



e-ISSN: 2177-8183

**CONTRIBUIÇÕES DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA PARA O
LABORATÓRIO DE ENSINO DE MATEMÁTICA (LEM)**

**CONTRIBUTIONS OF COGNITIVE NEUROSCIENCE TO THE
MATHEMATICS TEACHING LABORATORY (MTL)**

**APORTACIONES DE LA NEUROCIENCIA COGNITIVA AL LABORATORIO
DE ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS (LEM)**

Márcio Ponciano dos Santos

poncianomarcio@hotmail.com

Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela UFS
Professor da rede Estadual de Educação da Bahia – SEC/BA

Rafael Ramos Longuinhos

rafalonguinhos@hotmail.com

Mestre em Ensino de Astronomia pela UEFS
Professor da rede Estadual de Educação da Bahia – SEC/BA

RESUMO

Esta pesquisa tem por objetivo identificar e caracterizar trabalhos que abordem sobre Laboratório de Ensino de Matemática (LEM), utilizando lentes da Neurociência Cognitiva para destacar possíveis articulações, fragilidades e potencialidades no processo de construção do conhecimento matemático. Ancorou-se o estudo na hipótese de que existem obstáculos, os quais dificultam as formas de abordagens dos conteúdos ligados ao ensino de matemática, e se vislumbra no uso do LEM e de princípios neurocognitivos uma alternativa para minimizar as dificuldades desse panorama. As principais bases teóricas desta investigação estruturaram-se na institucionalização conceitual de duas áreas do conhecimento: ensino de matemática, com base nas pesquisas de Lorenzato (2009), Rêgo e Rêgo (2009), Lucena (2017) e Santos (2019); e os aportes da Neurociência Cognitiva, por meio dos estudos de Kandel, Schwartz e Siegelbaum (1991), Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006), Lent (2002), Willingham (2011) e Cosenza e Guerra (2011). A condução metodológica teve como norte a pesquisa bibliográfica, identificando os trabalhos que apresentam similaridade/proximidade com a pesquisa em curso,

destacando fragilidades e potencialidades em seu uso. Identificou-se que as pesquisas envolvendo matemática, laboratório e neurociência concentram-se, em sua maioria, em investigações com vieses mais técnicos envolvendo pesquisas desenvolvidas em laboratórios. Nesse sentido, não foram encontrados trabalhos articulando o LEM e a Neurociência Cognitiva. Por fim, concluiu-se que articular ao LEM as justificativas pautadas em pressupostos neurocognitivos potencializa o processo de aprendizagem de conteúdos matemáticos, que são tidos como difíceis de serem compreendidos. Assim, permitem que as aprendizagens se tornem significativas para os aprendentes.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Laboratório de Ensino de Matemática. Metodologias Ativas. Princípios Neurocognitivos.

ABSTRACT

This research aims to identify and characterize works that address the Mathematics Teaching Laboratory (MTL), using lenses of Cognitive Neuroscience to highlight possible articulations, weaknesses, and potentialities in the process of building mathematical knowledge. The study was anchored on the hypothesis that there are obstacles, which hinder the forms of approach to the contents related to the teaching of mathematics, and the use of the MTL and neurocognitive principles is seen as an alternative to minimize the difficulties of this panorama. The main theoretical bases of this research were structured in the conceptual institutionalization of two areas of knowledge: mathematics teaching, based on the research of Lorenzato (2009), Rêgo and Rêgo (2009), Lucena (2017) and Santos (2019); and the contributions of Cognitive Neuroscience through the studies of Kandel; Schwartz; Siegelbaum (1991), Gazzaniga; Ivry; Mangun (2006), Lent (2002), Willingham (2011), Cosenza and Guerra (2011). The methodological conduction was based on bibliographic research, identifying the works that present similarities/proximities with the current research, highlighting weaknesses and potentialities in its use. It was identified that research involving mathematics, laboratory, and neuroscience, mostly focus on investigations with a more technical bias, involving research developed in laboratories. In this sense, no works articulating MTL and Cognitive Neuroscience were found. Finally, it was concluded that articulating to the MTL the justifications based on neurocognitive assumptions, enhances the learning process of mathematical content, which are considered difficult to understand. Thus, they allow learning to become meaningful for the learners.

Keywords: Meaningful Learning. Mathematics Teaching Laboratory. Active Methodologies. Neurocognitive Principles.

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo identificar y caracterizar los trabajos que tratan del Laboratorio de Enseñanza de las Matemáticas (LEM), utilizando lentes de la Neurociencia Cognitiva para destacar posibles articulaciones, debilidades y potencialidades en el proceso de construcción del conocimiento matemático. El estudio se ancló en la hipótesis de que existen obstáculos, que dificultan las formas de abordaje de los contenidos vinculados a la enseñanza de la matemática, y se vislumbra en el uso de los principios LEM y neurocognitivos una alternativa para minimizar las dificultades de este panorama. Las principales bases teóricas de esta investigación se estructuraron en la institucionalización conceptual de dos áreas de conocimiento: la enseñanza de la matemática, a partir de las investigaciones de Lorenzato (2009), Rêgo y Rêgo (2009), Lucena (2017) y Santos (2019); y los aportes de la Neurociencia Cognitiva, a través de los estudios de Kandel, Schwartz y Siegelbaum (1991), Gazzaniga, Ivry y Mangun (2006), Lent (2002), Willingham (2011) y Cosenza y Guerra (2011). La conducta metodológica fue guiada por la investigación bibliográfica, identificando los trabajos que presentan similitud/proximidad con la presente investigación, destacando debilidades y potencialidades en su utilización. Se identificó que las investigaciones que involucran a las matemáticas, el laboratorio y la neurociencia se concentran mayormente en investigaciones con sesgos más técnicos que involucran investigaciones desarrolladas en laboratorios. En este sentido, no se han encontrado trabajos que articulen la LEM y la Neurociencia Cognitiva. Finalmente, se concluyó que articular a LEM las justificaciones basadas en supuestos neurocognitivos mejora el proceso de aprendizaje de contenidos matemáticos, que se consideran difíciles de comprender. Así, permiten que el aprendizaje sea significativo para los alumnos.

Palabras clave: Aprendizaje Significativo. Laboratorio de Enseñanza de las Matemáticas. Metodologías Activas. Principios Neurocognitivos.

INTRODUÇÃO

Pesquisadores de diferentes áreas investigam como se desenvolve o processo de aprendizagem. Nesse âmbito, a Matemática ganha destaque por ser uma disciplina que lidera ranques no quesito dificuldades de aprendizagem. Essas dificuldades vêm, desde muito tempo, permeando o sistema

educacional. Segundo Moreira (2006, p. 13), “[...] para que a estrutura cognitiva preexistente influencie e facilite a aprendizagem subsequente é preciso que seu conteúdo tenha sido aprendido de forma significativa, isto é, de maneira não obrigatória e não literal”.

Dentro desse panorama, tem-se vários trabalhos que investigam teorias que propiciam a maximização na construção do conhecimento em sala de aula. Pesquisadores como D’Ambrósio (1996), Fiorentini e Lorenzato (2009), Lorenzato (2009), entre outros estudiosos dessa área de ensino, são de fundamental importância nessa averiguação. Esses educadores buscam justificar a instalação das dificuldades referentes à aprendizagem de conteúdos matemáticos e apontam alternativas que possam minimizá-las, propiciando uma aprendizagem significativa, que, segundo Moreira (2006, p. 14-15), é:

[...] um processo pelo qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de “conceito subsunçor” ou, simplesmente “subsunçor”, existente na estrutura cognitiva de quem aprende.

A partir da citação, percebem-se a importância dos conhecimentos que são desenvolvidos nas vivências cotidianas e a necessidade de entendimento a respeito dos mecanismos que estão por trás do processo de aquisição da aprendizagem, que envolve todas as funções do organismo humano, especialmente os sentidos (Cosenza; Guerra, 2011). Esse desbravar possibilita conhecer os caminhos que a informação perpassa até se consolidar como aprendizagem na memória de longo prazo.

Nos dias atuais, muito se fala sobre metodologias que auxiliem o processo de construção do conhecimento de forma significativa, a exemplo das metodologias ativas, que, segundo Bacich e Moran (2018, p. 23),

[...] englobam uma concepção do processo de ensino e aprendizagem que considera a participação efetiva dos alunos na construção da sua aprendizagem, valorizando as diferentes formas pelas quais eles podem ser

envolvidos nesse processo para que aprendam melhor, em seu próprio ritmo, tempo e estilo.

Assim, devido aos desafios que permeiam o processo de ensino e aprendizagem nas aulas de Matemática, os obstáculos que, muitas vezes, dificultam esse processo (Bachelard, 1996), surgem as seguintes inquietações por parte dos alunos: onde irei usar esse conteúdo? Para que estudar esse assunto se não o usarei em minha vida? Onde esse conteúdo é aplicado?

Sabe-se que é de fundamental importância fazer a ponte entre os conhecimentos teóricos e suas aplicabilidades. Dessa forma, para dar sentido aos conteúdos trabalhados, uma alternativa é valorizar os meios que possam facilitar o processo de condução e consolidação da informação no Sistema Nervoso Central (SNC) do indivíduo, ou seja, é necessária uma valorização dos mecanismos neurocognitivos no processo de ensino.

Nessa perspectiva, temos a seguinte questão norteadora: quais as fragilidades e potencialidades no Laboratório de Ensino de Matemática ao articularmos os pressupostos neurocognitivos?

Para responder à questão proposta, organizou-se o seguinte objetivo geral: identificar e caracterizar trabalhos que abordem sobre Laboratório de Ensino de Matemática (LEM), utilizando lentes da Neurociência Cognitiva para destacar possíveis articulações, fragilidades e potencialidades no processo de construção do conhecimento matemático.

Diante dessas inquietações e das metodologias que permeiam o cenário educacional (aprendizagem baseada em problemas – PBL, aprendizagem baseada em equipes, sala de aula invertida, portfólio reflexivo, dentre outras abordagens metodológicas), foi identificado, em banco de teses e dissertações, como as pesquisas abordam a respeito do uso do Laboratório de Ensino de Matemática (LEM) e da Neurociência Cognitiva, com o intuito de valorizar os estímulos e mecanismos que possam despertar a curiosidade, a atenção e o armazenamento da informação (Santos, 2019). Para atingir o objetivo geral proposto, organizou-se os seguintes objetivos específicos:

- i) verificar como o Laboratório de Ensino de Matemática está intimamente associado aos estudos neurocognitivos;
- ii) caracterizar as funções neurocognitivas para a construção dos conhecimentos matemáticos em um LEM.

Com isso, uniram-se explicações do campo do LEM (Lorenzato, 2009; Rêgo e Rêgo, 2009; Lucena, 2017) e da neurociência cognitiva (Kandel; Schwartz; Siegelbaum, 1991; Lent, 2002; Gazzaniga; Ivry; Mangun, 2006; Cosenza; Guerra, 2011) ao processo de aprendizagem de conteúdos matemáticos, fazendo-se uso de recursos didáticos manipuláveis, assim como foi feito na experimentação desenvolvida por Santos (2019). A partir da introdução, organizou-se a pesquisa em mais três seções, as considerações finais e as referências.

A Seção “Abordagem metodológica: os caminhos trilhados na pesquisa”, apresenta o delineamento do percurso metodológico e o estado do conhecimento, caracterizado pelos trabalhos garimpados no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES¹ e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Dando prosseguimento à pesquisa, organizou-se a Seção “Práticas e experiências no contexto da implementação do LEM segundo Lorenzato”, expondo resultados da implementação do LEM, que foram apresentados no livro *O laboratório de ensino de matemática na formação de professores*, de autoria de Lorenzato.

Já na Seção “Discussões sobre articulação teórico-metodológica no LEM”, uniram-se entendimentos a respeito de pressupostos da Neurociência Cognitiva e o LEM, estabelecendo um diálogo entre o referencial teórico e os resultados identificados. Por fim, são apresentadas as considerações finais e as referências que fundamentaram a pesquisa vinculada ao curso de pós-

¹ Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

graduação lato sensu em Metodologias Ativas de Ensino e Aprendizagem ofertado pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

ABORDAGEM METODOLÓGICA: OS CAMINHOS TRILHADOS NA PESQUISA

O delineamento do percurso metodológico implica definições que convergem com os ideais da pesquisa. Assim, a investigação perpassa determinado caminho, conforme é definido em seu objetivo: pesquisa exploratória, descritiva e/ou explicativa; e de acordo com os procedimentos técnicos utilizados: “[...] aqueles que se valem das chamadas fontes de ‘papel’ e aqueles cujos dados são fornecidos por pessoas” (Gil, 2002, p. 43).

Entendemos por pesquisa a atividade básica da Ciência na sua indagação e construção da realidade. É a pesquisa que alimenta a atividade de ensino e a atualiza frente à realidade do mundo. Portanto, embora seja uma prática teórica, a pesquisa vincula o pensamento e a ação. Ou seja, nada pode ser intelectualmente um problema, se não tiver sido, em primeiro lugar, um problema da vida prática (Minayo, 2004, p. 17).

Conforme a citação de Minayo (2004), precisamos de um problema para iniciar uma investigação; no nosso caso, partiremos da problemática da valorização dos pressupostos neurocognitivos no LEM. A busca por essa valorização percorreu os caminhos da pesquisa bibliográfica por meio da identificação de trabalhos no site da CAPES e da BDTD, trabalhos esses que se aproximam da temática investigada neste estudo.

Delineamento da pesquisa

Em busca de uma pesquisa direcionada e centrada no objetivo traçado, definiu-se que o método que melhor se adequou para a realização desta investigação foi uma abordagem qualitativa de natureza básica, com enfoque na pesquisa explicativa, “[...] que têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos” (Gil, 2008, p. 28).

Assim, como o estudo trata-se de uma abordagem qualitativa com cunho explicativo e exploratório, delimitaremos os passos a serem trilhados. Nesse sentido, a metodologia a ser empregada na pesquisa seguirá a seguinte orientação: a) quanto aos objetivos, exploratória e explicativa; b) quanto aos procedimentos, bibliográfica; e c) quanto à abordagem do problema, qualitativa.

A pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Embora em quase todos os estudos seja exigido algum tipo de trabalho dessa natureza, há pesquisas desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas (Gil, 2002, p. 44).

Assim, a pesquisa tornou-se um processo de produção de conhecimento para a compreensão dos elementos que estão por trás das dificuldades e potencialidades em um LEM, apresentando justificativas do campo da Neurociência Cognitiva para a construção das aprendizagens envolvidas no conhecimento matemático, isto é, de conhecimentos auxiliares à interpretação de fatos do contexto educacional.

Portanto, a investigação almejou identificar e caracterizar trabalhos que abordem sobre Laboratório de Ensino de Matemática (LEM), utilizando lentes da Neurociência Cognitiva para destacar possíveis articulações, fragilidades e potencialidades no processo de construção do conhecimento matemático. Como é a partir da década de 1990 que tivemos grandes avanços nas pesquisas sobre as Neurociências, delimitou-se, nos sites de buscas, os trabalhos produzidos a partir dessa década até dos dias atuais. Assim, a próxima subseção apresentará a investigação feita nas plataformas virtuais,

onde foi possível identificar pesquisas que apresentavam similaridade com o objetivo de estudo desta investigação. A subseção seguinte abordará os detalhes do levantamento das pesquisas que se aproximaram da temática em tela.

Estado do Conhecimento: o que dizem as pesquisas sobre Laboratório de Ensino de Matemática (LEM) e Neurociência Cognitiva

Esta subseção destinou-se a identificar trabalhos que apresentam a temática do LEM e de pressupostos da Neurociência Cognitiva no ensino de matemática, destacando os pontos que podem servir de justificativa aos objetivos traçados. Nesse sentido, organizou-se esta parte da pesquisa com os trabalhos sobre LEM e os pressupostos da Neurociência Cognitiva.

Como forma de confirmar a necessidade de investigar o LEM por meio das lentes neurocognitivas, realizou-se um levantamento, no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), de trabalhos que se aproximavam da temática investigada.

Para identificação dos trabalhos, inseriu-se no campo de busca das Plataformas da CAPES e BDTD as palavras-chave: *Matemática, Laboratório e Neurociência*. Inseriu-se todas as palavras indicadas no mesmo campo de busca para poder obter trabalhos contendo-as de forma articulada, usando-se o conectivo booleano “AND” entre as palavras-chave inseridas. Assim, na primeira busca, encontramos, no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, 5 trabalhos, sendo 3 dissertações e 2 teses. Na BDTD, inserindo as mesmas palavras-chave, encontraram-se 8 trabalhos, sendo 5 dissertações e 3 teses. Das investigações nessas plataformas, organizou-se o quadro 1. A organização do quadro levou em consideração o ano de publicação para que

tivéssemos um panorama cronológico das pesquisas que abordam essa temática.

Alguns dos trabalhos encontrados na Plataforma da CAPES se repetiram na BDTD também; assim, no quadro 1, tem-se o nome da plataforma em que foram identificados, e, quando estiverem nas duas plataformas pesquisadas, tem-se as duas indicações na coluna correspondente.

Em cada trabalho identificado, fizemos a leitura dos títulos, resumos, introduções e conclusões/considerações finais, e, quando não identificávamos os atributos que indicavam as possíveis articulações, realizava-se a leitura de todo o trabalho. Por meio dessa primeira leitura, destacamos as possíveis articulações e indicações de atributos que podem ser justificados por meio de princípios da Neurociência Cognitiva.

Como forma de apresentar da melhor forma possível as informações encontradas em cada plataforma, utilizamos cores diferentes, destacando se o trabalho foi encontrado na Plataforma da CAPES, na BDTD ou nas duas. Os trabalhos encontrados apenas na BDTD foram identificados com a cor verde. Usamos a cor amarela para destacar a pesquisa encontrada na Plataforma da CAPES e o azul para aqueles que estavam nas duas plataformas.

Quadro 1 – Trabalhos identificados na CAPES e na BDTD (1990-2022).

TÍTULO/AUTOR	OBJETIVO	TIPO/PLATAFORMA
Caracterização cromática das fontes alimentares de origem vegetal do sagui-do-cerrado (<i>Callithrix penicillata</i>, PRIMATES) – Eduardo Sosti Perini	Caracterizar itens alimentares do Sagui-do-Cerrado e avaliar as possíveis vantagens diferenciais entre fenótipos dicromatas e tricromatas na atividade de forrageio desses itens.	Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal – Universidade de Brasília) – BDTD/2006
Habilidade cognitiva espacial: medida com eletroencefalografia – Mariilda Machado Spindola	Desenvolver metodologia experimental para a observação, quantificação e interpretação de evidências neuronais – sinais de eletroencefalografia – relacionados ao processo cognitivo humano, em particular relacionados ao processo de raciocínio espacial, com base em instrumentos teóricos e tecnológicos das Neurociências e das Ciências Cognitivas, para uso na área da pesquisa educacional, visando contribuir para identificação de diferentes perfis de	Tese (Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul) – BDTD/2010

	estudantes, para diferentes áreas do conhecimento.	
Análise de um modelo probabilístico de decisão utilizando uma rede de neurônios recorrentes – Daniel Abruñosa Fernandes	Estudar o processo de tomada de decisão e seu armazenamento na memória de trabalho.	Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional – Laboratório Nacional de Computação Científica/Petrópolis-RJ) – BDTD/2011
Desenvolvimento e validação de equipamentos para subsidiar a descoberta científica em neurociências – Gilvan Luiz Barbo Filho	Suprir a necessidade de equipamentos para experimentos na área de neurociência focados no estudo de memória e aprendizado, utilizando roedores e peixes como modelos animais na tarefa de esquiva inibitória passiva.	Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências Química da Vida e Saúde (UFSM - FURG) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul) – CAPES/2015
Solução numérica de um problema inverso em neurociência via o método de Landweber não linear – Jemy Alex Mandujano Valle	Obter de forma indireta o valor de certos parâmetros de uma equação diferencial parcial, utilizando um método de Regularização Iterativo (Landweber não Linear).	Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional – Laboratório Nacional de Computação Científica/Petrópolis-RJ) – BDTD/CAPES/2015
Influência da nicotina no foco de atenção: um modelo neurocomputacional para os circuitos da recompensa e tálamo-cortical – Karine Damásio Guimarães	Desenvolver um modelo neurocomputacional baseado em equações diferenciais ordinárias, que descreve a interação entre o circuito da recompensa e o circuito tálamo-cortical, considerando a influência do astrócito.	Tese (Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional – Laboratório Nacional de Computação Científica/Petrópolis-RJ) – BDTD/CAPES/2015
Análise numérico-computacional de modelos para atividade estocástica dos neurônios – Ana Cláudia dos Reis Valentim	Neste trabalho, foram acrescentados aos modelos determinísticos perturbações estocásticas a fim de obtermos resultados mais condizentes com a realidade.	Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional – Laboratório Nacional de Computação Científica/Petrópolis-RJ) – BDTD/CAPES/2016
Modelagem de população de neurônios via equações diferenciais parciais – Marcos Teixeira de Souza	Estudou-se a comunicação entre neurônios de uma mesma região do cérebro com o propósito na construção de um modelo matemático que descreva de forma acurada e exequível computacionalmente como as informações são transmitidas entre as células neuronais.	Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional – Laboratório Nacional de Computação Científica/Petrópolis-RJ) – BDTD/CAPES/2017
Numerical solution of inverse problems in computational neuroscience models – Jemy Alex Mandujano Valle	Estimar parâmetros nos modelos mencionados anteriormente, dada a medição do potencial de membrana (problemas inversos).	Tese (Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional – Laboratório Nacional de Computação Científica/Petrópolis-RJ) – BDTD/2019

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A partir do quadro 1, percebeu-se que as pesquisas envolvendo matemática, laboratório e neurociência concentram-se, em sua maioria, em

investigações com vieses mais técnicos, no sentido de precisar de aparelhos de neuroimagem e do uso de métodos em populações animais para se alcançar os objetivos traçados.

Nesse sentido, notou-se que as produções elencadas no quadro 1 têm grande contribuição na área, mas que, no cerne da educação, não foram encontrados estudos que articulem o LEM e a Neurociência Cognitiva. Tem-se trabalhos que abordam alguns estudos pontuais por meio de investigações em sequências de ensino, estudo de caso, uso de objetos virtuais de aprendizagem para mediação do conhecimento e atividades lúdicas, porém são atividades que não estão fundamentadas com estas duas temáticas: LEM e Neurociência Cognitiva.

Assim, justifica-se, ainda mais, a importância deste estudo, que tem como foco articular os conhecimentos do LEM (Lorenzato, 2009) por meio de lentes da neurociência cognitiva. Dessa forma, a pesquisa aqui exposta almeja o processo de aprendizagem. Segundo Lorenzato (2009, p. 10), é fundamental que os professores “[...] realcem a necessidade da autoconstrução do saber, a importância dos métodos ativos de aprendizagem, o significado dos sentidos para a aprendizagem, o respeito as diferenças individuais [...]”.

Diante do cenário envolto no ensino de matemática, dos resultados de pesquisas como as do quadro 1, de autores como Lorenzato (2009), Fiorentini e Lorenzato (2009), Santos (2019), entre outros que apresentam o uso de recursos didáticos manipuláveis e da investigação como modo de mediar os conteúdos dessa disciplina, articulando abstração e concretude, percebeu-se a necessidade da valorização neurocognitiva ao se pensar nos recursos didático-pedagógicos a serem utilizados em sala de aula de forma ativa. Logo, “É perceptível a necessidade de inovar, buscar, pesquisar e fazer acontecer aulas diferenciadas” (Santos; Santos; Santos, 2020, p. 54).

Nesse contexto, por meio dos trabalhos encontrados, organizados no quadro 1, das pesquisas que referendam o uso de recursos didáticos

manipuláveis em sala de aula, fez-se uma articulação dos conhecimentos e entendimentos matemáticos explorados no LEM e de Pressupostos da Neurociência Cognitiva, como forma de justificar e comprovar a necessidade de uni-los no processo de ensino e aprendizagem. A seção 4 apresentará essa articulação com mais detalhamento.

Práticas e experiências no contexto da implementação do LEM segundo Lorenzato

Falar do LEM é debruçar-se sobre o livro *O laboratório de Ensino de Matemática na Formação de Professores*. Nessa literatura, Lorenzato (2009) explica como a obra foi produzida e seus objetivos. Deixa bem claro que a obra é resultado da experiência de diferentes formadores das várias regiões do Brasil. Para tal, objetivou-se mostrar concepções, possibilidades e limites do Laboratório de Ensino de Matemática (LEM). Além de Lorenzato (2009), tem-se as pesquisas de Rêgo e Rêgo (2009), Lucena (2017), dentre outros, que também são grandes referências em pesquisas sobre o LEM, porém, está investigação valeu-se de reflexões sobre a obra de Sérgio Lorenzato.

Pensar o LEM é investigar materiais didáticos manipuláveis, ressaltando a importância do apoio visual ou do visual-tátil como facilitador da aprendizagem. Essa preocupação se arrasta desde Arquimedes (250 a.C.) e perdura até os dias de hoje. Assim, muitos estudiosos evidenciaram o papel fundamental que o material didático pode desempenhar no processo de ensino e aprendizagem.

Para tal, é necessário que o LEM tenha um espaço físico apropriado. Esse espaço deve propiciar construção, discussão, planejamento, elaboração de avaliações, sendo um local para sanar dúvidas, criação e desenvolvimento de atividades experimentais, inclusive de produção de materiais instrucionais que possam facilitar o aprimoramento da prática pedagógica.

[...] o LEM, nessa concepção, é uma sala-ambiente para estruturar, organizar, planejar e fazer acontecer o pensar matemático, é um espaço para facilitar, tanto ao aluno como ao professor, questionar, conjecturar, procurar, experimentar, analisar e concluir, enfim, aprender e principalmente aprender a aprender (Lorenzato, 2009, p. 7).

O LEM não pode surgir do acaso, ou apenas do empenho de uma disciplina, deve ser criado com o apoio das demais disciplinas, pois o aluno é o ponto fundamental nessa construção. Dessa forma, o aprendizado se dará na prática, ou seja, aprender fazendo. Esse projeto só terá forças se existirem professores que acreditem em sua implementação.

Para se construir um LEM, é preciso definir o público-alvo, pois os materiais confeccionados devem suprir as necessidades de aprendizagem de cada etapa de ensino. Na formação de professores, deve-se valorizar a “[...] autoconstrução do saber, a importância dos métodos ativos de aprendizagem, o significado dos sentidos para a aprendizagem, o respeito às diferenças individuais [...]” (Lorenzato, 2009, p. 10). O LEM é um projeto a ser atingido a longo prazo; dessa forma, o professor precisa manter-se atualizado, pois o uso desse ambiente e dos materiais confeccionados dependerá dos encaminhamentos dados pelo professor.

Mesmo expondo todas as utilidades e contribuições de um LEM, existem objeções ao seu uso: é caro, exige materiais que a escola não disponibiliza para o professor e raríssimas escolas possuem um; exige do professor uma boa formação; possibilita o “uso pelo uso”; não pode ser aplicado a todos os assuntos do programa; não pode ser usado em classes numerosas; exige do professor mais tempo para ensinar; pode induzir o aluno a aceitar como verdadeiras as propriedades matemáticas que foram visualizadas por ele no material manipulável ou gráfico sem uma análise investigativa mais profunda.

Dos materiais didáticos (MD) úteis ao processo de ensino e aprendizagem, muitos são confeccionados no LEM; para se ter um melhor desempenho, é preciso definir os objetivos a serem alcançados. Esses MD

possibilitam o aprendizado, mas não dispensam a abstração para formalização dos conhecimentos construídos. Assim, pode-se seguir como estratégia de ensino partir do material concreto para se chegar à abstração. Para tal, é de suma importância a valorização dos conhecimentos empíricos (prévios) dos estudantes.

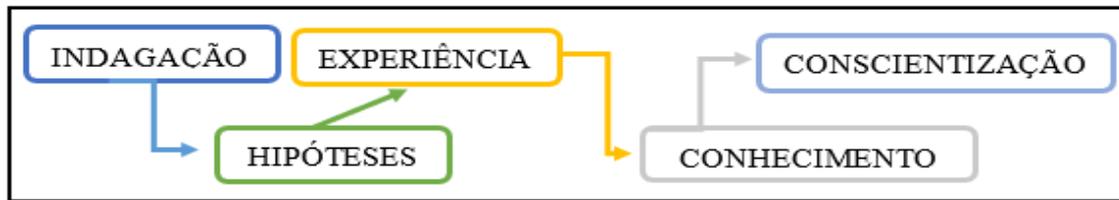
O professor precisa conhecer o MD antes de levá-lo para as aulas. A eficiência deste depende mais do professor do que dele próprio. Após o uso de um MD, faz-se necessário realizar a “[...] verbalização dos pensamentos, isto é, a comunicação das ideias, raciocínios, ações e conclusões deles” (Lorenzato, 2009, p. 26). O MD proporciona uma gama de potencialidades no quesito aprendizagem. É uma boa ferramenta para diagnosticar falhas na aprendizagem, ou seja, muitas das vezes é usado como raio X no quesito verificação da aprendizagem.

Os laboratórios de matemática permitem uma maior valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes, além da visualização dos materiais concretos construídos.

Portanto, justifica-se a criação do LEM para garantir a práxis educativa na área da matemática, pois é com a participação do licenciando em um ambiente de pesquisa que se poderá promover alguma mudança significativa nessa área” (Lorenzato, 2009, p. 63).

Assim, ele passa a ser a junção entre formação pedagógica e formação profissional. Dessa forma, a educação de hoje almeja preparar novos profissionais com uma formação mais próxima das pesquisas recentes e imbuídas de um sentimento de indagação e procura. Para tal, o LEM objetiva desenvolver atitude de indagação, aprender a aprender, aprender a cooperar e desenvolver a consciência crítica.

Quadro 2 – Esquema das etapas no desenvolvimento do conhecimento em um LEM.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O LEM baseia-se nos preceitos da psicologia a respeito de como se dá a aprendizagem: o tato (pegar) e a visão (ver), que são primordiais no início da aprendizagem, mesmo para os adultos, até chegar a verbalização, ao registro (sem rigor) e ao objetivo final, a abstração (Lorenzato, 2009, p. 70).

Assim, Lorenzato (2009) já enfatizava a necessidade do uso dos sentidos, campo da Neurociência Cognitiva. Por meio dessas ações, “[...] o aluno deixou de ser um aluno passivo, que aceita tudo o que o professor acha que ensina, e passou a ter uma participação ativa, questionando o que aprende e o porquê aprende tal conteúdo” (Lorenzato, 2009, p. 70).

Desse modo, os estudantes passam a ser atuantes em sua formação e desenvolvem habilidades e competências para realizar a avaliação de suas produções e das dos colegas, começam a se tornar construtores do conhecimento com mais independência. Mas, apesar de tantos pontos positivos, existem vários obstáculos que dificultam a sua implementação: falta de motivação dos alunos para trabalhos práticos; dificuldades e resistências no acompanhamento das inovações tecnológicas (medo do novo, do desconhecido); visão limitada dos docentes; entendimento inadequado do processo de formação.

Nessa perspectiva, é de suma importância ter em mente a escolha do melhor MD para determinado assunto, além de saber utilizá-lo sem restrições. Um dos pontos principais consiste na reflexão e discussão dos conhecimentos construídos. A partir dos materiais manipuláveis, chega-se aos conceitos formais.

O LEM é um ambiente que propicia aos estudantes e aos professores um conjunto de análises e investigações matemáticas com o propósito de

descobrir alguns princípios matemáticos, padrões, regularidades. O LEM leva “[...] os estudantes a pensar por eles mesmos, a questionar, observar padrões – resumindo, desenvolver uma atitude de investigação matemática” (Lorenzato, 2009, p. 91).

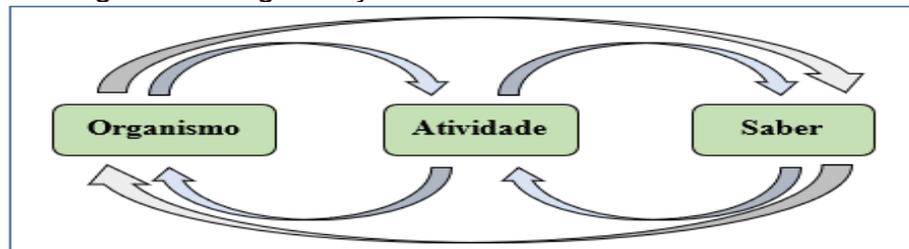
É muito importante a ação mediadora do professor, a qual deve acontecer sem necessariamente mostrar a solução para o problema em análise. O material concreto é um ótimo termômetro para avaliar o aprendizado e o rendimento dos conhecimentos adquiridos. Assim, “[...] o Laboratório de Ensino de Matemática deve estar associado a uma pesquisa ou projeto estruturados, do qual os licenciados possam inteirar-se e participar, ou usufruir de suas repercussões” (Lorenzato, 2009, p. 145).

Dessa forma, o LEM pode ser definido como “[...] um ambiente de aprendizagem como um lugar ou uma comunidade especificamente concebida com propósitos educacionais baseados em concepções social do processo de ensino-aprendizagem” (Lorenzato, 2009, p. 167). Esse ambiente centra-se no aprendiz, no conhecimento, no processo avaliativo e na comunidade, ou seja, uma aprendizagem colaborativa.

DISCUSSÕES SOBRE ARTICULAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICAS NO LEM

Estudar os pressupostos do Laboratório de Ensino de Matemática (LEM) e apresentar justificativas neurocognitivas é debruçar-se sobre as relações existentes no funcionamento dos sistemas didáticos, entendendo a relação ‘organismo – atividade – saber’ [reflexo do sistema didático trabalhado por Brousseau (2007), ‘aluno – professor – saber’]. Nesse contexto, esta pesquisa vincula-se a analisar não só a Atividade Matemática (AM), mas como o saber referente à AM é captado, decodificado e consolidado pelo organismo humano por meio de um LEM. Essa relação está esquematizada na figura 2.

Figura 2 – Organização neurodidática do saber no LEM.



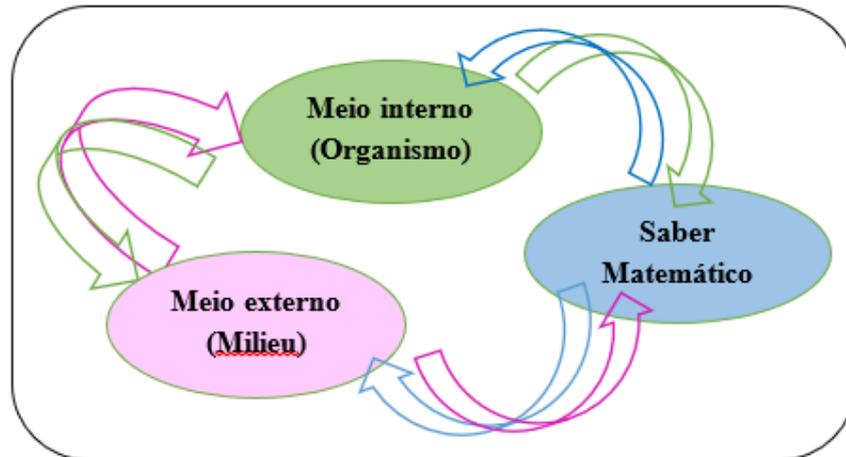
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A organização neurodidática apresentada na figura 2 tenta simplificar os entes principais desse processo: o organismo – o sujeito com a valorização de todas as suas estruturas neurocognitivas; a atividade – que, nesse contexto, se refere aos recursos didáticos a serem usados como ponte para o aprendizado; e o saber – que, no nosso caso, compreende o campo dos conhecimentos matemáticos. Todos esses elementos estabelecem uma relação mútua. Não existe uma ordem específica entre os elementos expostos na figura 2 para que se alcance o aprendizado.

Ao pensarmos em uma AM, é imprescindível a preocupação em analisar o meio em que ela será inserida, bem como os sujeitos que contribuem para tal organização didática, como eles captam, decodificam e assimilam o saber matemático² vindo do ambiente externo. Assim, organizou-se a figura 3 com a esquematização dos campos perpassados pela AM.

Figura 3 – Campos perpassados pela atividade matemática (AM).

² Saber matemático, nesta situação, refere-se ao saber científico, ensinado ou a/para ensinar.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A figura 3 expõe os campos percorridos pela AM, o que constitui a elaboração e análise das aprendizagens que estão envolvidas ao se trabalhar com o LEM. Diante dessas abordagens, vale ressaltar que um saber, para existir, necessita de um organismo, que depende de mecanismos neurais que auxiliam na mediação do conhecimento, até ser armazenado na memória de longo prazo. Essa aprendizagem precisa de um suporte externo, que são os meios usados para mediar até o organismo o saber matemático.

Ao se trabalhar a AM, verificou-se a necessidade de respaldar as análises em organizações que se estruturam de uma práxis (BROUSSEAU, 2007). Nesse contexto, o aluno é protagonista de sua aprendizagem, competindo ao professor mediar as ações da AM. Assim, as estruturas dos diferentes objetos do saber a/para ensinar apresentam inter-relações hierárquicas que permitem identificar e analisar as estruturas ecológicas dos objetos, permitindo seu estudo e sua modelação no ensino.

Com efeito, estudar uma AM, que no nosso caso constitui-se na investigação do LEM, remete à investigação dos passos que a AM passa até se tornar clara, objetiva e compreensível pelo educando, para que possa ser assimilada e armazenada na memória. Assim, analisá-la pressupõe entender

como os conhecimentos são conduzidos no sistema nervoso central, identificando os possíveis distratores do aprendizado.

Dessa forma, o saber matemático, que norteou a investigação, foi apreciado por meio de pressupostos neurocognitivos e de abordagens trabalhadas em um Laboratório de Ensino de Matemática (LEM). Ao se pensar nos conhecimentos matemáticos trabalhados nas aulas de matemática, que possam permitir ou não o acionamento abstracional, recorreremos ao cérebro:

[...] órgão muito misterioso que desperta a curiosidade de muitos cientistas e educadores, fascina por sua estrutura e processos perfeitos no que se refere ao armazenamento de informações. Sobre ele são depositadas as reflexões a respeito do processo de aprendizagem para que se construam conhecimentos duradouros, que possam estar acessíveis no sistema de armazenamento quando forem evocados (Santos, 2019, p. 57).

Nessa esfera, é o cérebro a parte mais importante dessa estrutura, “[...] pois é através dele que tomamos consciência das informações que chegam pelos órgãos dos sentidos e processamos essas informações, comparando-as com nossas vivências e expectativas” (Cosenza; Guerra, 2011, p. 11). Por meio dos conhecimentos sobre o funcionamento do cérebro, focado no estudo dos mecanismos neurocognitivos, foram estudadas as estruturas que viabilizam a aprendizagem de maneira significativa. Para tal, faz-se necessário “[...] identificar a arquitetura e os mecanismos neurais dos sistemas de atenção cerebral” (Gazzaniga; Ivry; Mangun, 2006, p. 276).

Através desse estudo, destacamos que entender os pressupostos da Neurociência Cognitiva potencializa a aprendizagem dos conhecimentos na construção do raciocínio na AM no LEM. Dessa forma, faz-se necessário “[...] levar em consideração os receptores que serão responsáveis por estabelecer elo entre o meio externo e o Sistema Nervoso Central (SNC) [...]” (Santos; Fonseca, 2018, p. 58).

Nesse contexto, essa potencialização dá-se, segundo Cosenza e Guerra (2011), por meio da **repetição**, **elaboração** e **consolidação**. A elaboração é resultado de “[...] sua associação com os registros já existentes, o que fortalece

o traço de memória e o torna mais durável.” (Cosenza; Guerra, 2011, p. 62). Esses processos são as bases para que os conhecimentos possam ser armazenados na memória de longo prazo; quanto mais ligações que fortaleçam a informação, as chances para evocá-las, quando necessária, são maiores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo voltou-se a identificar e caracterizar trabalhos que abordassem sobre LEM, utilizando lentes da Neurociência Cognitiva para destacar possíveis articulações, fragilidades e potencialidades no processo de construção do conhecimento matemático, tendo a pesquisa bibliográfica como norte da investigação.

A partir das informações obtidas, foi possível destacar a importância/relevância de entender os pressupostos neurocognitivos ao se trabalhar em um LEM. Percebeu-se, também, que os recursos didáticos manipuláveis presentes nesses espaços educativos são de suma importância para o aprendizado, na medida em que despertam a curiosidade e a atenção dos aprendentes.

Assim, ressaltamos a importância de articular os recursos didáticos manipuláveis utilizados no LEM com os sentidos (visão, audição, paladar, tato e olfato). Estes são de suma importância para quem for manusear os recursos didáticos manipuláveis, pois criam, no cérebro, ligações que permitem maiores chances de consolidação da informação.

Nesse sentido, precisamos justificar que os conhecimentos da neurociência justificam as ações desenvolvidas em um LEM, pois toda atividade matemática desenvolvida em um laboratório de ensino tem por objetivo uma aprendizagem significativa (Moreira, 2006), tendo os sentidos, campo de estudo da Neurociência Cognitiva, como canais de entrada da informação.

Ademais, existe a necessidade de entender que o ambiente também influencia no processo de aprendizagem, pois, mesmo usando recursos didáticos manipuláveis que têm por objetivo possibilitar o manuseio e chamar a atenção dos envolvidos, temos, também, os distratores ambientais que conseguem chamar a atenção dos envolvidos, fazendo-os perder o foco.

Assim, desenvolver/implementar um LEM, unindo os pressupostos da Neurociência Cognitiva, possibilita que a aprendizagem tenha mais chances de se consolidar e, conseqüentemente, ser armazenada na memória de longo prazo.

O estudo de materiais didáticos manipuláveis provindo dos Laboratórios de Ensino de Matemática (LEM) e as pesquisas envolvendo a Neurociência Cognitiva são de grande importância em problemas no meio educacional, em especial em conteúdos matemáticos, tanto da Educação Básica quanto do Ensino Superior. Mesmo carregados de toda essa significância, existe pouca difusão de trabalhos que articulem essas temáticas.

Assim, faz-se necessário incluir os estudos neurocognitivos ao se trabalhar com o LEM, pois existe uma relação entre sujeito (aprendiz – organismo) e conhecimento (saber – atividade matemática) em que estamos inseridos. Essa valorização e interligação entre esses dois campos do saber possibilita mediar, de forma mais eficaz, a aprendizagem em sala de aula com foco nos saberes matemáticos, apresentando maiores chances de tornar essa prática mais significativa e uma conseqüente valorização das aplicações envolvidas nessa ciência de forma ativa.

Nessa perspectiva, evidenciou-se que o LEM, espaço repleto de recursos didáticos manipuláveis, já tem em sua essência o uso de metodologias ativas, ou seja, mesmo sem a discussão ferrenha que temos nos dias de hoje a respeito dessas abordagens metodológicas, os laboratórios de ensino já as utilizavam, tornando esses espaços celeiros de metodologias ativas.

REFERÊNCIAS

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. Disponível em: <https://curitiba.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2020/08/Metodologias-Ativas-para-uma-Educacao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2022.

BERGMANN, Jon; AARON, Sams (Orgs.). **Sala de Aula Invertida - Uma Metodologia Ativa de Aprendizagem**. Rio de Janeiro/RJ, 2016. 116p. Disponível em: <https://curitiba.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2020/08/Sala-de-Aula-Invertida-Uma-metodologia-Ativa-de-Aprendizagem.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2022.

BROUSSEAU, Guy. **Introdução ao estudo das situações didáticas**: conteúdos e métodos de ensino. São Paulo: Ática, 2007.

COSENZA, Ramon Moreira; GUERRA, Leonor Bezerra. **Neurociência e educação**: como o cérebro aprende. Porto Alegre: Artmed, 2011.

D'AMBRÓSIO, Ubiratan. **Educação matemática**: da teoria à prática. Campinas – SP: Papirus, 1996. (Coleção Perspectivas em Educação Matemática).

FIORENTINI, Dario; LORENZATO, Sérgio. **Investigação em educação matemática**: percursos teóricos e metodológicos. 3. ed. rev. Campinas – SP: Autores Associados, 2009.

GAZZANIGA, Michael S.; IVRY, Richard B.; MANGUN, George R. **Neurociência Cognitiva**: a biologia da mente. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

JOSÉ FILHO, Mário. Pesquisas: contornos no processo educativo. *In*: JOSÉ FILHO, Mário; DALBÉRIO, Osvaldo. **Desafios da pesquisa**. Franca: Unesp-FHDSS, 2006. p. 63-75.

KANDEL, Eric R.; SCHWARTZ, James H.; SIEGELBAUM, Steven A. **Principles of Neural Science**. Nova York: McGraw-Hill, 1991.

LENT, Roberto. **Cem bilhões de neurônios**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2002.

LORENZATO, Sérgio. **O Laboratório de ensino de matemática na formação de professores**. Campinas – SP: Autores Associados, 2009.

LUCENA, Regilania da Silva. **Laboratório de Ensino de Matemática**. Fortaleza: UAB/IFCE, 2017.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 8. ed. São Paulo: Hucitec, 2004.

MOREIRA, Marco Antonio. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implicação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006. 186p.

RÊGO, Rômulo Marinho do; RÊGO, Rogério Gaudêncio do. Desenvolvimento de uso de materiais didáticos no ensino de matemática. *In*: LORENZATO, Sergio (Org.). **O laboratório de ensino de matemática na formação de professores**. Campinas – SP: Autores Associados, 2009. p. 39-56.

SANTOS, José Elyton Batista dos; SANTOS, Márcio Ponciano dos; SANTOS, Iris Grasielle Xavier dos. **Ensino de matemática por meio de projetos: experiências implementadas no “chão” da sala de aula**. 1. ed. Belém: Rfb Editora, 2020. Disponível em: <https://www.rfbeditora.com/post/ensino-de-matem%C3%A1tica-por-meio-de-projetos-experi%C3%Aancias-implementadas-no-ch%C3%A3o-da-sala-de-aula>. Acesso em: 5 mar. 2022.

SANTOS, Márcio Ponciano dos. **Expectativas neurocognitivas da atenção em uma sequência de ensino para a habilitação do raciocínio axiomático durante a aprendizagem da demonstração da Lei dos Senos**. 2019. 144p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/11411>. Acesso em: 5 mar. 2022.

SANTOS, Márcio Ponciano dos; FONSECA, Laerte Silva da. Analisando demonstrações trigonométricas em livros didáticos do ensino médio na perspectiva neurocognitiva. *In*: SILVA, Maria Goretti de Vasconcelos et al. **Propostas inovadoras de ensino-aprendizagem no ensino de ciências e Matemática**. Curitiba: CRV, 2018. p. 57-64.

WILLINGHAM, Daniel T. **Por que os alunos não gostam da escola?**



e-ISSN: 2177-8183

Respostas da ciência cognitiva para tornar a sala de aula atrativa e efetiva.
Tradução: Marcos Vinícius Martim da Silva; Revisão técnica: José Fernando
Bitencourt Lomônaco. Porto Alegre: Artmed, 2011.