ao mostrar na projeção a leitura dinâmica apontando as palavras uma das crianças observou que faltava “um pedaço da música do borboletão”. Parabenizei a observação e relacionei com a subtração da matemática. Podemos dizer que o refrão não estava presente da perspectiva de ter tirado, ou da perspectiva que estava faltando. Na linguagem matemática essa operação é indicada pelo sinal de menos. E chamei atenção para a importância de conhecermos o código para saber exatamente o que está escrito, e o significado. A proveitei para falar sobre os palavrões, que não sabe o que significa e falam, correndo o risco de cometer gafes. Tiveram a ideia de chamar o professor de música da escola para que ensinasse também a ler o jeito de escrever da música. O que aconteceu na semana seguinte após escreverem a versão das rimas, foi muito legal, pois aprendi vários códigos da linguagem musical que me deram ideias de associar sílabas e números. A versão da paródia com rimas e marcação rítmica dos instrumentos criados pelos alunos:

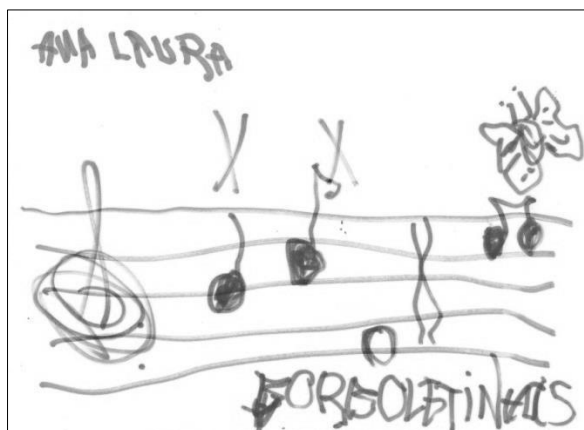
Fonte: Própria

Quadro 5- Dados de análise 2

<b>BOR BO LE TINHA</b>
x x x ———
A MA RI QUINHA
<b>(ES)TÁ NA CO ZINHA</b>
x x x ———
FOI PRA SA LINHA
<b>FA ZEN DO CHO COLATE</b>
x x x ———
CO MER O ABA CATE
<b>PA RA A MA DRINHA</b>
x x x ———
DE BRIN CA DEIRINHA

Desdobramento 04 – Com a participação do professor de música foi apresentados os símbolos utilizados na linguagem musical, associados aos tempos e notas musicais que compõem a música.

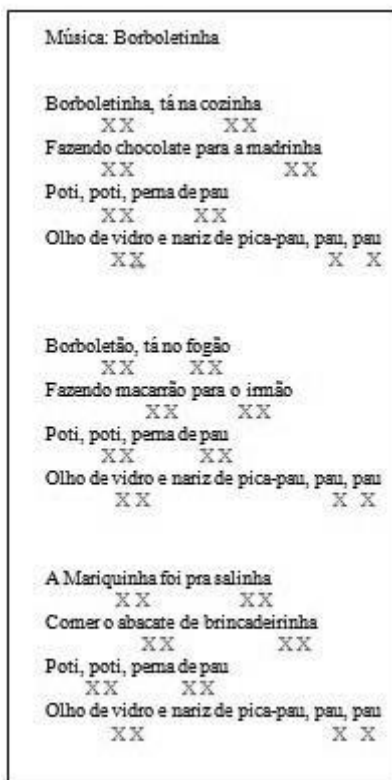
Ao final cada criança “desenhou a música na linguagem musical e escrita”.



Desdobramento 05 – Uma das crianças inventou outra marcação rítmica e desenhou no quadro onde só haveria palmas e marchas nas duas últimas sílabas de cada frase, ela própria desenhou sua ideia no quadro e todos copiaram na folha que disponibilizei.



Após todos marcarem o ritmo com palmas, estalos dos dedos e marcha, com o auxílio dos alunos fizemos o cartaz com a produção da atividade, reproduzi e colei em todos os cadernos para que em casa executassem a partitura coletiva com os familiares. Os pais enviaram vídeos mostrando a bandinha com sons da casa (talheres, copos, sucata doméstica, panelas) muito legal ver a família envolvida com as tarefas. É visível o reflexo dessa participação na alegria da criança. Repetimos a partitura com instrumentos musicais da bandinha rítmica. Todos se empenharam em dar ideias de mudar instrumentos durante as repetições tanto da estrofe quanto da música inteira.

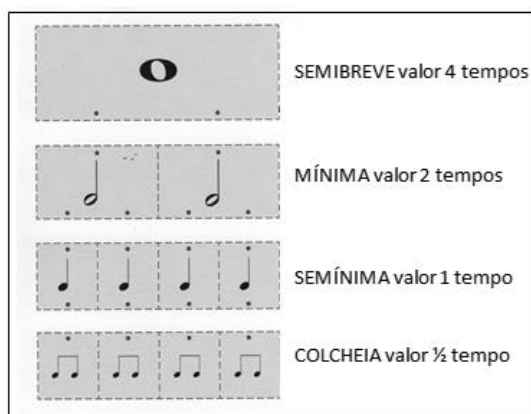


Desdobramento 06 – Propus o jogo da “roda da borboletinha” onde as crianças ficaram em roda e cada uma deveria cantar uma sílaba da música continuamente quem ficasse nas palmas deveria bater palmas ou marcha ou estalar os dedos. Perguntei quantas vezes bateram palmas na primeira estrofe, nas duas estrofes e nas três estrofes. Fiz várias perguntas relacionando a quantidade de palmas com a letra da música, exigindo, portanto, o cálculo mental da quantidade e numeral correspondente. As crianças pediram que as atividades fossem repetidas com outras músicas. o que demonstrou satisfação e motivação.

Desdobramento 07 – Apresentei as figuras musicais e marcamos os tempos de cada uma com palmas, marcha e com instrumentos da bandinha rítmica.

Fonte: Própria

Figura 4 – Notas musicas

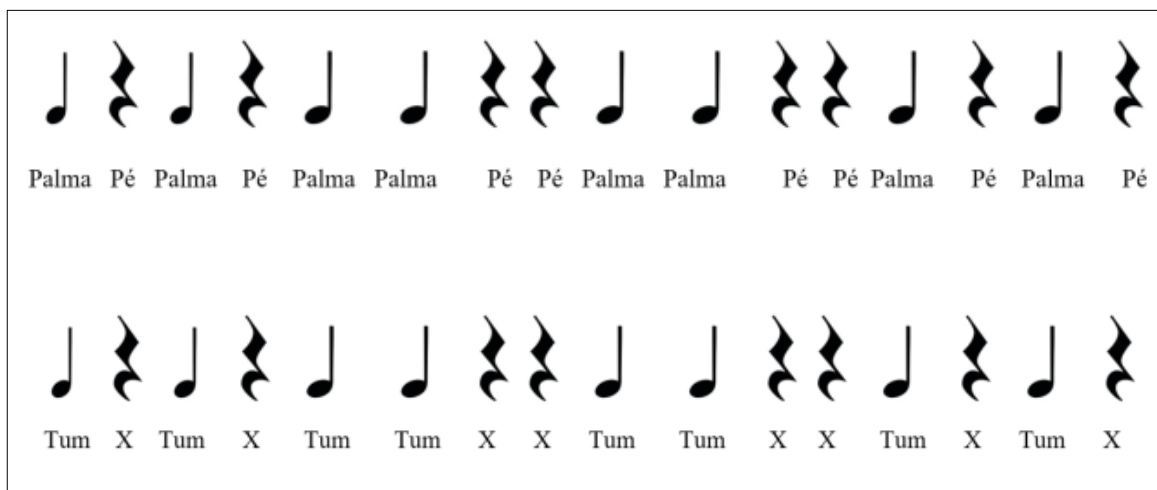


Fonte: Própria

Quadro 6 – Dados de análise 3

Em todas as atividades contavam em voz alta e depois em silêncio. Falei sobre a importância do silêncio para realizarmos contagem e cálculos. Aos poucos percebi que todos estavam mais calmos e mais atentos, o que no início do ano me assustava com relação a falta de atenção, agora com a musicalidade percebi o quanto as crianças já dominam e se controlam quando precisam me escutar e realizar a atividade. Com as figuras musicais utilizei como jogos. Confeccionei e deixei todos no cantinho da matemática que é utilizado quando uma mesinha acaba a tarefa antes dos outros. Ao final das aulas as músicas de relaxamento deixam as crianças calmas e fazem a última rodinha ouvindo e falando um por vez. Acredito que a musicalidade não contribui apenas com o cálculo mental, potencializa emoções, linguagem e a socialização de forma alegre e prazerosa.

Desdobramento 08 – Jogo dos tempos rítmicos – Esta atividade inicialmente planejei pensando na estimulação da contagem e da adição. Distribuí figuras com as figuras musicais e cada grupo de 5 crianças compôs uma equipe que teve a tarefa de organizar uma sequência rítmica. Deviam apresentar para o grupo uma sequência rítmica com cada representação. 1ª) com percussão corporal; 2ª) recitando os números; 3ª) com instrumentos musicais e a 4ª) com voz, instrumento musical e escrita. Esta sequência rítmica foi trocada entre equipes que deveriam preparar a mesma ordem de representação diferenciada da original. A tarefa posterior foi de emendar todas as sequências rítmicas, que foi finalizada como apresentação para a escola no pátio e com a presença dos familiares.

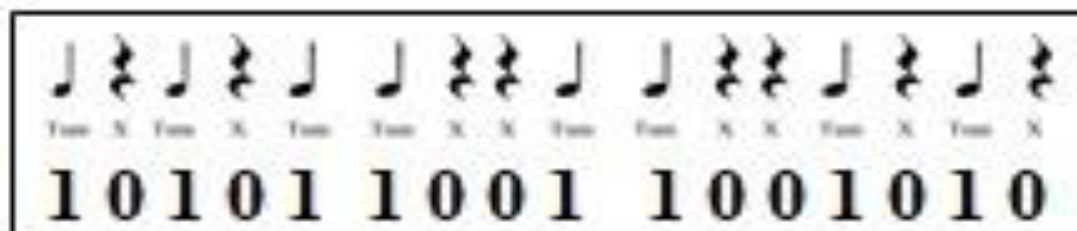


Alguns questionamentos para a efetivação do cálculo mental: Quantos tempos possui a primeira

pauta? E a segunda? E as duas juntas, quantos tempos tem? Quantas pausas tem a segunda pauta? E quantas pausas tem a primeira pauta? Quantas pausas tem as duas pautas juntas? Qual é o valor da figura musical que indica o pulso musical? E qual é o valor da pausa? Você consegue falar a sílabas do seu nome na sequência rítmica respeitando as pausas?

Ao terminar os questionamentos as crianças pediram para “inventar” jogos, e deram a ideia de cada equipe criar um jogo com as pautas rítmicas. Desses jogos pude incluir no vocabulário matemático os seguintes termos, associados as regras e configurações dos jogos: números pares e ímpares, metade e inteiro, agrupamentos e conjuntos, adição e subtração, unidade e dezena, contagem de pares, contagem de dois em dois, associação de sílabas e números, associação de pausas com número zero. Registro da sequência rítmica na linguagem matemática.

Figura 4 – Sequência rítmica



Fonte: Sem autoria

Percepção Docente da atividade de Musicalidade para o ensino de Matemática
Conteúdo elaborado: Contagem e adição (EF01MA01); (EF01MA02); (EF01MA03)
Conteúdo de matemática acrescentado observado após os desdobramentos da atividade realizada
Contagem, Ordenação, Relações entre quantidades, Criatividade com símbolos matemáticos e musicais.

### Considerações e Perspectivas

Considerando o objetivo geral da pesquisa de conceituar e identificar elementos didáticos da musicalidade como recurso de ensino do SND (Sistema de Numeração Decimal) a partir da percepção docente, foi possível registrar três aspectos inovadores e originais no campo da docência no ensino da matemática: 1) quanto ao planejamento; 2) a realização das atividades com desdobramentos considerando a participação reflexiva e dialogada dos estudantes; e 3) na avaliação da aprendizagem matemática. Acrescentando ainda, a auto avaliação como elemento de reconfiguração da trajetória de ensino.

Quanto ao âmbito do planejamento o estudo teórico oportunizou a alteração da percepção da matemática enquanto disciplina indispensável da primeira infância, presença estrutural de toda vida acadêmica e interconector do contexto social, que demandou a caracterização das atividades dependentes da matemática para elaboração da musicalidade, o que ressignificou os conteúdos matemáticos para o docente e para os estudantes. Quanto ao âmbito das atividades elaboradas pelos docentes, chamadas de atividades impulsionadoras, que demarcaram o início do processo de ensino da matemática, sugeriram uma trajetória educativa conjunta, onde ambos ensinam e aprendem com o recurso da criatividade. Neste contexto, a utilização de atividades complementares de relaxamento, Escuta Atenta, exercícios de respiração e imaginação, paródias, percepção sonora de músicas instrumentais sustentaram a possibilidade de criação e sugestão da ampliação de conteúdos matemáticos associados ao questionamentos e elaboração de estratégias. Conforme dominavam as conexões entre habilidades cognitivas e conteúdos, os docentes se sentiam seguros para conceber novas elaborações e inovar práticas que segundo os próprios, não tinham sentido nem importância anteriormente. Percebeu-se ainda que a primeira infância devido as janelas de oportunidades

correspondem aos períodos ideais de estimulação das habilidades cognitivas que possibilitam os conhecimentos e que a musicalidade por ter ludicidade proporciona alegria e prazer no processo. Quanto a avaliação matemática, a perspectiva registradas pelos docentes registraram que esse processo tornou-se paralelo a realização da musicalidade, quando ao realizar os questionamentos para o exercício do cálculo mental ou na criação dos desdobramentos utilizavam novos conhecimentos relacionados a matemática, demandando outros, não planejados pelo docente na etapa de elaboração, assim, foram capazes de classificar habilidades desenvolvidas e as que precisavam ser estimuladas a partir dos conteúdos indicados pelos estudantes na musicalidade. Como pesquisadora observei o entusiasmo e interesse crescentes dos docentes pela musicalidade enquanto produto de sua criação, refletiram a sensação de protagonista da própria construção como educadores e estudiosos. Outros resultados positivos foram registrados, como no aspecto da criatividade, nos processos de adaptação curricular e inclusão, na possibilidade da história da matemática exercer um campo de investigação e da matemática financeira associada aos cálculos mentais que deverão ser registrados posteriormente. Concluindo, foi possível identificar no constructo metodológico *Musicalidade MiX Potencial/ Plasticidade Cíclica* um recurso de ensino do SND (Sistema de Numeração Decimal) que considera habilidades cognitivas matemática e musical, como áreas anatomicamente sobrepostas e imprescindíveis para a aprendizagem e domínio do Cálculo Mental a favorecer a manipulação do Sistema de Numeração Decimal, além da formatação original e criativa do percurso de atividades semiestruturadas que possibilitam a flexibilidade dos conteúdos de matemática presentes tanto do currículo formal, quanto no currículo oculto ao ser inserido elaborações artísticas docentes e discentes.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, C. As inteligências múltiplas e seus estímulos. Campinas: Papirus, 2002.
- American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-V). Arlington, Va: American Psychiatric Association, 2013. Manual Diagnóstico de Transtornos Mentais. **DSM-V**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.
- BADDELEY, A. Human Memory; Theory and Practice. Boston: Allyn e Bacon, 1997.
- \_\_\_\_\_. Working Memory. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- BARKLEY, R. The executive functions and self-regulation: an evolutionary neuropsychological perspective. *Neuropsychology*, n.11, v.1, p.1-29, 2001.
- BENEZON, R. Teoria da musicoterapia: contribuição ao conhecimento do contexto não verbal. São Paulo: Summus, 1988.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2017.
- 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. G. S.; CAPOVILLA, F. C. Problemas de leitura e escrita: como identificar, prevenir e remediar numa abordagem fônica. 5. ed. São Paulo: Memnon, 2007.

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

CRESWELL, J.W. Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2010.

DEHAENE, S. Os neurônios da leitura: como a ciência explica a nossa capacidade de ler. São Paulo: Penso, 2012.

\_\_\_\_\_. A aprendizagem da leitura modifica as redes corticais da visão e da linguagem verbal. Letras de Hoje, Porto Alegre, v. 48, n. 1, p. 148-152, 2013.

\_\_\_\_\_. COHEN, L. Towards an anatomical and functional model of number processing. Mathematical Cogn. 1995.

\_\_\_\_\_; BOSSINI, S; GIRAUX, P. The mental representation of parity and number magnitude. Journal of Experimental Psychology: General, 1993.

FERRARI E. A. M.; TOYOLA M.S.S.; FALEIROS L. CERUTTI S.M. Plasticidade neuronal: relações com o comportamento e abordagens experimentais. Psicologia: Teoria e pesquisa, 2001.

FEUERSTEIN, R.; 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.

FONSECA V. da. Educação Especial: Programa de Estimulação Precoce – Uma introdução as Ideias de Feuerstein. 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

\_\_\_\_\_. Psicomotricidade: perspectivas multidisciplinares. Lisboa: Ancora, 2001

FONSECA, J.J.S. Metodologia de Pesquisa Científica. UEC. Fortaleza, 2002.

FORÉS, A. Neuromitos en educación: el aprendizaje desde la neurociência. Plataforma Actual. Barcelona, 2015.

FRANCO A. S.; BARRETO T; ASSIS. T. S de. Neuroeducação e Inteligência: Como as artes e a atividade física podem contribuir para a melhora Cognitiva. In: VIRGOLIM, A. M. R; KONKIEWITZ C. (org.) Campinas: Papyrus, 2014.

GARDNER, H. Inteligências Múltiplas, a teoria na prática. Porto Alegre: Ed. Artmed, 1995.

\_\_\_\_\_. Inteligência Um conceito Reformulado. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

GEARY, D. C. An evolutionary perspective on learning disability in mathematics. Developmental Neuropsychology, 2007.

GERHARDT, T.E.; SILVEIRA, D.T. Métodos de Pesquisa. E. da UFRGS, Porto Alegre, 2009.

GOMES, H. C. Neurociência + Música + Matemática = MiX Potencial 1 (Fundamentação Teórica). 3ª Ed. Rio de Janeiro: Autografia, 2022.

\_\_\_\_\_. Educação Matemática Inclusiva: Musicalidade, Modificabilidade Cognitiva

Estrutural e Mediação Docente. 2017. Tese de doutorado em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). São Paulo, 2017.

\_\_\_\_\_. MiX Potencial: pedagogia terapêutica musical no autismo Impactos da comunicação rítmica e expressão sonora. Rer. 1 n. n.02 (2022): Anais do II Congresso de Pós-Graduação do UBM. Disponível em: < <https://revista.ubm.br/index.php/copgrad2/issue/view/34> > Acessado em 08 out 2023.

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.

GRANJA, C.E. de S.C. Musicalizando a Escola: Música, Conhecimento e Educação. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

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

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

HETLAND, L. Learning to make music enhances spatial reasoning. In: Journal of Aesthetic Education, 34 (3/4), 179-238, 2000.

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

JOURDAIN, R. Música, cérebro e êxtase: como a música captura nossa imaginação. Rio de Janeiro: Objetiva, 1997.

KARMILOFF-SMITH, A. Beyond Modularity. A developmental perspective on cognitive Science. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.

LE BOULCH, J. Educação Psicomotora. Porto Alegre: Artes Médica, 1988.

LEITE, R. de C.; BRITO L. R. M de; MARTINS\_REIS, V. de O.; PINHEIRO, A.M.V. Consciência Fonológica e fatores associados em crianças no início da Alfabetização. Rev. Psicopedagogia, Vol. 35, 2018.

LEZAK, M. D. The problem of assessing executive functions. International Journal of Psychology, 1982.

\_\_\_\_\_. HOWIESON, D.B.; LORING, D. W.: Neuropsychological Assessment. New York: Oxford University Press, 2004.

LURIA, A. R. Fundamentos da Neuropsicologia. Trad. Juarez Aranha Ricardo, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1981. Disponível em: < <http://fisio2.icb.usp.br:4882/wp-content/uploads/2016/02/LURIA-A-R-Fundamentos-de-Neuropsicologia.pdf> >. Acessado em: 08 Out. 2023.

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

MARQUES, N., MENNA-BARRETO, L. Cronobiologia: Princípios e Aplicações. 3. ed., São Paulo: Edusp, 2003.

MITRE, S. M.; SOUZA, R.C. de; MAYRINK B. M. M. Neuroplasticidade. In: ANTONIO V. E. ; BATISTA, R. S. Neurociências: diálogos e interseções. Rio de Janeiro: Rubio, 2012.

MUSZKAT, M. Música, Neurociência e Desenvolvimento Humano. In: JORDÃO. G.; ALLUCCI R. R.; MOLINA S.; TERAHATA A. M. (Coord.) A Música na Escola, São Paulo: Alluci e Associados Comunicações, 2012. p. 67-69.

\_\_\_\_\_. MELLO, C. B. de; MIRANDA, M. C. Neuropsicologia do Desenvolvimento Conceitos e Abordagens. São Paulo: Memnon, 2005.

\_\_\_\_\_. Neuropsicologia do desenvolvimento e suas Interfaces. Vol 1. Conceitos: São Paulo: All Print Editora, 2008.

\_\_\_\_\_. 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, C.; MOUSINHO, S. F. Consciência Fonológica e o Processo de Aprendizagem de Leitura e Escrita: Implicações Teóricas para o Embasamento da Prática Fonoaudiológica. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/rcefac/v11n2/v11n2a05.pdf> > Acessado em 23 dez 2022.

MONTENEGRO, J. Grafomotricidade, Jornada Lúdica de Educação Infantil, Psicomotricidade e Psicopedagogia – Rhema Educação. 2022.

PANTANO, T.; ZORZI, J.L.; Neurociência Aplicada à Aprendizagem. São Jose dos Campos: Pulso Editorial, 2009.

RATEY, J. J. O Cérebro – Um Guia para o Usuário. Rio de Janeiro: Ed. Objetiva, 2001.

ROEDERER, J. G. Introdução à Física e Psicofísica da Música. São Paulo: Edusp, 2002.

SANTAELLA, L.A. Matrizes da Linguagem e Pensamento: Sonora, Visual e Verbal. São Paulo: Iluminuras/Fapesp, .2001.

SCHELLENBERG, E.G. Music and Cognitive abilities. Current Directions in Psychological Science, 2005.

SQUIRE L.R.; ROBERTS J.L.; SPITZER N.; ZIGMOND M. J.; McCONNELL, S.K.. Fundamental Neuroscience. New Yor: Oxford University Press, 2003.

THOMPSON, W. F. Music, Thought and Feeling: Uderstanding the Psychology of Musica. 2ª ed. New York: Oxford University Press, 2015.

TULVING E. ; CRAIK, F. Handbook of Memory. Oxford: Oxford University Press. 2000.

TURRA, N. C. Rueven Feurstein: “Experiencia de Aprendizagem Mediada: Um Salto para a Modificabilidade Cognitiva Estrutural”. Rev. de Educação: Educere et Educere. v. 2, nº4, Jul/Dez, p. 297-310. 2007.

WISNIK, J. M. O Som e o Sentido: Uma outra história da Música. 2 ed. São Paulo: Companhia das Letras.1989.

ZATORRE, R. J.; CHEN, J. L.; PENHUNE, V. B. Interactions Between Auditory and Dorsal Premotor Cortex During Synchronization to Musical Rhythms. Elseier, 2006.

#### CONTRIBUIÇÃO DAS/DOS AUTORES/AS

Autora 1 – Coordenadora do projeto de pós-doutorado, participação ativa na análise dos dados e coleta de dados.

Autor 2 – Orientação da pesquisa e revisão da escrita final

#### DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflito de interesse com o presente artigo.

## Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.