

## EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA: MODIFICABILIDADE COGNITIVA ESTRUTURAL, MUSICALIDADE E MEDIACÃO DOCENTE

*Herica Cambraia Gomes*  
*Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC/SP*  
[herica.cambraia@gmail.com](mailto:herica.cambraia@gmail.com)

### **Resumo:**

Objetiva-se identificar, através da perspectiva docente, impactos da musicalidade nos processos neurocognitivos da educação matemática inclusiva nos anos iniciais do ensino fundamental. O aporte teórico envolve critérios de mediação docente indicados pela Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural; aprofundamento em estudos sobre processos cognitivos da aprendizagem matemática pela perspectiva da neurociência educacional, (Funções Executivas e processamento numérico do Modelo Código Triplo) e; aspectos da musicalidade enquanto processo nato de expressão rítmica e sonora da corporeidade, com estrutural relacionado à proporcionalidade rítmica e duração melódica. A pesquisa de doutorado em andamento, de abordagem qualitativa, pretende contribuir com proposta de formação docente visando a potencialização do ensino da matemática por meio de estimulação cognitiva, elegendo o conhecimento do sistema de numeração e cálculo mental por meio do processo de musicalidade.

**Palavras-chave:** Educação Matemática Inclusiva; Modificabilidade Cognitiva Estrutural; Musicalidade; Mediação Docente.

### **1. Introdução**

Visando novas propostas para o ensino da matemática nos anos iniciais do ensino fundamental, em que a perspectiva inclusiva oportunize aprendizagem a todos os alunos, e autonomia de estratégias docentes com novas perspectivas que possam sustentar sua prática interdisciplinar, a pesquisa em andamento busca refletir elementos da neurociência educacional da aprendizagem matemática (Funções Executivas, LURIA, 1966, 1973; LEZAK, 2004; PANTANO, 2010 e Modelo Código Triplo de DEHAENE & COHEN, 1995, 1997, 2003, 2007); os critérios da mediação docente a partir da Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural (FEUERSTEIN, 1974, 1994, 1997, 2014); e a musicalidade, não como produto estético, mas como processo de expressão rítmica e sonora da corporeidade com abrangência biopsicossocial, típica de humanos (CROSS, 2006; PEDERIVA & TUNES, 2008; GORDON, 2000; SCHAFER, 1991; WILLEMS, 1968; LE BOULCH, 1987), e produto de relações matemáticas (proporções rítmicas e duração melódica). A questão configura-se em que contribuições a musicalidade pode trazer para o ensino da matemática inclusiva?

## 2. Neurodesenvolvimento e Processos Cognitivos da Aprendizagem Matemática

A partir de estudos acerca de bases funcionais do neurodesenvolvimento, entendendo o funcionamento cerebral, suas redes e circuitos responsáveis pela capacidade do cérebro integrar, armazenar e manipular informações de maneira ativa, para a produção de comportamentos autônomos e motivados voltados para o conhecimento matemático, a musicalidade é apresentada como estratégia didática a partir de pesquisas científicas e experimentos que confirmam sua potencialidade enquanto estimulação cognitiva, considerando:

a) Relação inter-hemisférica de áreas cerebrais - Embora hemisfério direito e hemisfério esquerdo pareçam anatomicamente simétricos, possuem diferenças funcionais marcantes, tanto as áreas envolvidas da escuta musical quanto as áreas do processamento numérico demonstram similaridades, que podem ser estimuladas gerando consequências no desempenho do cálculo mental (CHERMAK, 1992; BUNGE, 2006; MILLER, 2000) ;

b) Janelas de oportunidades ou períodos críticos/ sensível - Termos correspondentes ao período de maior plasticidade cerebral, ou seja, referente à capacidade sináptica de cada neurônio possuir um pico no início do desenvolvimento, em que sofre grande maturação. É a etapa de maior conectividade das vias, onde a plasticidade nos circuitos neurais pode resultar tanto de mudanças na força sináptica ou de conectividade, como de mudanças na excitabilidade dos neurônios propriamente dita. Isto significa que estímulos qualitativos, em conformidade com esses picos neurais, tendem a se desenvolver mais e melhor. O termo “janela” refere-se a esta oportunidade, de maior abertura para os estímulos e desafios dos períodos de desenvolvimento humano em que o cérebro está propenso a ativação das fibras nervosas capazes de ampliar as sinapses e conseqüentemente, às inteligências. A massa encefálica de um bebê guarda neurônios de toda sua vida, mas as sinapses ainda não estão totalmente acabadas, isto significa que as fibras nervosas capazes de ativar o cérebro precisam ser construídas e o são pelas qualidades dos estímulos que o são submetidos. (ANTUNES, 2002; GARDNER, 1983; HERCULANO-HOUZEL, 2010; MUSZKAT, 2005). A plasticidade cerebral e o desenvolvimento, embora sejam complementares, podem ser analisados enquanto sistemas interdependentes. Os conceitos de modulação cerebral, reorganização funcional e sináptica do cérebro, pela experiência e aprendizagem, pressupõem que novas formas de ensino e estimulação inovadoras deverão ser formuladas para a possibilidade de melhores estratégias didáticas.

c) Neurogênese, mielinização e modularidade - Pesquisas demonstram que bebês humanos já nascem com dispositivos neurais aptos para habilidades matemáticas, assim como para aquisição da linguagem. Fenômenos como a neurogênese, que se refere à criação de novos neurônios tanto de forma espontânea quanto mediante desafios físicos e ambientais. Mielinização é a produção de uma substância lipoproteica denominada de mielina que contribui para o aumento da velocidade da propagação do impulso nervoso, atribuindo maior eficiência na transmissão de informações, dessa forma entende-se que o processo de mielinização tem uma relação direta com a aprendizagem. E modularidade, que são os circuitos cerebrais específicos que modulam funções cognitivas aprendidas como o cálculo, música, leitura e escrita. (LURIA, 1966, 1973; MITRE, SOUZA, MAYRINK, 2012; MUSZKAT, 2016);

d) Estimativas de matemática, sistema atencional e mecanismos de memória – O cérebro humano possui a capacidade de planejamento e desenvolvimento de estratégias para atingir metas, resultantes da integração de habilidades como atenção, memória, flexibilidade mental, controle inibitório, organização e planejamento, significando que sem essas habilidades não haveria possibilidade de aprendizagem matemática. A musicalidade é uma estratégia de estimulação para a potencialização das funções executivas. (BASTOS, 2007; LURIA, 1966, 1973; IZQUIERDO, 2011; THOMPSON, 2015; NABAS & XAVIER, 2004).

### **3. Critérios da Mediação Docente, Experiência de Aprendizagem Mediada e Modificabilidade Cognitiva Estrutural**

Para direcionamento da mediação docente foram eleitos critérios típicos da Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural, de Reuven Feuerstein (1996, 2002, 2007, 2009) que afirma ser impossível prever limites para o desenvolvimento da inteligência humana. Admite o desenvolvimento das fases da estrutura e dos níveis da inteligência como causados pela intervenção cultural dos mediadores e não apenas pela maturação biológica.

Para Feuerstein, toda operação mental se revela como uma sequência de funções cognitivas para organizar de determinado modo uma realidade, o professor mediador deve distinguir além dos conhecimentos, processos do pensamento dos alunos ao se tratarem de conteúdos, vistos aqui como meios para o desenvolvimento cognitivo e não como fins em si mesmos. Estabelece critérios de mediação que estruturam toda a relação intencional que se adapta a diversidade das necessidades dos alunos para que possua Experiência de

Aprendizagem Mediada (EAM). Os critérios de mediação presentes em todas as culturas são: Intencionalidade e Reciprocidade, Significado e Transcendência, que oportunizam modificabilidade, 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-a as necessidades intrínsecas do educando, que por sua vez, responde e participa de forma dinâmica do processo. Neste 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 a atividade, neste critério o mediador não se contenta com a transmissão de conteúdos, mas deve ser responsivo a fim de levantar questões que traduzam o entendimento e aplicação para além da situação mediada. Ela levanta a necessidade do receptor da mediação olhar para significados mais profundos e pessoais. Neste critério é imprescindível que o professor mediador conheça e reconheça dados elementares do contexto social e cultural que envolve o aluno mediado. Pois sem reconhecer seus valores culturais não poderá atribuir a função social dos conteúdos. O critério de Transcendência, como sugere o nome, procura transcender o contexto imediato, quando procura promover a aquisição de princípios, conceitos ou estratégias que levem a generalizações de outros fins, mobilizando as estratégias, ampliando assim a significação e a utilidade da tarefa ou problema abordado na experiência de aprendizagem mediada. Neste critério é imprescindível que o professor mediador através da curiosidade busque o desenvolvimento do pensamento reflexivo do aluno sobre o que está subjacente na situação, de modo que possa estender a outras situações e contextos, e leve-o a inquirir e descobrir relações e desejo de saber mais. É a qualidade da interação que vai além da necessidade imediata estimulando no mediado a autonomia de aprendizagem (FEUERSTEIN, 1974, 1994, 1997, 2014).

Por Modificabilidade Cognitiva Estrutural, entende-se uma tendência, uma propensão do sujeito a assimilar e acomodar os objetos do conhecimento de modo que cause impacto em toda a rede estrutural cognitiva relacionada com aquela realidade, portanto, a concretização da aprendizagem.

#### 4. Musicalidade

A música possui fatores determinantes de identificações culturais capazes de religar o indivíduo aos valores do seu meio e, portanto, a si mesmo, reconstruindo sua história e sua identidade de forma positiva; integrando pessoas, por meio de seu poder de inserção social; reduzindo ansiedade; proporcionando a construção da autoestima e possibilitando comunicar-se pela linguagem sonoro-musical (THOMPSON, 2015). Nesta proposta, utiliza-se a perspectiva da Musicalidade de Cross (2006) e de Pederiva e Tunes (2008), que retratam a musicalidade como sendo de caráter biológico do ser humano, no qual as relações de ritmos e sons são expressões natas da corporeidade e da atividade sociocultural da dimensão humana.

Musicalização é o termo utilizado na área de educação musical que identifica os primeiros anos do aluno no ensino formal de música, geralmente voltado para a música profissional ou erudita. A Musicalidade aqui descrita é desenvolvida por meio de vivências associadas aos elementos sonoros voltados para a estimulação de habilidades neurocognitivas. Esta organização pauta-se nas abordagens teóricas de Edgar Willems (1968, 2002), Schafer (1991) e Edwin Gordon (2000, 2008), autores da área de educação musical que retratam sobre o ensino da música a partir de experiências de escuta, ritmos e instrumentos, e os fundamentos teóricos para a educação matemática, de estudos das autoras já publicados (GOMES, 2011, 2014, 2015; GOMES & MANRIQUE, 2014, 2015)

Diferenciado do ofício de ensinar música, na musicalidade destaca-se a escuta (sensibilização sonora); a projeção espontânea e livre (expressão rítmica, sonora e corporal); as elaborações neurocognitivas (funções cognitivas - transcodificação); e a interação (integração com o meio - elaborações internas contextualizadas). Busca a partir de vivências e experiências (atividades didáticas organizadas) associar elementos do sistema de numeração (unidade – pulso) com cálculo mental (proporcionalidade e duração) por meio da ludicidade e corporeidade de referência do desenvolvimento humano (LE BOUCHE, 1987; WALLOM, 1979).

## 5. Experimentos e Considerações Relevantes

Foram realizados experimentos com professores das séries iniciais, professores de salas multifuncionais e pedagogos, a partir de estudos teóricos dos eixos: a) Neurodesenvolvimento e Processos Cognitivos da Aprendizagem Matemática; b) Critérios da Mediação Docente, Experiência de Aprendizagem Mediada e Modificabilidade Cognitiva Estrutural; c)

Musicalidade. Após análise e reflexão associando práticas de planejamento, estratégias e avaliação, esses professores criaram atividades para a estimulação do pensamento matemático utilizando a Musicalidade. A pesquisa encontra-se em andamento, com alguns aspectos destacados conforme depoimentos

## 6. Depoimento professores

**Professora<sup>1</sup>:** *“Observou-se maior facilidade em associar quantidade e numerais através da estimulação sonora, utilizando a corporeidade (voz, palmas e marcha) e a audibilidade (percepção, identificação e memória sonora)”*.

**Professora<sup>2</sup>:** *“Por meio do processo de musicalidade foi possível estabelecer relações aditivas entre os numerais, criando gestos sonoros, onde cada som correspondia a um numeral, desta forma, a associação sonora não somente auxiliou a identificação dos numerais com os deficientes visuais, como serviu de parâmetro para a abstração das quantidades referidas”*.

\* **Indicação dos Resultados** – Observa-se neste momento da pesquisa elementos conectores entre a prática de atividades da musicalidade e a estimulação do desenvolvimento das habilidades matemáticas tratando de indicações importantes, que demandam o aprofundamento da proposta investigação, porém é importante destacar alguns deles além da motivação emocional e social, como: 1) a associação de uma unidade e a marcação de um pulso; 2) a organização de agrupamentos de 2, 3 e 4 unidades; 3) habilidades de seriação e ordenação com critérios matemáticos (CARRAHER, 1986) além disso, propriedades aditivas do cálculo numérico a partir da escuta rítmica e produção sonora.

A pesquisa de doutorado em andamento, de abordagem qualitativa, pretende contribuir com proposta de formação docente visando a potencialização do ensino da matemática por meio de estimulação cognitiva, elegendo o conhecimento do sistema de numeração e cálculo mental por meio do processo de musicalidade.

## Agradecimentos

Agradecimentos ao Programa Observatório da Educação, Edital CAPES/2010 – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

## 7. Referências

- ANTUNES, C. **As inteligências múltiplas e seus estímulos**. Campinas: Papirus, 2002.
- BASTOS, J.A. **O cérebro e a matemática**. São José do Rio Preto, Edição do Autor, 2007.
- 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.
- CARRAHER, T. N. **O desenvolvimento mental e o sistema numérico decimal**. Petrópolis: Vozes, 1993.
- CHERMAK, G. D; MUSIEK, F. E. Managing central auditory processing disorders in children and youth. American Journal of Audiology. v. 1, n. 3, p. 61-65. 1992.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa – Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- CROSS, I. Music and evolution: the nature of the evidence. 2006. Disponível em: < <http://www.ext.mus.cam.ac.uk/~ic108/PDF/ICMPC7ICIM.pdf> > Acesso em 21/10/2015.
- DEHAENE, S., COHEN, L. **Towards an anatomical and functional model of number processing**. Mathematical Cogn. 1995.
- FEUERSTEIN, R.; RAND. Y. **Mediated learning experience: An outline of the proximal etiology for differential development of cognitive functions**. Baltimore: University Park Press, 1974.
- \_\_\_\_\_; KLEIN, P.S.; TANNENBAUM, A.J. **Mediated Learning Experience (MLE): Theoretical, Psychosocial and Learning Implications**. London: Freund, 1994.
- \_\_\_\_\_. **Teoria de la Modificabilidad Cognitiva Estructural**. In: Es Modificable la Inteligencia?. Madrid: Editora Bruno, 1997.
- \_\_\_\_\_. **Além da inteligência: aprendizagem mediada e a capacidade de mudança do cérebro**. Petrópolis: Vozes, 2014.
- GARDNER, H. **Frames of mind: the theory of multiple intelligences**. New York: Basic Books, 1983.
- GOMES, H. C. **Educação Inclusiva: Mediação Docente Visando A Modificabilidade Cognitiva Estrutural**. In: Anais IV Colóquio Internacional Educação, Cidadania E Exclusão, junho de 2015. UERJ, Rio de Janeiro-RJ. v. 1, 2015. Disponível em: < <http://www.editorarealize.com.br/revistas/ceduce/anais.php> > Acesso em 17 fev. 2016.
- \_\_\_\_\_. **Relações de Habilidades Matemáticas com a Musicalização (Ritmo – Som e Corporeidade) no processo de Estimulação da Inclusão**. In: Anais do XXI Seminário Latinoamericano de Educación Musical – FLADEM/2015 – Rio de Janeiro/Brasil, 2015. p. 474 - 480. Disponível em: < <http://www.fladembrazil.com.br/eventos-fladem.html> > Acesso em 17 fev. 2016.
- \_\_\_\_\_; ALENCAR, E. S. de. **A Musicalidade na Formação de Professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental: conversando sobre o sistema de numeração decimal**. Rev. BoEM – Boletim online de Educação Matemática – UDESC, ed. ago/dez, 2015. v.3, n.5, p. 18-32, Disponível em: < <http://www.revistas.udesc.br/index.php/boem/issue/view/464/showToc> > Acesso em 17 de fev. 2016.
- GOMES, H. C.; MANRIQUE, A. L. **Formação de Professores para Educação Inclusiva: A Musicalização na Alfabetização Matemática**. In: Anais II Congresso Nacional de Formação de Professores e XII Congresso Estadual Paulista sobre Formação de Educadores. Águas de Lindóia-SP. UNESP, 2014. p. 750-762. Disponível

em: < [http://www.geci.ibilce.unesp.br/logica\\_de\\_aplicacao/site/index\\_1.jsp?id\\_evento=31](http://www.geci.ibilce.unesp.br/logica_de_aplicacao/site/index_1.jsp?id_evento=31) > Acessado em 11 de mar. de 2016.

\_\_\_\_\_. **A Musicalização (Ritmo - Som - Corporeidade) como Intervenção Neurocognitiva de Habilidades Matemáticas.** Rev. RENCIMA – Revista de Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Cruzeiro do Sul, edição março/2015, v.6, n.1, p. 75-83, 2015. Disponível em < <http://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima> > Acesso em 17 fev. 2016.

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

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

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

LE BOULCH, J. **Educação Psicomotora: a psicocinética na idade escolar.** Trad. de Jeni Wloff. Porto Alegre: Artmed, 1987.

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

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

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

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

MUIR, J. L. **Attention and stimulus processing in the rat.** *Cognitive Brain. Res.* 3:215-25, 1996.

MUSZKAT, M. MELLO, C.B., MIRANDA, M.C. **Neuropsicologia do Desenvolvimento Conceitos e Abordagens.** São Paulo: Memnon, 2005.

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

MUSZKAT, M; RIZZUTTI, S. **Enfrentando Desafios do Neurodesenvolvimento.** São Paulo: Copyright , 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.

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

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

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

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

WALLON, H. **A evolução psicológica da criança.** Rio de Janeiro: Ed. Andes, 1971.

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

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