ReBECEM | Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática
ISSN 2594-9179

DOI: https://doi.org/ 10.48075/h0862p81

APRENDIZAGEM DE FRAÇÕES: CONTRIBUIÇÕES DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA, DA PSICOPEDAGOGIA E DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

FRACTION LEARNING: CONTRIBUTIONS OF NEUROSCIENCE, PSYCHOPEDAGOGY, AND PROBLEM SOLVING TO MATHEMATICS EDUCATION

Luiz Carlos Leal Junior[1]

Resumo: Este artigo analisa a aprendizagem do conceito de frações por meio de um estudo de caso qualitativo, orientado pela abordagem arqueogenealógica e pelo diálogo entre Neurociência Cognitiva, Psicopedagogia e Resolução de Problemas. A investigação foi desenvolvida com quatro estudantes do Ensino Fundamental durante uma intervenção pedagógica, utilizando pré e pós-testes diagnósticos, observações, entrevistas semiestruturadas e produções dos participantes. As análises evidenciam avanços na compreensão conceitual das frações e mudanças nas formas de produzir significados, reorganizar estratégias, operar com o erro e participar da atividade matemática. Os resultados indicam que a articulação entre os diferentes referenciais possibilita compreender dimensões cognitivas, subjetivas e pedagógicas da aprendizagem sem reduzi-las a relações causais ou explicações isoladas. Conclui-se que essa perspectiva oferece um quadro analítico para compreender a complexidade da aprendizagem matemática e problematizar práticas pedagógicas sensíveis às diferentes formas de aprender.

Palavras-chave: Aprendizagem de frações; Neurociência Cognitiva; Psicopedagogia; Resolução de Problemas; Mediação pedagógica.

Abstract: This article analyzes the learning of fractions through a qualitative case study guided by an archeogenealogical approach and by a dialogue among Cognitive Neuroscience, Psychopedagogy, and Problem Solving. The investigation involved four elementary school students during a pedagogical intervention and used pre- and post-diagnostic assessments, observations, semi-structured interviews, and participants' productions. The analyses reveal advances in the conceptual understanding of fractions and changes in how students produced meanings, reorganized strategies, dealt with errors, and participated in mathematical activity. The findings indicate that articulating these different perspectives makes it possible to understand cognitive, subjective, and pedagogical dimensions of learning without reducing them to causal relationships or isolated explanations. It is concluded that this perspective provides an analytical framework for understanding the complexity of mathematical learning and for problematizing pedagogical practices that are responsive to different ways of learning.

Keywords: Fraction learning; Cognitive Neuroscience; Psychopedagogy; Problem Solving; Pedagogical mediation.

[1] Doutor em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP). Professor Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Sertãozinho, São Paulo, Brasil. E-mail:luizleal@ifsp.edu.br.

1 Entre sinapses e números: Uma introdução

O ensino e a aprendizagem da Matemática permanecem entre os desafios mais persistentes da Educação Básica. Essa complexidade decorre tanto da natureza dos conceitos matemáticos quanto da interação entre processos cognitivos, aspectos afetivos e práticas pedagógicas que permeiam a construção do conhecimento. Embora as últimas décadas tenham ampliado significativamente a compreensão desses processos por meio de contribuições da Neurociência Cognitiva, da Psicopedagogia e da Educação Matemática, o diálogo entre esses campos ainda apresenta desafios teóricos e metodológicos. Com frequência, conceitos produzidos em um domínio são incorporados a outro de forma parcial ou descontextualizada, favorecendo análises simplificadoras acerca da aprendizagem matemática e das possibilidades de intervenção pedagógica.

Nesse cenário, investigações em Neurociência Cognitiva têm demonstrado que o raciocínio matemático mobiliza redes neurais distribuídas, envolvendo processos relacionados às funções executivas, à memória de trabalho e ao controle atencional, especialmente em situações de Resolução de Problemas (Menon, 2010; Amland *et al*., 2025). Paralelamente, a Psicopedagogia tem evidenciado que aprender envolve também experiências subjetivas, emocionais e socioculturais, indicando que a compreensão da aprendizagem matemática ultrapassa explicações centradas exclusivamente no funcionamento cognitivo.

Apesar desses avanços, a aproximação entre esses referenciais ainda ocorre, em muitos estudos, por meio da simples justaposição de conceitos provenientes de matrizes epistemológicas distintas, sem que suas convergências, limites e tensões sejam suficientemente problematizados (Ansari; De Smedt; Grabner, 2012; Amland *et al*., 2025). Essa constatação evidencia a necessidade de abordagens capazes de promover um diálogo teoricamente consistente entre diferentes perspectivas, explicitando os pressupostos que orientam sua mobilização no campo da Educação Matemática.

Nesta investigação, a abordagem arqueogenealógica não é empregada como método de interpretação dos participantes nem de seus discursos individuais. Ela constitui uma perspectiva analítica voltada ao exame das condições pelas quais determinados saberes, práticas pedagógicas e modos de compreender a aprendizagem matemática tornam-se possíveis e passam a operar no contexto investigado. Assim, mais do que

explicar comportamentos individuais, interessa compreender os discursos, as práticas e as materialidades que organizam a intervenção pedagógica.

O objetivo desta investigação consiste em compreender como práticas pedagógicas fundamentadas em contribuições da Neurociência Cognitiva, mediadas pela Psicopedagogia e organizadas pela Resolução de Problemas podem contribuir para a reconfiguração das relações dos estudantes com o saber matemático durante a aprendizagem do conceito de frações.

A investigação foi desenvolvida por meio de um estudo de caso qualitativo com quatro estudantes do Ensino Fundamental, focalizando as transformações produzidas durante uma intervenção pedagógica orientada por esses referenciais e analisada sob uma perspectiva arqueogenealógica. O estudo integra a agenda de pesquisas do Grupo de Pesquisa em Educação Matemática e Subjetividades (GPEMS), do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), cadastrado no CNPq, cuja produção científica se dedica às relações entre cognição, práticas pedagógicas e processos de subjetivação no ensino de Matemática.

Este artigo não pretende propor modelos universais de intervenção nem defender a superioridade de uma perspectiva interdisciplinar. Seu propósito consiste em problematizar as condições sob as quais diferentes saberes podem ser mobilizados na organização de práticas pedagógicas mais sensíveis à complexidade da aprendizagem matemática, contribuindo para o debate contemporâneo sobre formação de professores e Educação Matemática.

2 Referencial teórico

O ensino e a aprendizagem da Matemática têm sido historicamente marcados por desafios que extrapolam a complexidade conceitual da disciplina, envolvendo aspectos cognitivos, afetivos e pedagógicos nem sempre considerados de forma integrada (Bicudo, 2010; Rojo, 2012; Leal Junior, 2020). Nesse cenário, a aproximação entre Neurociência Cognitiva, Psicopedagogia e Resolução de Problemas vem se consolidando como uma possibilidade teórica para ampliar a compreensão dos processos envolvidos na aprendizagem matemática. Entretanto, essa interlocução exige rigor conceitual, pois reúne campos sustentados por pressupostos epistemológicos distintos, cujas aproximações não podem ocorrer por mera justaposição ou utilização ilustrativa de conceitos (Ansari; De Smedt; Grabner, 2012; Leal Junior; Onuchic, 2020).

No âmbito da Neurociência Cognitiva, evidências recentes indicam que o raciocínio matemático mobiliza redes neurais distribuídas, envolvendo, entre outras estruturas, o sulco intraparietal, frequentemente associado ao processamento numérico e à representação de magnitudes; o córtex pré-frontal dorsolateral, relacionado à memória de trabalho, ao planejamento e ao monitoramento executivo; e o giro angular, implicado em diferentes aspectos do processamento aritmético e da recuperação de fatos matemáticos (Menon, 2010; Zhou *et al*., 2018; Sokolowski; Matejko; Ansari, 2023; Pinheiro-Chagas *et al*., 2023; Tablante *et al*., 2023).

Em conjunto, essas investigações demonstram que a atividade matemática resulta da interação dinâmica entre diferentes sistemas neurais e funções executivas, não podendo ser explicada pela atuação isolada de regiões cerebrais específicas. A noção de plasticidade neural reforça essa perspectiva ao evidenciar que o cérebro permanece responsivo às experiências, às condições de ensino e às interações com o ambiente ao longo da vida (Milbocker; Smith; Klintsova, 2024). Ainda assim, a transposição desses achados para o contexto educacional requer cautela, pois as relações entre processos neurais e práticas pedagógicas são mediadas por fatores históricos, sociais e didáticos, não se estabelecendo de forma direta ou linear (Ansari; De Smedt; Grabner, 2012).

Nessa perspectiva, funções executivas como memória de trabalho, atenção seletiva e controle inibitório desempenham papel relevante na resolução de tarefas matemáticas, especialmente quando o estudante precisa manter e manipular informações, selecionar estratégias, monitorar suas ações e inibir respostas impulsivas (Anderson *et al*., 2011; Leal Junior, 2020; Amland *et al*., 2025). Esses processos, contudo, não podem ser dissociados das experiências escolares nem das condições subjetivas que permeiam o aprender, aspecto que evidencia a contribuição da Psicopedagogia como campo de mediação entre os conhecimentos produzidos pela Neurociência Cognitiva e as práticas educativas.

Ao considerar o sujeito em sua integralidade, a Psicopedagogia compreende que aprender envolve processos cognitivos, trajetórias escolares, experiências emocionais e construções subjetivas. Como afirma Rojo (2012, p. 21), “A escuta clínica e institucional da Psicopedagogia permite que os achados neurocientíficos sejam apropriados com responsabilidade e aplicados de modo ético e contextualizado, respeitando os tempos e modos de aprender de cada sujeito.” Nessa direção, fatores como ansiedade matemática, histórico de fracasso escolar e crenças limitantes deixam de ocupar uma posição periférica

para integrar a própria dinâmica da aprendizagem (Moustafa *et al*., 2017; Leal Junior, 2020; Silva *et al*., 2024).

Essa compreensão encontra respaldo na teoria histórico-cultural de Vygotsky (1978), particularmente no conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal, que evidencia o papel da mediação na construção do conhecimento. Sob essa perspectiva, a Resolução de Problemas configura-se como um espaço privilegiado de interação, no qual o estudante pode avançar para além de suas capacidades atuais mediante intervenções pedagógicas intencionalmente planejadas (Leal Junior, 2018).

Assumida neste estudo como princípio organizador da atividade matemática escolar, a Resolução de Problemas ultrapassa a condição de estratégia didática ou de aplicação de heurísticas. Embora as contribuições clássicas de Pólya (1945) permaneçam fundamentais para compreender os processos de compreensão, planejamento, execução e revisão das soluções, este trabalho dialoga com a perspectiva desenvolvida por Leal Junior (2018), em interlocução com Onuchic e Allevato (2011) e Allevato e Onuchic (2014), segundo a qual resolver problemas constitui também uma prática discursiva por meio da qual se produzem significados, formas de participação e modos de constituição dos sujeitos na sala de aula. Nessa perspectiva, resolver problemas implica produzir conhecimento, assumir autoria e participar da construção coletiva de sentidos matemáticos. Tal compreensão é evidenciada, por exemplo, no excerto a seguir:

> As atividades psicopedagógicas priorizaram as situações de Resolução de Problemas que envolviam a lógica do sistema numérico decimal e sua notação. No decorrer do desenvolvimento dessas atividades ocorreram novas questões, de modo que se formularam novas situações-problema as quais, através da nossa mediação, levavam às reflexões numéricas para as resoluções que essas novas situações demandavam. (Pereira, 2013, p. 37).

Além disso, a literatura aponta que a Resolução de Problemas mobiliza diferentes sistemas cognitivos, incluindo processos relacionados à tomada de decisão, ao planejamento e à regulação do comportamento. Tais processos têm sido associados, em estudos de Neurociência, à atuação de regiões do córtex pré-frontal, especialmente em tarefas que exigem organização sequencial de ações e adaptação a contextos variáveis. Nesse sentido, destaca-se que:

> Tudo indica que a região ventromedial do córtex pré-frontal é responsável pelo raciocínio lógico para a Resolução de Problemas, o planejamento de ações e a ordenação temporal dos atos, sua adaptação e ajuste às circunstâncias (ajuste social do comportamento) e a seleção das ações mais adequadas a cada momento, bem como os objetivos de longo, médio e curto prazo estabelecidos pelo indivíduo (Santos, 2008, p. 17).

Entretanto, essa interlocução exige cautela, pois a atribuição direta de funções cognitivas complexas a regiões cerebrais específicas pode conduzir a interpretações reducionistas incompatíveis com o caráter distribuído e dinâmico do funcionamento neural. Como discutido anteriormente, as relações entre evidências produzidas pela Neurociência Cognitiva e as práticas pedagógicas não se estabelecem de forma linear, mas são mediadas por fatores históricos, sociais, culturais e educacionais que influenciam a produção do conhecimento e as experiências de aprendizagem (Ansari; De Smedt; Grabner, 2012).

Sob esse entendimento, Neurociência Cognitiva, Psicopedagogia e Resolução de Problemas não são tomadas como campos automaticamente complementares, mas como referenciais que dialogam a partir de pressupostos epistemológicos distintos. Sua aproximação demanda uma construção teórica capaz de reconhecer tanto as contribuições quanto as tensões decorrentes de seus diferentes níveis de análise: biológico, subjetivo e pedagógico.

É nesse horizonte que a abordagem arqueogenealógica, inspirada em Michel Foucault e sistematizada para a Educação Matemática por Leal Junior e Onuchic (2020), assume papel central nesta investigação. Mais do que reunir referenciais distintos, ela possibilita examinar como determinados discursos tornam legítimas certas formas de compreender a aprendizagem, ao mesmo tempo em que evidencia os modos pelos quais diferentes saberes são apropriados, reanalisados e operacionalizados nas práticas pedagógicas.

Nessa perspectiva, a integração desses referenciais é compreendida como um dispositivo analítico para examinar a aprendizagem matemática em sua complexidade, explicitando tanto as contribuições específicas de cada campo quanto as tensões produzidas em suas interfaces. A Tabela 1 sintetiza esse quadro teórico, destacando os principais focos analíticos, suas contribuições e os pontos de convergência que orientam a presente investigação.

Tabela 1: Quadro Teórico-Comparativo

Eixo	**Neurociência Cognitiva**	**Psicopedagogia**	**Resolução de Problemas**
Foco principal	Processos neurocognitivos e funções executivas	Processos de aprendizagem em sua dimensão subjetiva e contextual	Organização da atividade Matemática e produção de estratégias
Contribuição para a aprendizagem	Evidencia condições cognitivas do desempenho matemático	Analisa dificuldades e potencialidades do sujeito	Promove construção ativa do conhecimento

Papel da emoção	Modula processos cognitivos e atencionais	Estrutura o vínculo com o saber	Influencia a disposição frente ao problema
Papel do professor	Organizador de condições cognitivas de aprendizagem	Mediador da relação sujeito–conhecimento	Propositor de situações desafiadoras

Fonte: Os autores (2026).

A Tabela 1 evidencia que a Resolução de Problemas constitui o espaço pedagógico em que processos cognitivos, dimensões subjetivas e práticas de ensino convergem na organização da atividade matemática. Essa convergência, entretanto, não dissolve as especificidades epistemológicas de cada referencial. Ao contrário, revela que suas contribuições somente adquirem potência analítica quando compreendidas em diálogo e mediadas pelas condições concretas da prática educativa.

Desse modo, o referencial teórico que sustenta esta investigação não busca sobrepor diferentes campos do conhecimento, mas construir um quadro analítico capaz de compreender a aprendizagem matemática em sua complexidade. Essa perspectiva aproxima-se da concepção freireana de educação ao reconhecer que ensinar significa criar condições para que os estudantes produzam conhecimentos, atribuam significados às experiências vividas e assumam papel ativo em seus processos de aprendizagem. Como afirma Paulo Freire (2021, p. 25), “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua construção”. Sob essa compreensão, aprender Matemática implica produzir sentidos, exercer autonomia e participar da construção coletiva do conhecimento.

3 Interconexões entre Neurociência Cognitiva, Psicopedagogia e Resolução de Problemas em Matemática

As relações entre Neurociência Cognitiva, Psicopedagogia e Resolução de Problemas configuram um campo analítico marcado pela interação entre diferentes níveis de explicação: biológico, subjetivo e pedagógico. Embora cada um desses referenciais possua pressupostos e objetos próprios, seu diálogo amplia a compreensão da aprendizagem matemática ao integrar processos que dificilmente seriam explicados de forma satisfatória por uma única perspectiva (Santos, 2008; Rojo, 2012; Pereira, 2013).

Nesse contexto, a Resolução de Problemas constitui uma atividade de elevada complexidade, mobilizando memória de trabalho, atenção seletiva, habilidades espaciais e linguísticas, além de processos metacognitivos relacionados ao planejamento, ao monitoramento e à revisão das estratégias empregadas (Leal Junior, 2018; 2020).

Evidências oriundas da Neurociência Cognitiva indicam que essas funções dependem da atuação coordenada de redes neurais distribuídas, envolvendo especialmente regiões pré-frontais, associadas ao controle executivo, e parietais, relacionadas ao processamento numérico e às representações espaciais (Menon, 2010; Moustafa *et al*., 2017; Amland *et al*., 2025).

Entre esses processos, destacam-se a memória de trabalho e a atenção seletiva, fundamentais para manter informações ativas, controlar distrações e reorganizar estratégias durante a resolução de tarefas matemáticas (Moustafa *et al*., 2017; Nomura, 2024; Amland *et al*., 2025). Da mesma forma, habilidades espaciais, linguísticas e metacognitivas participam da organização do raciocínio, favorecendo a análise dos problemas, a avaliação das estratégias adotadas e a regulação da própria atividade cognitiva (Anderson *et al*., 2011; Scheibe *et al*., 2023).

Entretanto, esses processos adquirem significado apenas quando considerados nas condições concretas em que a aprendizagem ocorre. Sob essa perspectiva, a Psicopedagogia evidencia que fatores como ansiedade matemática, experiências escolares, crenças sobre a própria capacidade e formas de interação influenciam diretamente o modo como os estudantes se envolvem com as tarefas propostas. Ambientes pedagogicamente acolhedores tendem a favorecer maior disponibilidade para enfrentar desafios, persistir diante dos erros e reorganizar estratégias durante a aprendizagem (Moustafa *et al*., 2017; Rozal *et al*., 2017; Scheibe *et al*., 2023).

Essa compreensão torna-se ainda mais relevante em contextos que envolvem estudantes com diferentes perfis de aprendizagem, incluindo aqueles com transtornos do neurodesenvolvimento, como TEA, TDAH e discalculia. Nessas situações, estratégias fundamentadas em recursos visuais, abordagens multissensoriais e formas diversificadas de mediação mostram-se particularmente importantes para favorecer o acesso ao conhecimento matemático (Tablante *et al*., 2023).

Nesse quadro, a Resolução de Problemas assume a função de eixo organizador das práticas pedagógicas ao criar situações nas quais processos cognitivos, aspectos subjetivos e mediações didáticas atuam de forma integrada. Ao enfrentar problemas contextualizados, os estudantes mobilizam conhecimentos prévios, constroem novos significados e reorganizam continuamente seus modos de pensar, em consonância com pressupostos da Aprendizagem Significativa (Miatello; Daniel, 2024). Assim, resolver problemas deixa de representar apenas uma estratégia de ensino para constituir um espaço privilegiado de produção de conhecimento e desenvolvimento da autonomia.

Compreender essas relações exige abandonar a ideia de uma integração homogênea entre os diferentes referenciais. A Figura 1 é apresentada como um dispositivo analítico que explicita as convergências e tensões existentes entre esses campos, evidenciando como processos cognitivos, aspectos afetivos e práticas pedagógicas se entrelaçam na constituição da aprendizagem matemática.

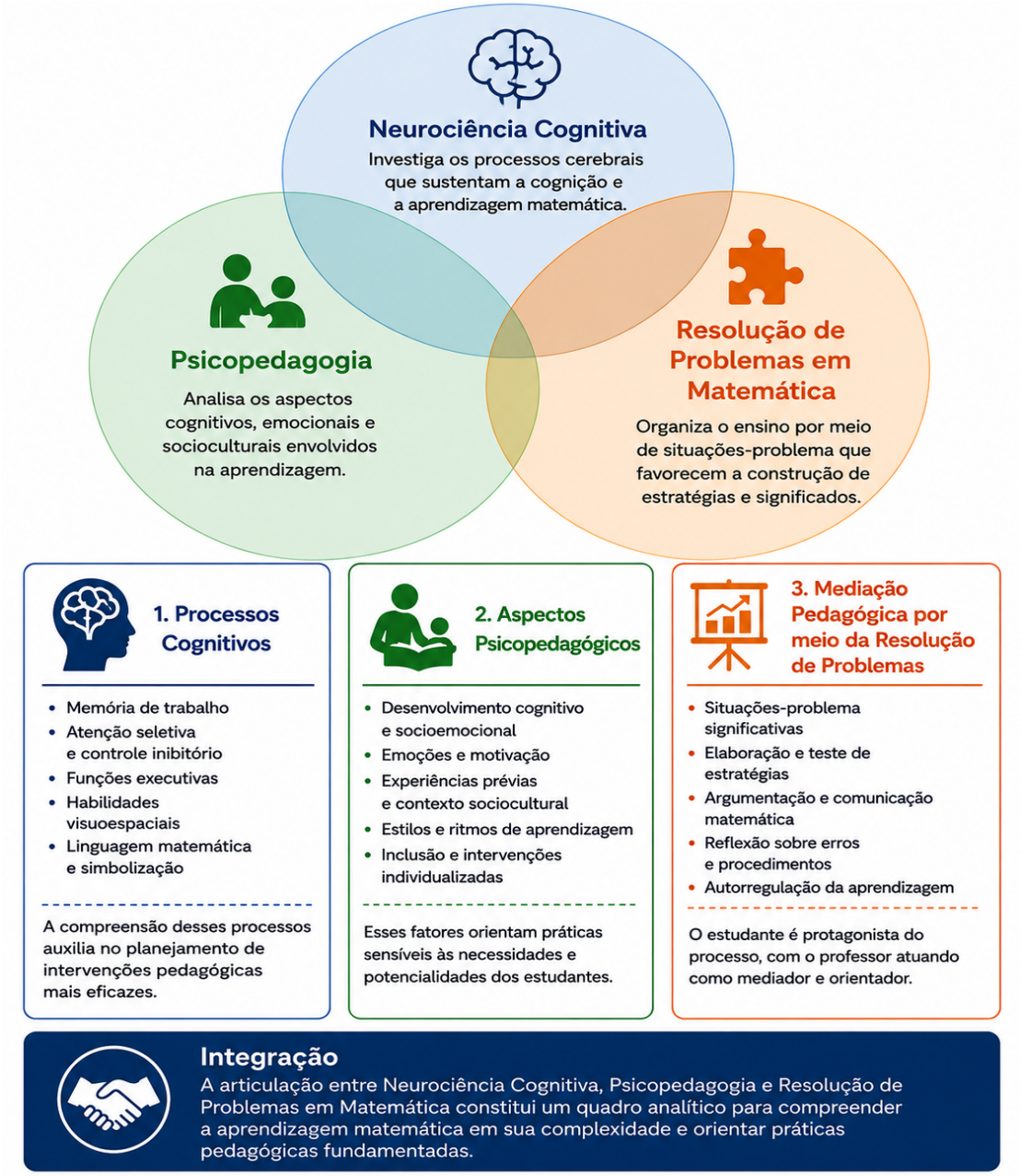

Figura 1: Intersecções e conexões dos campos de conhecimento
Fonte: Os autores (2026).

A Figura 1 sintetiza o quadro analítico adotado nesta investigação ao representar Neurociência Cognitiva, Psicopedagogia e Resolução de Problemas como campos que estabelecem relações sem perder suas especificidades epistemológicas. As zonas de

intersecção não representam uma fusão entre esses referenciais, mas evidenciam os pontos de convergência e as tensões que possibilitam analisar a aprendizagem matemática em sua complexidade.

Essa representação também evidencia que os conhecimentos produzidos pela Neurociência Cognitiva não se convertem, de forma imediata, em intervenções pedagógicas. Estudos recentes demonstram que o raciocínio matemático decorre da atuação coordenada de redes neurais distribuídas, cuja complexidade inviabiliza relações lineares entre funcionamento cerebral e práticas de ensino (Pinheiro-Chagas *et al*., 2023; Sokolowski; Matejko; Ansari, 2023; Tablante *et al*., 2023). Nesse contexto, a mediação pedagógica constitui condição indispensável para que esses conhecimentos sejam apropriados de maneira crítica no âmbito educacional.

Sob essa perspectiva, estratégias como o uso de representações visuais, o ensino explícito de procedimentos metacognitivos e a organização de ambientes colaborativos decorrem de escolhas pedagógicas fundamentadas, e não da aplicação direta de evidências neurocientíficas (Vaninsky, 2017; Silva *et al*., 2024). Estudos sobre neuroplasticidade reforçam esse entendimento ao demonstrar que as mudanças associadas à aprendizagem resultam da interação contínua entre experiências, engajamento, ambiente e condições de ensino, afastando explicações causais simplificadas (Milbocker; Smith; Klintsova, 2024).

As tecnologias educacionais ampliam esse conjunto de possibilidades ao favorecer diferentes formas de interação, representação e resolução de problemas. Contudo, sua contribuição depende das finalidades pedagógicas que orientam seu uso, razão pela qual não podem ser concebidas como soluções autônomas para os desafios do ensino de Matemática (Nomura, 2024).

Em síntese, o quadro analítico apresentado nesta seção compreende a aprendizagem matemática como um fenômeno produzido na relação entre processos cognitivos, experiências subjetivas e práticas pedagógicas. Em vez de reunir referenciais distintos em um modelo unificado, ele explicita as condições sob as quais esses saberes se aproximam, os limites dessa aproximação e as possibilidades analíticas que dela emergem. É a partir desse quadro que se desenvolve a análise do estudo de caso apresentado nas seções seguintes.

Tabela 2: Interconexões entre Neurociência Cognitiva, Psicopedagogia e Resolução de Problemas em Matemática

Processo Cognitivo	Estratégia Psicopedagógica	Evidências neurocientíficas
Memória de Trabalho	Fornecer instrução explícita e apoio estruturado	Evidências indicam que limitações na memória de trabalho comprometem o desempenho em tarefas de resolução de problemas matemáticos, envolvendo redes frontoparietais relacionadas ao monitoramento e à manipulação de informações (Moustafa *et al*., 2017; Amland *et al*., 2025).
Atenção	Uso de recursos visuais e contextualização	O controle atencional envolve redes neurais distribuídas, particularmente circuitos frontoparietais associados ao direcionamento e à manutenção do foco durante tarefas matemáticas (Menon, 2010; Nomura, 2024).
Habilidades Espaciais	Exercícios de visualização e manipulação	O processamento espacial e numérico mobiliza regiões distribuídas, incluindo o sulco intraparietal e o giro angular, fundamentais para representações de magnitude e relações espaciais (Sokolowski; Matejko; Ansari, 2023; Pinheiro-Chagas *et al*., 2023; Tablante *et al*., 2023).
Metacognição	Ensino de estratégias de automonitoramento	Processos metacognitivos mobilizam redes executivas distribuídas relacionadas ao planejamento, monitoramento e regulação do comportamento durante a resolução de problemas (Anderson *et al*., 2011; Scheibe *et al*., 2023).

Fonte: Os autores (2026).

A sistematização apresentada na Tabela 2 não estabelece correspondências lineares entre processos cognitivos, estratégias pedagógicas e evidências produzidas pela Neurociência Cognitiva. Seu propósito consiste em explicitar um quadro analítico no qual diferentes níveis do fenômeno educativo podem ser examinados em suas relações, preservando as especificidades de cada referencial.

Sob essa perspectiva, o ensino de Matemática orientado pela Resolução de Problemas e sustentado por uma mediação psicopedagógica mobiliza, de forma indissociável, aspectos cognitivos, afetivos e discursivos presentes nas práticas educativas. Mais do que reunir conceitos provenientes de diferentes campos, a tabela evidencia condições que permitem analisar como esses saberes se constituem, se aproximam e produzem efeitos no contexto escolar.

Desse modo, o quadro apresentado não assume caráter prescritivo nem pretende oferecer um modelo de intervenção pedagógica. Sua função consiste em sustentar a análise desenvolvida nesta investigação, fornecendo elementos para examinar as práticas pedagógicas, os discursos e as materialidades produzidas ao longo do estudo de caso.

4 Percurso metodológico

A presente investigação caracteriza-se como um estudo de caso de natureza qualitativa, desenvolvido com o propósito de analisar uma intervenção pedagógica voltada à aprendizagem do conceito de frações no Ensino Fundamental. A escolha desse delineamento decorre do interesse em examinar um fenômeno situado em seu contexto de ocorrência, privilegiando a análise das práticas pedagógicas, das interações estabelecidas durante a intervenção e das materialidades produzidas ao longo do processo investigativo, em consonância com as discussões de Bicudo (2010) acerca da pesquisa qualitativa em Educação Matemática.

Como perspectiva metodológica, adotou-se a abordagem arqueogenealógica inspirada em Michel Foucault e sistematizada para o campo da Educação Matemática por Leal Junior e Onuchic (2020). Nesta investigação, a arqueogenealogia foi assumida como operador analítico para examinar as condições de emergência dos discursos que atravessam as relações entre Neurociência Cognitiva, Psicopedagogia e Resolução de Problemas, bem como as práticas por meio das quais esses saberes passam a operar na organização da intervenção pedagógica. Desse modo, a investigação não se restringe à descrição dos resultados obtidos pelos estudantes, mas volta-se à análise das condições que tornam possíveis determinadas formas de ensinar, aprender e produzir conhecimentos matemáticos.

A intervenção analisada corresponde a um recorte de um projeto de pesquisa mais amplo, desenvolvido no âmbito do Grupo de Pesquisa em Educação Matemática e Subjetividades (GPEMS), do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), atualmente em tramitação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da instituição responsável. Participaram deste estudo quatro estudantes do Ensino Fundamental, com idades entre 10 e 11 anos, encaminhados ao Centro de Assessoria Educacional[2] em razão de dificuldades

[2] O Centro de Assessoria Educacional constitui um espaço de atendimento pedagógico especializado voltado ao acompanhamento de estudantes com dificuldades de aprendizagem encaminhados por escolas da região. As intervenções são desenvolvidas em caráter complementar ao ensino regular, envolvendo

persistentes relacionadas à aprendizagem matemática. A seleção teve caráter intencional, considerando a pertinência dos casos para os objetivos da investigação. Ao longo do manuscrito, todos os participantes são identificados por pseudônimos, preservando-se integralmente sua identidade.

A produção das materialidades empíricas ocorreu ao longo de quatro semanas de intervenção e compreendeu diferentes registros produzidos durante o desenvolvimento das atividades. Foram considerados os pré e pós-testes diagnósticos, os registros sistemáticos das observações realizadas durante as sessões, as entrevistas semiestruturadas e as produções escritas elaboradas pelos estudantes ao longo da resolução das tarefas propostas. A diversidade dessas materialidades possibilitou examinar tanto os movimentos relacionados à aprendizagem do conceito de frações quanto as práticas pedagógicas constituídas durante a intervenção.

Os indicadores referentes ao engajamento dos estudantes e à percepção de redução da ansiedade matemática foram organizados a partir da análise conjunta dos registros observacionais e dos relatos produzidos nas entrevistas, sendo posteriormente sistematizados em escalas ordinais de cinco níveis com finalidade exclusivamente descritiva e comparativa. Esses indicadores não foram utilizados como medidas psicológicas ou diagnósticas, mas como recursos auxiliares para a organização das materialidades analisadas.

A análise desenvolveu-se a partir das materialidades produzidas durante a investigação, compreendidas como elementos constitutivos das práticas educativas e não como evidências isoladas do desempenho individual dos participantes. Sob essa perspectiva, buscaram-se identificar as regularidades, deslocamentos e tensões que atravessaram a organização da intervenção pedagógica, examinando de que modo diferentes discursos foram mobilizados na constituição das práticas, das formas de participação dos estudantes e da produção de significados matemáticos ao longo das atividades.

Esse movimento analítico foi desenvolvido em três planos complementares. O primeiro concentrou-se nos discursos que sustentaram a organização da intervenção pedagógica, considerando as contribuições da Neurociência Cognitiva, da Psicopedagogia e da Resolução de Problemas. O segundo voltou-se para as práticas

avaliações diagnósticas, acompanhamento psicopedagógico e planejamento de intervenções individualizadas. O pesquisador responsável atuava nesse contexto como psicopedagogo e pesquisador, condição que possibilitou o desenvolvimento da investigação.

produzidas durante as interações entre professor, estudantes, tarefas e processos avaliativos. O terceiro incidiu sobre as regularidades, deslocamentos e rupturas observados nas materialidades produzidas durante a intervenção, analisando as condições pelas quais determinadas formas de participação, produção de significados e organização da atividade matemática se constituíram ao longo da investigação.

Nessa perspectiva, categorias como condições de emergência, relações de poder e regimes de verdade foram mobilizadas como operadores analíticos para examinar os discursos presentes nas práticas pedagógicas. O foco da investigação incidiu sobre as formas pelas quais diferentes saberes passaram a operar no contexto educativo e sobre os efeitos produzidos por sua mobilização na organização das práticas de ensino e aprendizagem, sem a pretensão de explicar características individuais dos participantes ou estabelecer relações causais entre a intervenção e os resultados observados.

Em todas as etapas da pesquisa foram adotados procedimentos destinados à preservação da identidade dos participantes, mediante anonimização das informações, utilização de pseudônimos e tratamento confidencial das materialidades produzidas. Em razão do estágio de tramitação do projeto mais amplo junto ao Comitê de Ética em Pesquisa, os dados analisados neste estudo foram utilizados exclusivamente para fins científicos e apresentados de forma a assegurar a confidencialidade dos participantes e da instituição envolvida.

Por fim, reconhece-se que esta investigação possui caráter situado e não tem por finalidade estabelecer generalizações nem propor modelos universais de intervenção pedagógica. Seu interesse reside na análise das práticas, dos discursos e das materialidades produzidas em um contexto específico, buscando evidenciar as condições sob as quais diferentes saberes passam a operar na constituição do ensino e da aprendizagem matemática.

5 Estudo de caso: Caracterização da intervenção

O estudo de caso desenvolvido nesta investigação constitui o recorte empírico a partir do qual se analisam as práticas pedagógicas produzidas em uma intervenção voltada à aprendizagem do conceito de frações. Em consonância com a perspectiva arqueogenealógica adotada, o interesse da pesquisa não reside na descrição da intervenção em si, mas na análise das condições pelas quais diferentes saberes passaram

a operar na organização das práticas educativas, produzindo determinados modos de ensinar, aprender e participar da atividade matemática.

Participaram da investigação quatro estudantes do Ensino Fundamental, com idades entre 10 e 11 anos, encaminhados por professores e orientadores educacionais de diferentes instituições do interior do estado de São Paulo em razão de dificuldades persistentes relacionadas à aprendizagem matemática. A seleção teve caráter intencional, considerando a relevância analítica dos casos para os objetivos da investigação e a diversidade de perfis atendidos pelo Centro de Assessoria Educacional onde a intervenção foi realizada.

Tabela 3: Caracterização dos participantes da investigação

Pseudônimo	Idade	Ano escolar	Critério de inclusão[3]	Caracterização inicial
Daniela	10 anos	5º ano do Ensino Fundamental	Encaminhamento escolar por dificuldades persistentes em Matemática	Dificuldades na compreensão relacional das frações e baixo envolvimento em atividades repetitivas.
Fábio	11 anos	5º ano do Ensino Fundamental	Encaminhamento escolar por dificuldades persistentes em Matemática	Insegurança diante das tarefas matemáticas e baixa persistência durante a resolução de problemas.
Gabriel	10 anos	5º ano do Ensino Fundamental	Encaminhamento escolar por dificuldades persistentes em Matemática	Preferência por representações visuais e dificuldades na utilização de representações simbólicas.
Marina	11 anos	5º ano do Ensino Fundamental	Encaminhamento escolar por dificuldades persistentes em Matemática	Dificuldades na consolidação de conceitos fundamentais e na autorregulação durante as atividades.

Fonte: Os autores.

Os participantes foram selecionados de forma intencional entre os estudantes atendidos pelo Centro de Assessoria Educacional durante o período da investigação. Como critérios de inclusão, consideraram-se: estar matriculado no 5º ano do Ensino Fundamental; apresentar dificuldades persistentes relacionadas à aprendizagem matemática identificadas pela escola de origem; e participar regularmente das atividades propostas durante a intervenção. Não houve exclusão de participantes após o início da pesquisa. Para assegurar a confidencialidade, todos os nomes utilizados neste artigo correspondem a pseudônimos.

A intervenção ocorreu durante quatro semanas, no segundo semestre de 2024, em um ambiente pedagógico planejado para favorecer práticas que considerassem, de maneira integrada, aspectos cognitivos, afetivos e pedagógicos. Os encaminhamentos

[3] Critérios de exclusão: não foram estabelecidos critérios de exclusão após o início da intervenção, uma vez que todos os estudantes participaram integralmente das atividades previstas.

estavam relacionados principalmente a dificuldades na compreensão de conceitos matemáticos, resistência diante de tarefas numéricas, baixa autoconfiança e desmotivação escolar, configurando um contexto que demandava não apenas o desenvolvimento conceitual, mas também mudanças nas formas de participação dos estudantes diante da atividade matemática.

Os participantes apresentavam trajetórias e formas distintas de envolvimento com a Matemática. Daniela evidenciava maior facilidade para estabelecer relações entre diferentes representações matemáticas, embora apresentasse baixo envolvimento em atividades excessivamente repetitivas. Fábio demonstrava insegurança recorrente diante das tarefas matemáticas e reduzida confiança em suas próprias estratégias de resolução. Gabriel recorria preferencialmente a representações visuais, revelando maior dificuldade na utilização de representações predominantemente simbólicas. Marina apresentava dificuldades relacionadas à consolidação de conceitos fundamentais e à autorregulação durante a realização das atividades. Essas características não foram tratadas como categorias explicativas do desempenho individual, mas como elementos constitutivos das práticas analisadas ao longo da investigação.

A avaliação diagnóstica inicial evidenciou dificuldades recorrentes na compreensão das frações como relação parte-todo, no reconhecimento de equivalências, na conversão entre diferentes representações e na análise de relações proporcionais. Esses elementos subsidiaram a organização da intervenção Desvendando Frações: uma abordagem interdisciplinar integrando Neurociência Cognitiva, Psicopedagogia e Resolução de Problemas, estruturada em torno de três eixos complementares.

O primeiro eixo concentrou-se na organização de condições favoráveis à atividade cognitiva, contemplando estratégias relacionadas ao gerenciamento da carga cognitiva, ao uso de materiais manipuláveis, à diversificação das tarefas e à constituição de um ambiente que favorecesse atenção, memória de trabalho e regulação emocional. O segundo voltou-se à mediação psicopedagógica, incorporando diferentes formas de representação, adaptações decorrentes da avaliação diagnóstica, momentos de verbalização e estratégias metacognitivas voltadas ao acompanhamento das próprias formas de resolução. O terceiro assumiu a Resolução de Problemas como princípio organizador da intervenção, mediante situações contextualizadas que estimularam a elaboração de estratégias, a comparação entre diferentes procedimentos, a argumentação e a utilização do erro como elemento constitutivo da aprendizagem.

Com o objetivo de ilustrar a organização da intervenção, apresenta-se, no Quadro 1, um exemplo de situação-problema desenvolvida durante as sessões. O exemplo sintetiza a forma pela qual os princípios da Neurociência Cognitiva, da Psicopedagogia e da Resolução de Problemas foram articulados na prática pedagógica, sem representar a totalidade das atividades realizadas ao longo da investigação.

Elemento	**Descrição**
Situação-problema	Em uma festa, uma pizza foi dividida em 8 partes iguais. Ana comeu 3 pedaços e João comeu 2 pedaços.a) Quem comeu a maior quantidade da pizza? b) Quanto da pizza ainda restou? c) Explique como você pensou para responder. Se desejar, utilize desenhos ou outra forma de representação.
Objetivos matemáticos	Compreender frações como relação parte-todo; comparar frações com mesmo denominador; utilizar diferentes representações; justificar procedimentos empregados durante a resolução.
Estratégias esperadas	Representar a situação graficamente; comparar quantidades; utilizar desenhos, esquemas ou registros simbólicos; justificar oralmente e por escrito a estratégia utilizada.
Exemplo de mediação psicopedagógica	Em vez de apresentar respostas, o pesquisador realizou intervenções por meio de perguntas que favorecessem a reflexão dos estudantes, tais como: *"O inteiro continua sendo o mesmo?"*, *"Como você sabe que essas partes são iguais?"*, *"Você consegue mostrar isso desenhando?"* e *"Existe outra maneira de resolver?"*.
Exemplo de interação durante a atividade	Professor: "Como você sabe que Ana comeu mais?" Estudante: "Porque o três é maior." Professor: "Maior do que o quê?" Estudante: "Das partes... espera... primeiro preciso pensar no inteiro."
Contribuições da Neurociência Cognitiva	Organização da atividade em etapas sucessivas; utilização de representações visuais com o propósito de favorecer a organização da informação e reduzir demandas cognitivas desnecessárias durante a resolução das tarefas; favorecimento da atenção, da memória de trabalho e do monitoramento das estratégias durante a resolução.
Organização pela Resolução de Problemas	A situação foi conduzida privilegiando a elaboração de estratégias próprias, a comparação entre diferentes procedimentos, a argumentação matemática e a utilização do erro como elemento constitutivo da aprendizagem.

Quadro 1: Exemplo de situação-problema desenvolvida durante a intervenção
Fonte: Os autores

O exemplo apresentado não corresponde a um protocolo de intervenção, mas ilustra a forma como as situações-problema foram organizadas ao longo da pesquisa. As atividades eram continuamente adaptadas às respostas dos estudantes, de modo que a mediação psicopedagógica, as estratégias de Resolução de Problemas e as condições cognitivas consideradas na intervenção eram reorganizadas conforme as necessidades evidenciadas durante o processo de aprendizagem.

A opção por um número reduzido de participantes mostrou-se coerente com a natureza qualitativa desta investigação, permitindo acompanhar em profundidade os deslocamentos produzidos ao longo da intervenção. Mais do que avaliar a eficácia de um modelo pedagógico, o estudo analisa as condições pelas quais determinadas práticas favoreceram a emergência de novas formas de produzir significados, reorganizar

estratégias e ampliar a participação dos estudantes na atividade matemática, aspectos desenvolvidos na seção seguinte.

6 Trançando sentidos: O percurso da produção e organização dos dados

A produção das materialidades constituiu parte integrante do dispositivo analítico desta investigação, reunindo procedimentos quantitativos e qualitativos para examinar tanto os conhecimentos mobilizados pelos estudantes quanto as práticas, os discursos, as estratégias e as formas de participação produzidas ao longo da intervenção. Em consonância com a perspectiva arqueogenealógica adotada, essas materialidades não foram tratadas como registros neutros da realidade, mas como produções situadas, constituídas nas interações pedagógicas e atravessadas pelas condições que organizaram o ensino e a aprendizagem.

No plano quantitativo, foram aplicados pré e pós-testes diagnósticos destinados a identificar os conhecimentos dos estudantes sobre o conceito de fração antes e após a intervenção. Os instrumentos contemplaram aspectos relacionados à relação parte-todo, equivalência, conversão entre diferentes representações e proporcionalidade, possibilitando acompanhar as mudanças observadas ao longo do processo.

No plano qualitativo, a observação sistemática das sessões constituiu a principal fonte de produção das materialidades. Além das respostas às tarefas propostas, registraram-se formas de participação, estratégias mobilizadas, momentos de hesitação, reformulações de procedimentos, interações entre os participantes e verbalizações produzidas durante as atividades. Esses registros foram complementados por entrevistas semiestruturadas realizadas ao longo da intervenção, nas quais os estudantes explicitaram suas dificuldades, estratégias e formas de atuação diante das situações matemáticas propostas.

Também integraram o corpus da investigação as produções escritas elaboradas durante a resolução das tarefas, incluindo registros gráficos, esquemas, representações e justificativas produzidas pelos próprios estudantes. Essas materialidades possibilitaram analisar não apenas os resultados alcançados, mas também os modos pelos quais diferentes estratégias, formas de participação e produções de significados se constituíram ao longo das práticas desenvolvidas.

Para a organização dos resultados apresentados neste artigo, os indicadores de engajamento dos estudantes e de percepção de redução da ansiedade matemática foram

construídos a partir da análise conjunta dos registros observacionais e dos relatos produzidos nas entrevistas, sendo posteriormente organizados em escalas ordinais de cinco níveis, utilizadas exclusivamente para fins descritivos e comparativos.

A síntese desses indicadores é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4: Desempenho dos participantes nos pré e pós-testes e indicadores qualitativos

Estudante	Pré-teste (%)	Pós-teste (%)	Variação (p.p.)[4]	Engajamento (1–5)	Percepção de redução da ansiedade matemática (1–5)[5]
Daniela	85	98	13	5	1
Fábio	30	75	45	4	3
Gabriel	50	88	38	5	2
Marina	65	92	27	4	2
Média	**57,5**	**88,25**	**30,75**	**4,5**	**1,75**

Fonte: Os autores (2026).

Os resultados quantitativos evidenciam diferenças entre os desempenhos observados no pré e no pós-teste, bem como variações nos indicadores qualitativos produzidos durante a intervenção. Nesta investigação, contudo, esses resultados não constituem elementos autônomos de análise, sendo examinados em conjunto com as observações, as entrevistas e as produções escritas dos estudantes, compondo as materialidades que sustentam a investigação.

A partir dessas materialidades, organizaram-se os principais movimentos identificados nas práticas desenvolvidas ao longo da intervenção, contemplando mudanças nas formas de resolver problemas, justificar procedimentos, produzir significados e participar da atividade matemática. Essa organização orienta a seção seguinte, na qual tais práticas, discursos e materialidades são analisados segundo o quadro teórico e metodológico construído nesta investigação.

7 Resultados e discussão: Deslocamentos produzidos na aprendizagem matemática

Os resultados desta investigação evidenciam que as mudanças produzidas durante a intervenção ultrapassam as diferenças observadas entre o pré e o pós-teste. Embora os indicadores quantitativos registrem avanços na aprendizagem do conceito de fração, sua

[4] A coluna "Variação (p.p.)" representa a diferença absoluta entre os percentuais obtidos no pré-teste e no pós-teste, expressa em pontos percentuais (p.p.), e não o ganho percentual relativo em relação ao desempenho inicial.

[5] A escala varia de 1 (ausência ou pequena redução percebida da ansiedade matemática) a 5 (redução muito acentuada). No caso de estudantes que já apresentavam baixos níveis iniciais de ansiedade, valores menores não indicam pior desempenho, mas menor possibilidade de redução ao longo da intervenção.

análise isolada não permite examinar as práticas que se constituíram ao longo da intervenção. Por essa razão, a discussão apresentada a seguir concentra-se nas materialidades produzidas durante as situações de Resolução de Problemas, considerando produções escritas, registros observacionais, entrevistas e diálogos estabelecidos entre professor e estudantes.

Essas materialidades tornam visíveis mudanças que não se restringem ao domínio conceitual, mas alcançam as formas pelas quais os estudantes passaram a resolver problemas, justificar procedimentos, participar das atividades e produzir significados matemáticos. O primeiro movimento identificado refere-se à reorganização das formas de significar o conceito de fração, particularmente evidente no percurso desenvolvido por Daniela.

Ao comparar suas respostas antes e depois da intervenção, a estudante afirmou:

> Professor: “O que você pensava sobre frações antes?”
>
> Daniela: “Eu achava que quanto maior o número de baixo, maior era a fração.”
>
> Professor: “E agora?”
>
> Daniela: “Agora eu percebi que pode ser o contrário. Se dividir em mais partes, cada pedaço fica menor.”

O diálogo evidencia uma mudança que ultrapassa a substituição de uma resposta incorreta por outra considerada adequada. Observa-se a reorganização dos critérios mobilizados pela estudante para operar com o conceito de fração. Inicialmente, sua atenção concentrava-se na comparação direta entre os numerais da representação fracionária. Após a intervenção, o inteiro e sua partição passam a constituir o elemento organizador do raciocínio desenvolvido durante a resolução do problema.

Esse movimento aparece novamente em seu diário de bordo: “Hoje eu entendi uma coisa. Antes eu fazia olhando só os números. Agora eu penso em como o inteiro foi dividido.”

Essa materialidade reforça o deslocamento observado nas práticas desenvolvidas pela estudante. A mudança deixa de incidir apenas sobre a resposta produzida e passa a envolver os próprios critérios empregados para operar com o conceito matemático. O inteiro deixa de ocupar uma posição implícita e passa a organizar a atividade desenvolvida durante a resolução das tarefas.

Situação semelhante ocorre quando Daniela justifica a alteração de uma resposta anteriormente apresentada: “Porque antes eu olhei só o numerador. Depois eu percebi que precisava ver em quantas partes o inteiro foi dividido.”

Nesse episódio, o erro deixa de aparecer como simples inadequação conceitual e passa a integrar o próprio processo de reorganização da atividade matemática. O que se modifica não é apenas o resultado obtido, mas as formas pelas quais a estudante passa a operar sobre a situação proposta, produzindo novos significados durante a resolução.

Essas materialidades mostram que a aprendizagem não se reduz à incorporação de procedimentos, mas envolve mudanças nas formas de participação e de produção de significados matemáticos, aspecto coerente com a compreensão histórico-cultural da aprendizagem (Vygotsky, 1978) e com a Resolução de Problemas entendida como espaço de produção de conhecimento (Onuchic; Allevato, 2011; Leal Junior, 2018). Sob a perspectiva psicopedagógica, evidenciam igualmente a importância de práticas que favoreçam a explicitação dos raciocínios e a reconstrução progressiva das relações estabelecidas com o conhecimento matemático.

Os movimentos observados, entretanto, não se limitaram à reorganização dos significados atribuídos ao conceito de fração. Em outros participantes, as mudanças tornaram-se particularmente visíveis na forma de enfrentar o erro, persistir diante das dificuldades e reorganizar a própria atividade durante a resolução dos problemas. Entre esses percursos, destaca-se o caso de Fábio.

O percurso de Fábio evidencia que as mudanças produzidas durante a intervenção não se restringiram à reorganização de conceitos matemáticos. Em seu caso, elas tornaram-se particularmente visíveis na forma como o erro passou a operar durante a resolução das tarefas. Se, no início da intervenção, o erro frequentemente interrompia a atividade, as materialidades produzidas ao longo do processo mostram que ele passou a integrar o próprio percurso de resolução.

Ao refletir sobre sua atuação, o estudante afirma: “Antes, quando eu errava, eu parava. Agora eu tento de novo para ver onde foi que eu errei.”

O enunciado revela uma mudança na posição ocupada pelo erro na atividade matemática. Em vez de representar o encerramento da resolução, ele passa a constituir um elemento a partir do qual o estudante reorganiza suas ações, revisa procedimentos e retoma o problema sob novas possibilidades.

Esse movimento reaparece quando, diante da oferta de uma explicação imediata, estabelece o seguinte diálogo com o professor:

Professor: “Quer que eu explique?”

Fábio: “Primeiro deixa eu tentar descobrir sozinho.”

A resposta evidencia uma mudança na forma de participação do estudante. Em lugar de aguardar a solução apresentada pelo professor, Fábio assume a reconstrução do percurso como parte da própria atividade matemática. O problema deixa de ser apenas uma tarefa a ser concluída e passa a constituir um espaço de investigação, aproximando-se da compreensão da Resolução de Problemas como prática de produção do conhecimento (Polya, 1945; Onuchic; Allevato, 2011; Leal Junior, 2018).

Outras materialidades produzidas durante a intervenção reforçam esse movimento. Ao interromper espontaneamente uma estratégia, registra: “Espera... acho que desse jeito não deu. Vou fazer diferente.” Em outra situação, durante a revisão de uma tarefa, afirma: “Agora eu vi. Eu nem estava prestando atenção no que a pergunta pedia.”

Esses registros tornam visíveis mudanças nas formas de organizar a atividade matemática. O estudante passa a interromper procedimentos pouco produtivos, revisar escolhas realizadas anteriormente e reorganizar suas estratégias durante a resolução dos problemas. O erro deixa de marcar apenas uma resposta inadequada e passa a integrar o processo de construção da própria atividade.

Sob a perspectiva psicopedagógica, tais práticas evidenciam a importância de contextos em que o erro é reconhecido como elemento constitutivo da aprendizagem, favorecendo novas formas de participação diante das dificuldades encontradas. Ao mesmo tempo, dialogam com estudos que apontam a influência das condições emocionais sobre processos atencionais e sobre a memória de trabalho (Ashcraft; Krause, 2007), indicando que ambientes pedagógicos caracterizados por segurança e valorização do processo tendem a ampliar a disponibilidade dos estudantes para revisar estratégias e permanecer engajados diante dos desafios.

Nesta investigação, contudo, tais relações não são tomadas como explicações causais para as mudanças observadas. O interesse analítico incide sobre as condições pelas quais determinadas práticas passaram a produzir um deslocamento na posição ocupada pelo erro durante a atividade matemática. As materialidades produzidas por Fábio mostram que o erro deixa de funcionar exclusivamente como marcador de insuficiência e passa a integrar legitimamente os modos de resolver, revisar e produzir conhecimento ao longo da intervenção.

Esse movimento repercute diretamente na organização das estratégias de resolução. À medida que o erro passa a constituir um recurso para reorganizar a atividade, tornam-se visíveis mudanças no planejamento, no monitoramento e na escolha dos procedimentos adotados. Essas transformações aparecem de forma particularmente evidente nas produções de Gabriel, apresentadas a seguir.

As mudanças observadas na relação com o erro repercutiram também na forma como os estudantes passaram a organizar seus percursos de resolução. Entre eles, Gabriel apresentou um conjunto de materialidades que tornam particularmente visíveis transformações relacionadas ao planejamento, ao monitoramento e à seleção de estratégias durante a resolução das situações propostas.

Ao ser questionado sobre como havia chegado à solução de uma das tarefas, estabeleceu o seguinte diálogo:

> Professor: “Como você descobriu?”
>
> Gabriel: “Eu fui mudando o jeito até encontrar um que fizesse sentido.”

O enunciado mostra que a resolução deixa de seguir um percurso linear e passa a constituir um processo de revisão contínua das estratégias empregadas. Em vez de manter um único procedimento até o final da tarefa, o estudante interrompe, modifica e reorganiza seu percurso conforme novos elementos passam a integrar a atividade desenvolvida.

Esse movimento reaparece quando compara diferentes momentos de sua atuação durante a intervenção: “Da outra vez eu fui direto na conta e errei. Agora organizei primeiro.”

A comparação evidencia uma mudança na organização da própria atividade matemática. O cálculo deixa de constituir o ponto de partida da resolução e passa a ser precedido por um momento de planejamento, no qual o estudante organiza as informações disponíveis antes de definir os procedimentos que serão empregados. Essa prática aproxima-se da compreensão da Resolução de Problemas como atividade que envolve planejamento, monitoramento e revisão contínua das ações desenvolvidas (Polya, 1945; Onuchic; Allevato, 2011; Leal Junior, 2018).

Outro aspecto recorrente nas materialidades produzidas por Gabriel refere-se ao papel das representações durante a resolução das tarefas. Ao justificar a estratégia escolhida, afirma:

Professor: “Por que você resolveu assim?”

Gabriel: “Porque desenhando eu consigo enxergar melhor as partes.”

Nessa situação, o desenho deixa de ocupar uma função ilustrativa e passa a integrar o próprio processo de resolução. A representação organiza as relações estabelecidas entre os elementos do problema e amplia as possibilidades de atuação do estudante diante da situação proposta.

Situação semelhante ocorre quando interrompe voluntariamente um procedimento para afirmar:

Professor: “O que aconteceu?”

Gabriel: “Esse jeito não está funcionando. Vou tentar outro.”

Esse registro evidencia que o estudante passa a acompanhar continuamente o desenvolvimento da própria atividade, interrompendo estratégias pouco produtivas e reorganizando seus procedimentos sempre que necessário. Planejar, representar, verificar e revisar deixam de constituir etapas independentes e passam a operar de maneira integrada durante a resolução dos problemas.

As materialidades produzidas por Gabriel indicam, assim, que as mudanças observadas não se restringem ao domínio de novas técnicas de resolução. O que se modifica é a forma pela qual diferentes estratégias passam a ser produzidas, mobilizadas e reorganizadas no decorrer da atividade matemática. Sob essa perspectiva, representar, planejar, monitorar e comparar procedimentos deixam de corresponder a exigências externas da intervenção e passam a integrar as práticas desenvolvidas pelo próprio estudante.

Esses movimentos dialogam com a literatura sobre Resolução de Problemas e com estudos da Neurociência Cognitiva que destacam a participação de processos executivos na organização da atividade matemática (Menon, 2010; Amland *et al*., 2025). Nesta investigação, entretanto, tais referenciais não são mobilizados para explicar causalmente os deslocamentos observados, mas para analisar as condições sob as quais determinadas práticas pedagógicas favoreceram outras formas de organização da atividade desenvolvida pelos estudantes.

À medida que essas práticas passam a integrar o cotidiano da resolução dos problemas, modificam-se também as formas de participação na produção e circulação do conhecimento em sala de aula. As mudanças deixam de manifestar-se apenas na

organização das estratégias individuais e tornam-se visíveis nas interações entre os estudantes, nas justificativas apresentadas e na crescente disposição para compartilhar, discutir e defender diferentes modos de resolver uma mesma situação matemática. Esse movimento aparece de forma particularmente evidente no percurso de Marina.

Os movimentos observados durante a intervenção não permaneceram restritos à produção de significados matemáticos, à reorganização das estratégias de resolução ou às novas formas de operar com o erro. Progressivamente, tornaram-se visíveis também nas formas de participação dos estudantes, que passaram a compartilhar procedimentos, justificar escolhas, confrontar diferentes estratégias e ocupar posições mais ativas na produção do conhecimento matemático. Entre os participantes, esse movimento aparece de maneira particularmente expressiva no percurso de Marina.

Ao refletir sobre sua participação durante as atividades, a estudante afirma: “Antes eu não falava porque achava que estava errado. Agora eu gosto de mostrar como eu pensei.”

Esse registro evidencia uma mudança que ultrapassa o aumento da frequência de suas intervenções. Ao longo da intervenção, Marina passa a atribuir legitimidade ao próprio percurso de resolução e a assumir uma posição mais ativa na circulação dos conhecimentos produzidos durante as atividades.

Esse movimento reaparece quando, diante do convite do professor para explicar uma resolução, responde espontaneamente:

> Professor: “Quem gostaria de explicar?”
>
> Marina: “Eu posso tentar.”
>
> Em outro momento, solicita:
>
> “Professor, posso mostrar meu jeito na lousa?”

Essas materialidades mostram que explicar deixa de corresponder apenas à apresentação de uma resposta considerada correta e passa a constituir uma prática de compartilhamento dos caminhos percorridos durante a resolução. A estudante passa a expor seus procedimentos, submetendo-os ao diálogo com os colegas e incorporando a discussão como parte da própria atividade matemática.

Situação semelhante ocorre quando identifica que utilizou um procedimento distinto daquele apresentado pelos demais estudantes:

> Professor: “Alguém fez diferente?”

Marina: “Eu fiz. Posso explicar por que escolhi esse caminho?”

Nesse episódio, a justificativa do procedimento assume maior relevância do que a simples obtenção da resposta. Diferentes estratégias deixam de aparecer como alternativas concorrentes e passam a constituir possibilidades legítimas de produção do conhecimento matemático.

Esse movimento amplia-se quando Marina comenta uma discussão realizada entre os colegas: “Agora entendi o que ele quis dizer. Meu jeito e o dele chegam na mesma resposta.”

Esse registro evidencia que diferentes formas de resolver passam a coexistir no espaço da atividade matemática, favorecendo práticas nas quais argumentar, ouvir, comparar e justificar constituem dimensões inseparáveis da produção de conhecimento.

Sob a perspectiva arqueogenealógica adotada nesta investigação, essas materialidades tornam visíveis mudanças nas formas pelas quais determinados discursos passaram a operar nas práticas pedagógicas. A valorização de diferentes estratégias de resolução, a legitimação do erro como elemento constitutivo da atividade matemática e a explicitação dos raciocínios produziram condições para que os estudantes ocupassem novas posições na circulação do saber matemático, ampliando suas possibilidades de participação.

Consideradas em conjunto, as materialidades produzidas durante a intervenção mostram que os movimentos identificados nos percursos de Daniela, Fábio, Gabriel e Marina não constituem etapas sucessivas nem dimensões independentes. A produção de significados em torno do conceito de fração, a reorganização do lugar ocupado pelo erro, as mudanças nas estratégias de resolução e a ampliação das formas de participação integram um mesmo conjunto de práticas produzidas ao longo da intervenção.

Sob esse aspecto, a aproximação entre Neurociência Cognitiva, Psicopedagogia e Resolução de Problemas não é tomada como uma síntese entre referenciais distintos, mas como um quadro analítico que possibilita examinar diferentes dimensões da atividade matemática sem reduzi-las a explicações únicas. A contribuição deste estudo reside justamente na análise das condições pelas quais determinadas práticas pedagógicas passaram a produzir novas formas de resolver problemas, organizar estratégias, produzir significados e participar da construção do conhecimento matemático.

Em razão do número reduzido de participantes e do caráter situado da investigação, essas análises não pretendem estabelecer modelos generalizáveis de

intervenção. Constituem uma análise produzida em um contexto específico, cujas materialidades contribuem para ampliar o debate sobre as condições que tornam possíveis determinadas práticas de ensino e aprendizagem em Matemática.

8 Considerações finais: Um horizonte de possibilidades

A presente investigação analisou uma intervenção pedagógica voltada à aprendizagem do conceito de frações, desenvolvida a partir do diálogo entre Neurociência Cognitiva, Psicopedagogia e Resolução de Problemas. As materialidades produzidas ao longo da intervenção mostram que os movimentos observados ultrapassam os avanços registrados nos indicadores de desempenho, alcançando mudanças nas formas pelas quais os estudantes passaram a produzir significados, reorganizar estratégias, operar com o erro e participar da atividade matemática.

Esses movimentos evidenciam que a aprendizagem não se reduz à aquisição de conteúdos ou ao domínio de procedimentos específicos. Ao contrário, constitui-se nas práticas por meio das quais aspectos cognitivos, afetivos, estratégicos e discursivos passam a operar conjuntamente durante a atividade matemática. Nessa perspectiva, os deslocamentos identificados ao longo da investigação não decorrem da adoção isolada de determinadas técnicas pedagógicas, mas das condições produzidas para que diferentes formas de resolver problemas, argumentar, revisar procedimentos e compartilhar conhecimentos se tornassem possíveis.

A principal contribuição deste estudo não consiste na proposição de um modelo prescritivo de intervenção nem na demonstração de relações causais entre determinadas práticas e o desempenho dos estudantes. Seu aporte reside na construção de um quadro analítico que possibilita examinar, de forma articulada, contribuições provenientes da Neurociência Cognitiva, da Psicopedagogia e da Resolução de Problemas, preservando as especificidades epistemológicas de cada campo e evitando reducionismos de natureza biológica, psicológica ou pedagógica.

Do ponto de vista metodológico, a perspectiva arqueogenealógica permitiu deslocar o foco da investigação da busca por explicações causais para a análise das condições pelas quais determinadas práticas passaram a operar durante a intervenção. Mais do que avaliar a eficácia de procedimentos específicos, tornou possível examinar os discursos, as práticas e as materialidades que produziram novas formas de participação,

de organização da atividade matemática e de circulação do conhecimento entre os estudantes.

Para a Educação Matemática, os resultados reforçam a importância de práticas que reconheçam a complexidade da aprendizagem e a diversidade dos modos de participação dos estudantes. Também apontam para a necessidade de processos formativos que favoreçam uma apropriação crítica dos conhecimentos produzidos pela Neurociência Cognitiva, articulando-os às contribuições da Psicopedagogia e da Resolução de Problemas sem transposições diretas ou simplificadoras para o contexto escolar.

Como toda investigação qualitativa, este estudo apresenta limites decorrentes do número reduzido de participantes, do caráter situado da intervenção e das características próprias do estudo de caso. Essas condições delimitam o alcance das análises aqui produzidas e afastam qualquer pretensão de generalização dos resultados.

Por fim, as análises desenvolvidas neste trabalho indicam possibilidades para novas investigações em diferentes níveis de ensino, conteúdos matemáticos e contextos educativos. Estudos que ampliem as materialidades analisadas e explorem outros delineamentos metodológicos poderão aprofundar a discussão sobre as condições pelas quais diferentes práticas pedagógicas passam a produzir novas formas de participação, de produção de significados e de organização da atividade matemática.

Referências

ALLEVATO, N. S. G.; ONUCHIC, L. R. Ensino-aprendizagem-avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas. In: ONUCHIC, L. R.; ALLEVATO, N. S. G.; NOGUTI, F. C. H.; JUSTULIN, A. M. (org.). **Resolução de Problemas**: teoria e prática. Jundiaí: Paco Editorial, 2014. p. 35–52.

AMLAND, Tonje; GRANDE, Germán; SCHERER, Ronny; LERVÅG, Arne; MELBY-LERVÅG, Monica. Cognitive factors underlying mathematical skills: a systematic review and meta-analysis. **Psychological Bulletin**, v. 151, n. 1, p. 88–129, 2025. DOI: 10.1037/bul0000457.

ANDERSON, J. R.; BETTS, S.; FERRIS, J. L.; FINCHAM, J. M. Cognitive and metacognitive activity in mathematical problem solving: prefrontal and parietal patterns. **Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience**, v. 11, n. 1, p. 52–67, 2011. DOI: 10.3758/s13415-010-0011-0.

ANSARI, D.; DE SMEDT, B.; GRABNER, R. H. Neuroeducation: a critical overview of an emerging field. **Neuroethics**, v. 5, n. 2, p. 105–117, 2012. DOI: 10.1007/s12152-011-9119-3.

ASHCRAFT, M. H.; KRAUSE, J. A. Working memory, math anxiety, and math performance: an individual differences perspective. **Journal of Educational Psychology**, v. 99, n. 1, p. 195–214, 2007. DOI: 10.1037/0022-0663.99.1.195.

BADDELEY, A. The episodic buffer: a new component of working memory? **Trends in Cognitive Sciences**, v. 4, n. 11, p. 417–423, 2000. DOI: 10.1016/S1364-6613(00)01538-2.

BICUDO, M. A. V. A pesquisa qualitativa em Educação Matemática: perspectivas e desafios. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, 2010.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia:** saberes necessários à prática educativa. 57. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2021.

LEAL JUNIOR, L. C. **Tessitura sobre discursos acerca de Resolução de Problemas e seus pressupostos filosóficos em Educação Matemática: cosi è, se vi pare.** 2018. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2018.

LEAL JUNIOR, L. C. **Psicopedagogia e Educação Matemática: uma arqueogenealogia das pesquisas relacionadas na última década.** 2020. Monografia (Especialização em Psicopedagogia) – Centro Universitário Barão de Mauá, Ribeirão Preto, 2020.

LEAL JUNIOR, L. C.; ONUCHIC, L. R. A way to do research in mathematics education as an archeogenealogy. **International Journal of Latest Research in Humanities and Social Science**, v. 3, n. 1, p. 81–95, 2020.

MENON, V. Developmental cognitive neuroscience of arithmetic. **ZDM Mathematics Education**, v. 42, n. 6, p. 515–525, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11858-010-0242-0

MIATELLO, V.; DANIEL, G. P. Conexões entre neurociência cognitiva e aprendizagem significativa: contribuições para o ensino de Matemática. **Revemat,** Florianópolis, v. 19, e97332, 2024. DOI: https://doi.org/10.5007/1981-1322.2024.e97332

MILBOCKER, K. A.; SMITH, I. F.; KLINTSOVA, A. Y. Maintaining a dynamic brain: a review of empirical findings describing the roles of exercise, learning, and environmental enrichment in neuroplasticity from 2017–2023. **Brain Plasticity**, v. 9, n. 1–2, p. 75–95, 2024. DOI: 10.3233/BPL-230151.

MOUSTAFA, A. A.; HEATHERINGTON, L.; TRISAPPON, P.; NAGY, T.; GLUCK, M. A. Mathematics, anxiety, and the brain. **Reviews in the Neurosciences**, v. 28, n. 4, p. 417–429, 2017. DOI: 10.1515/revneuro-2016-0065.

NOMURA, J. I. Mathematics education and cognitive neuroscience: interfaces revealed by researchers from the Canadian Laboratory Engrammetron (Educational Neuroscience and Mixed Research Laboratory). In: **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS:** SCIENCE, SOCIETY AND ACADEMIC CONNECTIONS. Seven Editora, 2024. p. 80–88. DOI: https://doi.org/10.56238/sevened2024.027-006

ONUCHIC, L. R.; ALLEVATO, N. S. G. Pesquisa em Resolução de Problemas: caminhos, avanços e novas perspectivas. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 73–98, 2011.

PEREIRA, M. X. **Construção do número em situações de Resolução de Problemas**. 2013. Monografia (Especialização) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

PINHEIRO-CHAGAS, P.; CHEN, F.; SABETFAKHRI, N.; PERRY, C.; PARVIZI, J.. Direct intracranial recordings in the human angular gyrus during arithmetic processing. **Brain Structure and Function**, v. 228, n. 1, p. 305–319, 2023. DOI: 10.1007/s00429-022-02540-8.

POLYA, G. **How to solve it.** Princeton: Princeton University Press, 1945.

POSNER, M. I.; PETERSEN, S. E. The attention system of the human brain. **Annual Review of Neuroscience**, v. 13, p. 25–42, 1990. DOI: 10.1146/annurev.ne.13.030190.000325.

ROJO, R. Pedagogia dos multiletramentos: diversidade cultural e de linguagens na escola. In: ROJO, R.; MOURA, E. (org.). **Multiletramentos na escola**. São Paulo: Parábola Editorial, 2012. p. 11–31.

ROZAL, E. F.; SOUZA, E. S. R.; SANTOS, N. T. **Aprendizagem em Matemática e Neurociência**. v. 5, n. 1, p. 143–163, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.26571/2318-6674.a2017.v5.n1.p143-163.i5349

SCHEIBE, D. A.; WAS, C. A.; DUNLOSKY, J.; THOMPSON, C. A. Metacognitive cues, working memory, and math anxiety: the regulated attention in mathematical problem solving (RAMPS) framework. **Journal of Intelligence**, v. 11, n. 6, art. 117, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/jintelligence11060117

SILVA, G. B.; FIDELIS, J. M.; GALIZA, E. Perspectivas psicopedagógicas na educação matemática: uma revisão de literatura. **Cadernos Cajuína**, v. 9, n. 6, e249603, 2024. DOI: https://doi.org/10.52641/cadcajv9i6.711

SOKOLOWSKI, H. M.; MATEJKO, A. A.; ANSARI, D. The role of the angular gyrus in arithmetic processing: a literature review. **Brain Structure and Function**, v. 228, n. 1, p. 293–304, 2023. DOI: 10.1007/s00429-022-02594-8.

TABLANTE, J.; KROSSA, L.; AZIMI, T.; CHEN, L. Dysfunctions associated with the intraparietal sulcus and a distributed network in individuals with math learning difficulties: an ALE meta-analysis. **Human Brain Mapping**, v. 44, n. 7, p. 2726–2740, 2023. DOI: 10.1002/hbm.26240.

VANINSKY, A. Educational neuroscience, educational psychology, and classroom pedagogy as a system. **American Journal of Educational Research**, v. 5, n. 4, p. 384–391, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.12691/education-5-4-6

VYGOTSKY, L. S. **Mind in society**. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

ZHOU, X.; LI, M.; LI, L.; ZHANG, Y.; CUI, J.; LIU, J.; CHEN, C. The semantic system is involved in mathematical problem solving. **NeuroImage**, v. 166, p. 360–370, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.11.017

Recebido em: 17 de abril de 2026

Aceito em: 06 de julho de 2026