

Análise neurodidática da dificuldade de aprendizagem da noção de número racional no 3º ano do Ensino Fundamental

Resumo: O objetivo deste estudo foi analisar o acompanhamento e a remediação de dificuldades de aprendizagem relacionadas à habilidade de operar com a noção de número racional no 3º ano do Ensino Fundamental. Como metodologia utilizou-se das pesquisas documental e bibliográfica, partindo-se da Base Nacional Curricular Comum, seguidas de referências da Neurociência Cognitiva e da Didática da Matemática para justificar a análise neurodidática. Nas explicações de caráter prático e considerações pedagógicas ao professor dos documentos analisados, constataram-se fragilidades que poderão ser atenuadas por princípios neurocognitivos relativos ao funcionamento atencional somados a princípios das Teorias das Situações Didáticas e da Engenharia Didática.

Palavras-chave: Análise Neurodidática. Didática da Matemática. Neurociência Cognitiva. Dificuldade de Aprendizagem. Número Racional.

Neurodidactic analysis of the difficulty in learning the notion of rational number in the 3rd year of Elementary School

Summary: The objective of this article was to analyze the monitoring and remediation of learning difficulties related to the ability to operate with the notion of rational numbers in the 3rd year of Elementary School. The methodology used was documentary and bibliographical research, based on the Common National Curricular Base, followed by references from Cognitive Neuroscience and Mathematics Didactics to justify the neurodidactic analysis. In the practical explanations and pedagogical considerations to the teacher of the documents analyzed, weaknesses were found that could be mitigated by neurocognitive principles related to attentional functioning added to principles of the Theories of Didactic Situations and Didactic Engineering.

Keywords: Neurodidactic Analysis. Didactics of Mathematics. Cognitive Neuroscience. Learning Difficulties. Rational Numbers.

Análisis neurodidáctico de la dificultad en el aprendizaje de la noción de número racional en 3º de Educación Primaria

Resumen: El objetivo de este artículo fue analizar el seguimiento y la remediación de las dificultades de aprendizaje relacionadas con la capacidad de operar con la noción de números racionales en el 3er año de Educación Primaria. Como metodología se utilizó la investigación documental y bibliográfica, partiendo de la Base Curricular Nacional Común, seguido de referencias de la Neurociencia Cognitiva y de la Didáctica de la Matemática para justificar el análisis neurodidáctico. En las explicaciones prácticas y consideraciones pedagógicas brindadas al docente en los documentos analizados, se encontraron debilidades que podrían ser mitigadas con principios neurocognitivos relacionados con el funcionamiento atencional combinados con principios de las Teorías de Situaciones Didácticas y la Ingeniería Didáctica.

Palabras clave: Análisis Neurodidáctico. Didáctica de las Matemáticas. Neurociencia Cognitiva. Dificultad de Aprendizaje. Número Racional.

Angelita Fülle


Universidade de São Paulo
Indaiatuba, SP — Brasil

 0009-0004-8319-373X

✉ angelitafulle@usp.br

Daniela Maria Oliveira Bonci


Universidade de São Paulo
São Paulo, SP — Brasil

 0000-0002-2329-2427

✉ dbonci@usp.br

Laerte Silva da Fonseca

Universidade de São Paulo
São Paulo, SP — Brasil

 0000-0002-0215-0606

✉ laertefonseca@usp.br

Recebido • 06/12/2024

Aceito • 07/03/2025

Publicado • 15/04/2025

Artigo

1 Introdução

O objetivo do estudo foi analisar o acompanhamento e a remediação de dificuldades de aprendizagem relacionadas à habilidade de operar com a noção de número racional no 3º ano do Ensino Fundamental. Para tanto, foram selecionados um manual didático-metodológico, o qual faz parte da *Coleção Desafio da Matemática*, integrante do Programa Nacional do Livro e do Material Didático, com foco na habilidade EF03MA09¹, prescrita na Base Nacional Comum Curricular — BNCC (Brasil, 2017).

A motivação para esta análise nasceu da inconformidade quanto ao baixo rendimento acadêmico de estudantes na área de Matemática, apesar dos avanços científicos atualmente sobre aprendizagem, principalmente à luz das evidências das Neurociências.

Um indicativo relevante para este estudo são os resultados do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), conduzido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), do qual participam 81 países. Observa-se um significativo distanciamento entre o desempenho acadêmico dos estudantes franceses e brasileiros. O PISA avalia as áreas de Leitura, Matemática e Ciências e, apesar de a França ter perdido algumas posições, ocupa atualmente a 22ª posição em Matemática e Ciências e a 24ª em Leitura. Já o Brasil, mesmo melhorando seu desempenho no decorrer dos anos, encontra-se nas 65ª, 62ª e 52ª posições, respectivamente (Brasil, 2023). É notável que a Matemática apresenta o pior desempenho nessa comparação entre os dois países e, se comparado aos 81 participantes, mantém-se distante das melhores classificações.

O desempenho dos estudantes na área da Matemática está em tão baixos patamares que provoca inquietações. Elementos como a formação docente, a qualidade dos recursos didáticos utilizados nas escolas, as dificuldades de aprendizagem, as concepções didáticas e metodológicas e outras questões que envolvem o processo de ensino e de aprendizagem podem ser as causas desse cenário. Porém, a principal pergunta a ser respondida neste estudo foi: como se organizam didaticamente e que referências neurocientíficas podem embasar as situações de aprendizagem propostas aos estudantes visando à efetividade nesse processo? Há clareza nas definições dos princípios didáticos utilizados? Esses possuem relação com o campo das Neurociências? O caminho percorrido na busca de respostas decorreu das pesquisas documental e bibliográfica para compreender quais contribuições auxiliariam no aprimoramento de aspectos específicos de um manual de acompanhamento e remediação de dificuldades de aprendizagem na área de Matemática, considerando as teorias da Didática da Matemática e da Neurociência Cognitiva. Baseando-se no objetivo geral, foram propostos os seguintes objetivos específicos: (i) analisar com base na Neurociência Cognitiva como o recrutamento da atenção pode contribuir para a aprendizagem efetiva em sequências didáticas para acompanhamento e remediação da aprendizagem; (ii) apresentar as diferentes tipologias da Teoria das Situações Didáticas (TSD) para alinhá-las com as funcionalidades da atenção neste contexto; (iii) sugerir a Engenharia Didática como um método para estruturar e organizar as situações didáticas a serviço da aprendizagem efetiva; e (iv) desenvolver uma análise neurodidática, detectando impactos na aprendizagem da noção de número racional.

A partir desses objetivos, o desenvolvimento deste estudo envolve a descrição do manual citado, abordando sua estrutura, a proposta de sequência didática, apresentação EF03MA09, os exercícios propostos, a forma como os saberes matemáticos são elucidados. Na sequência, foram abarcados conhecimentos oriundos de teorias da Didática da Matemática de origem francesa, como a Teoria das Situações Didáticas (TSD) de Brousseau (1986) e a Engenharia Didática Clássica de Artigue (1988), bem como teorias da Neurociência Cognitiva,

¹ Associar o quociente de uma divisão com resto zero de um número natural por 2, 3, 4, 5 e 10 às ideias de metade, terça, quarta, quinta e décima partes (Brasil, 2017, p. 287).

especificamente as relacionadas à atenção, apresentadas por Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006). A escolha desse conteúdo e nível de ensino se justifica porque representa o momento fundamental na jornada escolar dos estudantes, marcado pela inserção de um novo conteúdo matemático.

Por fim, a análise neurodidática das situações de aprendizagem matemática apresentada no manual revelou fragilidades, como não contemplar por completo a habilidade EF03MA09 da BNCC, a necessidade de reestruturação dos enunciados das questões das sequências didáticas para a mobilização do recurso cognitivo da atenção, bem como a importância de embasá-la nas tipologias da TSD. Esta análise foi pautada nos princípios da Engenharia Didática, considerando o estudante como ator do processo de construção de conhecimento e o professor como mediador para a aprendizagem efetiva.

2 Uma análise documental do *Manual de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem*

A *Coleção Desafio da Matemática*, além dos livros didáticos na versão do estudante e do professor, é composta pelo *Livro de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem* e o *Manual de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem*. Do 2º ao 5º ano, o Livro é composto pela revisão de conhecimentos, com o objetivo de acompanhar e avaliar a aprendizagem dos estudantes, bem como propor a remediação de dificuldades de aprendizagem.

O *Livro de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem* está contido integralmente no *Manual de Prática e Acompanhamento da Aprendizagem*, contudo, não está disponível no formato digital. Por essa razão, o *Manual* é o foco da presente análise. Seu propósito é subsidiar a atuação docente no uso do livro como recurso didático, além de auxiliar no planejamento das aulas e na remediação de dificuldades de aprendizagem em relação aos conteúdos propostos. A organização didática e metodológica do *Manual* é composta por uma apresentação, o plano de desenvolvimento anual, a proposta de sequências didáticas, a distribuição das habilidades da BNCC ao longo da obra, explicações de caráter prático e considerações pedagógicas, referências bibliográficas comentadas e listas de exercícios. No *Plano de Desenvolvimento Anual*, é apresentada uma sugestão de planejamento para o ano letivo, subdividido em bimestres, com sequência estrutural de conteúdos e itinerário a ser seguido pelo professor. Além disso, disponibiliza planos de aulas para a realização das práticas propostas no *Livro de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem*. Embora organizadas por bimestres, essas práticas também podem ser adaptadas para um planejamento trimestral. O *Manual* ainda indica, de forma detalhada, as páginas específicas do livro a serem utilizadas em cada aula.

Conforme descrito no documento da BNCC (Brasil, 2017, p. 286), a noção de número racional está caracterizada na unidade temática referente a números em geral e corresponde aos “significados de metade, terça parte, quarta parte, quinta parte e décima parte”, que está previsto para ser desenvolvido no 3º ano do Ensino Fundamental. Essa unidade temática corresponde a uma habilidade específica descrita como “(EF03MA09) Associar o quociente de uma divisão com resto zero de um número natural por 2, 3, 4, 5 e 10 às ideias de metade, terça, quarta, quinta e décima partes” (Brasil, 2017, p. 287).

A análise do *Manual de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem* revela que os conteúdos referentes à noção de número racional, conforme apresentados nele, parecem incompletos em relação ao que está descrito na BNCC. Observa-se que a abordagem privilegia a descrição e a construção do significado de metade e terça parte, seguidas pela noção de divisão exata, mas ficam excluídos os significados de quarta, quinta e décima parte, conforme previsto no documento normativo. Esses conteúdos estão distribuídos entre as páginas 27 e 30 do *Livro de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem*, as quais correspondem às páginas 67 a 69 do *Manual* analisado.

2.1 Descrição da proposta de sequência didática

O *Manual* é organizado em duas sequências didáticas, propostas para a aplicação do *Livro de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem*, sendo uma para cada semestre. Cada sequência é composta pelos seguintes itens: tema, recursos, unidade temática, encaminhamentos, objetivos, habilidades da BNCC e aulas. Cada aula, por sua vez, contém os seguintes itens: conteúdo específico, recursos didáticos e encaminhamentos. A proposta das sequências didáticas prevê um total de sete aulas para ser implementada.

Assim, segue um exemplo hipotético (Quadro 1), porém, análogo à organização da sequência didática do *Livro de Práticas de Acompanhamento da Aprendizagem*, contido no *Manual*, uma vez que a editora proíbe a reprodução da versão digital.

Quadro 1: Exemplo hipotético 1

<i>Tema:</i> Grandezas e Medidas
<i>Objetivos</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre unidades de medida. ▪ Relembrar unidades de medida de comprimento e medir comprimento em centímetros.
<i>Habilidades da BNCC favorecidas</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ (EF03MA17) Reconhecer que o resultado de uma medida depende da unidade de medida utilizada. ▪ (EF03MA19) Estimar, medir e comparar comprimentos, utilizando unidades de medida não padronizadas e padronizadas mais usuais (metro, centímetro e milímetro) e diversos instrumentos de medida.
<i>Aula 1</i>
<i>Conteúdo específico:</i> medidas de comprimento
<i>Recursos didáticos:</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ livro prática e acompanhamento da aprendizagem ▪ papel sulfite ▪ régua
<i>Encaminhamentos</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fazer uma roda de conversa com os estudantes para informar que vão estudar unidades de medida. ▪ Pedir que observem a sala de aula e questionar: tudo tem a mesma medida? Há uma mesma maneira de medir os objetos? Entre outros questionamentos. ▪ Propor que façam a medição dos objetos de interesse. ▪ Realizar os exercícios 3 e 4 da lista 2 do <i>Livro</i>.

Fonte: Elaboração própria

É importante considerar que o documento analisado apresenta explicações e considerações a respeito de possíveis dificuldades dos estudantes na resolução das atividades e exercícios, bem como sugestões para remediá-las. Há duas seções distintas que organizam o trabalho pedagógico: uma corresponde a práticas e revisão de conhecimentos e a outra ao acompanhamento da aprendizagem.

No *Manual de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem*, está previsto o intervalo das páginas de 27 a 30 para exercícios que abordam a habilidade EF03MA09. Nas páginas 27 e 28, constam os que englobam ideias de divisão, reforçando a importância do reconhecimento pelo estudante de duas ideias principais: (1) repartir igualmente e (2) identificar quantas vezes uma quantidade cabe em outra.

Na página 29, aborda-se a noção de metade que, em essência, deve ser compreendida

como a divisão exata de uma quantidade distribuída em duas partes. Na sequência, na página 30, encontra-se a noção de terço, a qual equivale à distribuição de certa quantidade em três partes iguais, resultando também em uma divisão exata.

2.2 Estruturação, organização e resolução de exercícios propostos

No *Manual de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem*, a página 29 do *Livro de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem* trata do significado de metade, enquanto a 30 aborda o significado de terça parte. Ambas seguem a estrutura análoga na organização do conteúdo para apresentação do conteúdo matemático e resolução de exercício.

Para ilustrar os enunciados utilizados, segue um exemplo: Para determinar a metade de um número, dividimos por 2. Joana comprou 14 maçãs no mercado e deu a metade para sua amiga. Com quantas maçãs cada uma ficou?

Ao lado da situação-problema, há uma imagem representando uma menina, segurando uma caixa de maçãs em cada mão, cada uma das caixas contendo sete maçãs. Esse recurso visual, aliado à explicação escrita, fornece uma contextualização simplificada para auxiliar a compreensão do estudante. Além disso, há uma instrução objetiva, expondo a definição de metade.

Na sequência dessa imagem, segue um conjunto de três exercícios. No Quadro 2, apresenta-se um exemplo análogo aos exercícios propostos no material.

Quadro 2: Exemplo hipotético 2

1. Complete a frase com o número correto:
 - a) A metade de 10 é _____.
 - b) A metade de 12 mangas são ____ mangas.
 - c) A metade de 8 litros de suco de laranja são _____ litros.
2. Uma receita de limonada usa meia dúzia de limões e 2 copos de leite. Roberta quer fazer metade dessa receita.
 - a) Quantos limões ela vai utilizar? _____
 - b) Quantos copos de leite ela vai utilizar? _____
3. Complete as frases com os números correspondentes:
9 6 12
 - a) A metade de 18 ovos é _____.
 - b) A metade de duas dúzias é _____.
 - c) A metade de uma dúzia é _____.

Fonte: Elaboração própria

Uma estrutura didática análoga é empregada para apresentação do significado de terça parte. O conteúdo é apresentado por meio de uma situação-problema simples, acompanhada de uma imagem ilustrativa. Além disso, é disponibilizado um conjunto de três exercícios. O primeiro exercício é igual ao demonstrado acima, contudo, é ampliado o número de itens a serem respondidos. Já o segundo e o terceiro consistem em problemas matemáticos de nível mais simples, cada um com uma única resposta. Essas questões envolvem situações de divisão exata, nas quais o quociente é igual a 3 (três).

3 Referencial teórico: elementos para análise neurodidática

A análise neurodidática integra conhecimentos advindos da Didática da Matemática — especificamente a Teoria das Situações Didáticas (TSD) e a Engenharia Didática Clássica — e da Neurociência Cognitiva, com ênfase nos processos atencionais estudados pela Psicologia

Cognitiva. Com base nessa perspectiva, foram definidos critérios para a análise neurodidática das dificuldades de aprendizagem da noção de número racional que serão aplicados no *Manual de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem*, como apresentado no Quadro 3.

Quadro 3: Critérios para a análise neurodidática

Ordem	Referencial	Critério	Caracterização
1 ^a	Neurociência Cognitiva	Identificação de recrutamento da atenção	Sinais de elementos de detecção, seletividade e sustentação da atenção (Gazzaniga, Ivry e Mangun, 2006; Sternberg, 2008)
2 ^a	Teoria das Situações Didáticas	Verificação de tipologias das Situações Didáticas	Elementos das fases de ação, formulação, devolução, validação, institucionalização (Brousseau, 2008)
3 ^a	Tipologias das situações didáticas	Existência de Sequência Didática	Informações sobre situações estruturadas ao longo de uma quantidade de aulas com relações entre si. O objetivo dela é permitir a aquisição de saberes, não esgotando o conteúdo trabalhado, considerando, as necessidades e dificuldades dos estudantes nesse processo. (Brousseau, 2008).
4 ^o	Engenharia Didática	Identificação de dispositivos comunicáveis e reprodutíveis	Elementos das fases análises preliminares, concepções e análise <i>a priori</i> , experimentação, análises <i>a posteriori</i> e validação (Artigue, 1988)

Fonte: Elaboração própria

3.1 Princípios da Didática da Matemática

A Didática de Matemática, segundo Almouloud (2007), desenvolveu-se na França na década de 1970, no contexto da reforma da Matemática Moderna e do advento das ideias de Piaget sobre o desenvolvimento da inteligência e a aquisição de conceitos fundamentais. Abarcou a preocupação de estudar os problemas de ensino de conteúdos matemáticos, decorrentes das exigências próprias do saber matemático. Segundo Serra *et al.* (2024, p. 26), “a didática da Matemática possibilita a compreensão das diferentes formas e práticas de interação entre professores e alunos no contexto das circunstâncias de ensino e aprendizagem da Matemática, viabilizando a organização do seu ensino”.

Ela se ocupa de diferentes teorias, entre as quais a Teoria das Situações Didáticas (TSD) de Brousseau (2008), baseada na psicologia de Jean Piaget; a Engenharia Didática Clássica, ou de primeira geração, desenvolvida nos anos 1980 por Chevallard (2009), Brousseau (1982) e posteriormente por Artigue (1998); e a Teoria dos Níveis de Funcionamento do Conhecimento de Robert (1998), que embasa suas pesquisas no âmbito da psicologia de Vygotsky. No presente estudo, o enfoque será direcionado à TSD e à Engenharia Didática Clássica.

Após a década de 1970, Guy Brousseau, por meio de seu artigo *Fundamentos e Métodos da Didática da Matemática* (1986), incorporou à Didática da Matemática noções de variações didáticas, teoria das situações e contrato didático. Além de expandir o triângulo pedagógico estudante-professor-saber, ele enfatizou que “não se deve, unicamente, limitar-se à sala de aula para estudar o ensino e a aprendizagem, é preciso considerar a organização do sistema educativo (programas, currículo, material pedagógico, livros didáticos, horários etc.)” (Almouloud, 2007, p. 26)

Nesse sentido, a Didática da Matemática fundamenta a necessidade de se analisarem os

documentos didáticos, sua organização e estrutura de exercícios relacionados aos conteúdos matemáticos ensinados na escola. Sobre a TSD e sua influência na sala de aula, é importante destacar que

esta teoria traz reflexões da forma como podemos arquitetar e expor o conteúdo matemático aos educandos, de maneira a se obter uma educação que tenha sentido e contexto para o estudante. Uma situação didática é estabelecida quando ocorrem relações pedagógicas entre a tríade professor, aluno e o conhecimento matemático em situação de aprendizagem, levando em consideração o meio. Para compreender a interação entre o espaço maior da vida e o ambiente escolar, ou seja, a vida cotidiana e a vida acadêmica do educando, faz-se alusão a situações adidáticas que consiste na busca do aluno por soluções, de forma autônoma, em uma situação que foge ao controle do professor (Barbosa, 2016, p. 1).

A seguir, observa-se um mapa conceitual que apresenta alguns dos princípios da TSD, criado por Guy Brousseau (2008), ilustrado na Figura 1.



Figura 1: Princípios da Teoria das Situações Didáticas (Elaboração própria)

Como forma de associar a TSD à proposta de sequências didáticas apresentadas no livro didático analisado, é importante compreender que uma sequência didática define-se como

uma série de situações que se estruturam ao longo de uma quantidade de aulas prefixadas. Devidamente estruturadas, essas situações têm como objetivo tornar possível a aquisição dos saberes bastantes claros, se esgotar o assunto trabalho. Desse modo, uma sequência didática não pode, a priori, ter tempo de duração estipulado de acordo com o programado, pois o seu cumprimento leva em conta as necessidades e as dificuldades durante os alunos durante o processo. (Teixeira e Passos, 2014, p. 162).

Brousseau (1986) desenvolveu um modelo teórico para auxiliar a prática de professores de Matemática na apresentação de conteúdos nas aulas do Ensino Básico, orientando o estudante a desenvolver atividades que oportunizem a apropriação de novos saberes. Artigue (1988) utiliza a TSD para embasar a metodologia da Engenharia Didática. Por sua vez, essa se ocupa de construir uma teoria pautada nas situações didáticas, configurando uma metodologia que, de forma específica, recruta uma relação entre ação e investigação nas situações didáticas em sala de aula. O termo *Engenharia Didática*

foi “cunhado” para o trabalho didático como sendo aquele que é comparável ao trabalho do engenheiro que para realizar um projeto preciso se apoia sobre conhecimentos científicos de seu domínio, aceita submeter-se a um conjunto do tipo científico, mas, ao mesmo tempo, se vê obrigado a trabalhar sobre objetos bem mais complexos que os objetos depurados da ciência e, portanto, a enfrentar praticamente, com todos os meios de que dispõe, problemas que a ciência não quer ou não pode levar em conta (Artigue, 1998, p. 283).

Sendo basilares Artigue (1988), Almouloud (2007) e Almouloud e Silva (2021), apresenta-se a Figura 2 com os princípios da Engenharia Didática.

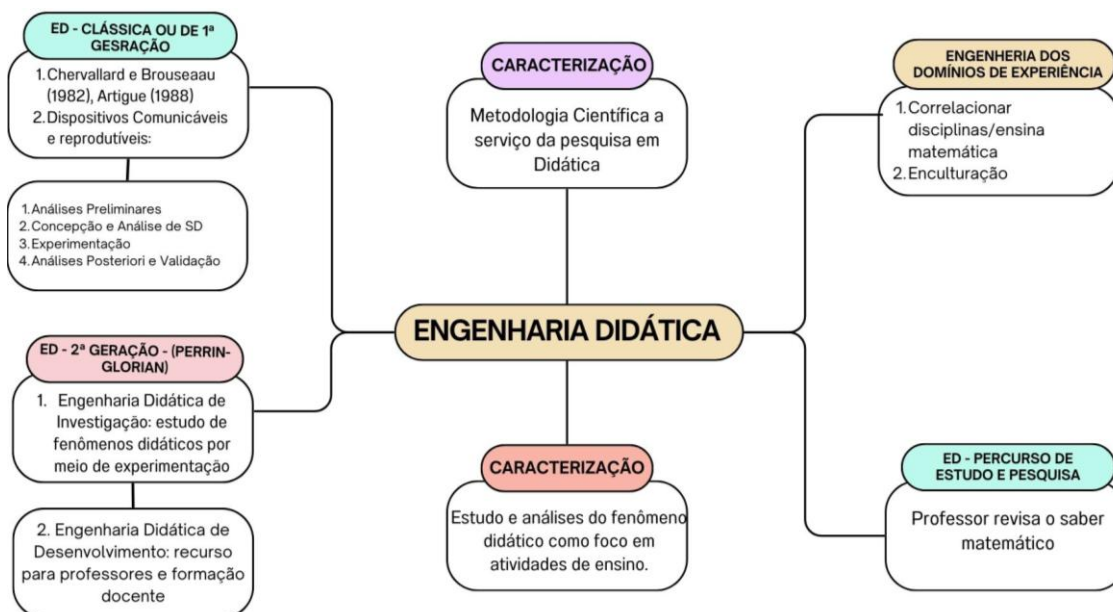


Figura 2: Princípios da Engenharia Didática (Elaboração própria)

Aliada às tipologias das situações didáticas descritas por Brousseau (2008), bem como à definição de sequência didática, agregar-se-á, nesta análise, a ideia de Almouloud e Silva (2012), a qual aborda com maior profundidade os princípios da Engenharia Didática Clássica. Esses princípios perpassam as fases de análise preliminar do quadro teórico didático geral, a concepção e análise *a priori* das situações didáticas existentes, considerando variáveis macrodidáticas e microdidáticas, a experimentação, consistindo na aplicação da sequência didática, e, por fim, análise *a posteriori* e validação.

Com uma compreensão clara sobre os tipos de sequências didáticas e como elas podem se beneficiar dos princípios da Engenharia Didática Clássica, será possível compreender melhor como as sequências didáticas do livro didático poderiam ser melhor estruturadas para promover a mobilização da noção de número racional.

3.2 Princípios da Neurociência Cognitiva

O termo Neurociência Cognitiva, segundo Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006), surgiu em Nova York também na década de 1970 e, em segunda análise, é possível compreender que ocorre concomitantemente ao surgimento da Didática da Matemática na França. Até então, a Psicologia Cognitiva já tinha suposições sobre como se percebe, aprende-se, pensa-se e age-se, como informa Sternberg (2008). Contudo, esse novo termo propôs estudos sobre o funcionamento da mente humana, pautados no paradigma de aquisição e processamento da informação, que ocorrem a partir de transformações internas.

Kandel *et al.* (2014), em seu livro *Princípios de Neurociências*, relataram que o sistema

nervoso humano é organizado em (1) central e (2) periférico. A periferia é uma região onde estão localizados os órgãos do sentido, responsáveis por captar informações, que são enviadas ao encéfalo. Esse processo é fundamental para o processamento, decodificação, compreensão, armazenamento e evocação das informações extraídas.

Sob o ponto de vista orgânico, explica-se que a atividade simultânea de diferentes conjuntos de neurônios, por meio de uma ação integrativa do encéfalo, gera a cognição. Portanto, o estudo do encéfalo deve compreender essa parte do sistema nervoso como um órgão de processamento da informação. Os conjuntos de células que dão origem à cognição são estruturados de forma precisa e ordenada, podendo sofrer alterações de acordo com a atividade e o aprendizado.

Nesse nível interno e orgânico, a Psicologia Cognitiva se debruça para estudar e recebe a Neurociência Cognitiva como um aprimoramento técnico e científico. Ambas estudam o funcionamento da cognição humana e das suas estruturas. Assim, buscam compreender como ocorrem processos em nível mental envolvendo a atenção, a linguagem, a memória, a percepção e o comportamento. “O termo ‘cognição’ refere-se a todos os processos pelos quais os sinais de entrada sensoriais são transformados, reduzidos, elaborados, armazenados, recuperados e utilizados [...]”. (Neisser, 1967 *apud* Kandel *et al.*, 2014, p. 238).

Todavia, a cognição humana depende diretamente de dois processos para aquisição e processamento ativo da informação – atenção e consciência. Segundo Sternberg (2008), a atenção consciente serve a três propósitos: ajuda a monitorar a interação dos indivíduos com o ambiente, a estabelecer relação do passado com o presente, construindo um sentido para as experiências, e, por último, controlar e planejar as ações futuras, baseando-se nas informações do monitoramento e das ligações entre o passado e o presente.

Dessa forma, pode-se compreender que a cognição, como processo envolvido no tratamento da informação, conecta-se diretamente com a aprendizagem.

A palavra aprendizagem, portanto, envolve um indivíduo com seu cérebro, capturando informação do ambiente, mantendo-a por algum tempo e, eventualmente, recuperando-a e utilizando-a para orientar o comportamento subsequente. O conceito de aprendizagem superpõe-se largamente com o de memória, embora ambos devam ser distinguidos, considerando memória como processo completo, e aprendizagem, apenas como o estágio de aquisição (Lent e Buchweitzm, 2018, p. 56.)

Assim, compreender o que é e como funciona a atenção é condição essencial para seleção de estímulos alinhados a propostas didáticas e metodológicas eficientes na promoção da aprendizagem efetiva. Portanto, compreende-se que:

Atenção é o meio pelo qual selecionamos e processamos uma quantidade limitada de informação dentre todas as informações capturadas por nossos sentidos, nossas memórias armazenadas e outros processos cognitivos [...]. A atenção inclui processos conscientes e inconscientes [...], pois se uma pessoa prestasse atenção consciente a tudo a sua volta, logo se sentiria sobrecarregada. (Sternberg, 2008, p. 107).

A atenção desempenha quatro funções básicas: detecção de sinal e vigilância, busca, atenção seletiva e atenção dividida. Sendo uma função cognitiva importante para a aquisição de qualquer informação proveniente do ambiente, compreender os processos envolvidos nela contribui para melhor estruturar a estimulação do ambiente, favorecendo novas aprendizagens.

O Quadro 4, baseado em Sternberg (2008), descreve cada uma das funções da atenção, com foco na coleta de informações do ambiente.

Quadro 4: Funções da Atenção

Função	Descrição	Exemplos
Detecção de sinal e vigilância	Tenta detectar o surgimento de estímulos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Em um submarino de pesquisa, presta atenção em sons intermitentes e incomuns ▪ Em uma rua escura, tenta detectar sinais ou sons indesejados ▪ Após um terremoto, deve-se ter cautela em relação a cheiro de gás ou de fumaça
Busca	Fazem-se buscas ativas por determinados estímulos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ao detectar fumaça (pela vigilância), faz-se uma busca ativa pela origem da fumaça ▪ Procura chaves, óculos e outros itens dos quais sentiu falta
Atenção seletiva	Escolhe atentar para alguns estímulos e ignorar outros. Focar a atenção ajuda a executar outros processos cognitivos, como a compreensão verbal ou a solução de um problema	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presta-se atenção à leitura de um livro ou assiste-se a uma aula enquanto se ignoram estímulos, como um rádio próximo ou conversas paralelas em sala de aula
Atenção dividida	Consegue realizar mais de uma tarefa ao mesmo tempo e redireciona os recursos atencionais, distribuindo-os segundo as necessidades.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Em muitas situações, motoristas conversam enquanto dirigem, mas, se algo surge como potencial risco, eles param de conversar e focam sua atenção no trânsito

Fonte: Elaboração própria

Por meio da apresentação do Quadro 4, é possível compreender que a definição de estímulos adequados, alinhados aos conteúdos curriculares e a experiências de aprendizagem significativas e eficientes, é uma ação imprescindível para a extração da informação do ambiente com sucesso. O conhecimento sobre os tipos de atenção influencia também a decisão quanto à escolha desses estímulos, uma vez que afeta a conexão entre a informação extraída do ambiente e o repertório já existente nos estudantes. Ao entender como o sistema nervoso seleciona o estímulo a partir da atenção, ou pode compartilhá-la durante a realização de tarefas, surge uma via interessante para a organização de sequências didáticas mais eficientes, quanto à captação e ao processamento da informação.

A partir dos constructos da Psicologia e da Neurociência Cognitiva, evidencia-se a relevância da atenção e de seus processos na promoção da aprendizagem efetiva na vida humana, bem como na construção de conceitos e habilidades no ensino regular. Considerando a atenção como uma função cognitiva e um princípio neurocientífico fundamental para aprendizagem, surge a necessidade de questionar: Diante das habilidades previstas na BNCC, das sequências didáticas estruturadas no documento analisado e da compreensão dos princípios da Didática da Matemática e das funções da atenção, baseadas na Psicologia e na Neurociência Cognitiva, quais vias são possíveis para aprimorar as sequências e potencializar a aprendizagem efetiva da noção de número racional no 3º ano do Ensino Fundamental?

4 Análise neurodidática sobre a dificuldade de aprendizagem da noção de número

racional no 3º ano do Ensino Fundamental

Verifica-se, em primeira análise, que o *Manual de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem* da *Coleção Desafio Matemática* apresenta fragilidades na relação com a BNCC. Ao explorar a habilidade EF03MA09, que contempla a noção de número racional, observa-se a ausência de significados essenciais, como quarta, quinta e décima partes, restringindo-se apenas à metade e à terça parte em contextos de divisão exata. Considerando que o *Manual* pretende trabalhar com acompanhamento da aprendizagem e remediação de dificuldades, a falta desses conhecimentos no 3º ano do Ensino Fundamental, etapa em que o currículo introduz esse saber na jornada escolar, possivelmente provocará uma lacuna no processo de aprendizagem dos estudantes.

A ausência de elementos da Didática da Matemática como referencial no *Manual* é algo significativo, uma vez que essa área fundamenta os procedimentos didáticos e instrucionais adequados ao ensino do saber matemático. Embora haja uma preocupação com atividades, recursos pedagógicos e metodologias inovadoras, não há indicação de bibliografia ou artigos que ofereçam orientações didáticas específicas para se ensinar Matemática. O objetivo do *Manual* é auxiliar o professor no acompanhamento, na avaliação e na remediação de dificuldades de aprendizagem sobre número racional, além de orientar o planejamento docente. No entanto, esses aspectos são atendidos parcialmente devido à ausência de fundamentação didática. Tanto as formas de remediação quanto o próprio planejamento do professor necessitam de fundamentos didáticos para práticas instrucionais para que possam efetivamente contribuir para a aprendizagem do saber matemático. Sobre o primeiro critério, é interessante considerar que conexões entre o repertório prévio dos estudantes e as novas informações a serem adquiridas contribuem para a compreensão do significado do conteúdo apresentado. No *Manual*, os enunciados das questões apresentam fragilidades nesse sentido, pois carecem de elementos que promovam essa conexão. Assim, indica-se um alinhamento dos enunciados dos exercícios propostos às situações vivenciadas pelos estudantes em seu cotidiano, tornando os conteúdos mais significativos para eles.

Uma pesquisa realizada sobre Educação Matemática justifica a relevância da relação do repertório dos estudantes com os conteúdos, utilizando trechos da própria BNCC:

A unidade temática Números visa que o aluno desenvolva o pensamento numérico “que implica o conhecimento de maneiras de quantificar atributos de objetos e de julgar e interpretar argumentos baseados em quantidades” (p. 268). Nesta perspectiva de formação, os alunos necessitam desenvolver, entre outras, “as ideias de aproximação, proporcionalidade, equivalência e ordem, noções fundamentais da Matemática” a partir de “situações significativas, sucessivas ampliações dos campos numéricos”, em que “devem ser enfatizados registros, usos, significados e operações” (Brasil, 2017, p. 268 *apud* Almouloud e Silva, 2021, p. 135).

Essas conexões contribuem para aumentar a relevância da nova informação e manter o foco atencional por mais tempo para captá-la com maior precisão. Assim, serão evocados esquemas cognitivos com informações prévias do contexto de vida do estudante que poderá associá-las aos conhecimentos recém-adquiridos. Considerando que o *Manual de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem* tem como propósito acompanhar a aprendizagem e contribuir para a superação de dificuldades, é relevante embasar propostas de ensino a partir de conhecimentos neurocientíficos sobre a atenção.

Segundo Silva, Fonseca e Correia (2020, p. 251), “a atenção é um dos pilares da aprendizagem, pois sem ela a facilitação da passagem das informações ao longo das sinapses

com a finalidade de formar memórias duradouras não seria possível”. E, por fim, sem a consolidação de uma nova informação ou conhecimento em memória de longo prazo, não haverá aprendizagem efetiva, o que dificultará novas aprendizagens.

Para obter a sustentação do foco atencional do estudante para captação da informação, é possível utilizar os princípios da TSD, conforme os critérios 2 e 3, citados no Quadro 3. Esses propõem a oferta de *bons problemas* para desencadear no estudante a busca por um novo saber que somente se entenderá por aprendido quando aplicado em situações fora do contexto de ensino (Brousseau, 2008). Assim, a história matemática de um problema que aborda um conceito matemático necessita estar imersa em situações do cotidiano e ser funcional em sua vida diária, mantendo o estudante atento ao que é necessário assimilar.

Diferenciar problemas matemáticos que servem à aprendizagem efetiva de exercícios é um item importante a ser considerado nesta análise. O estudo *O ensino de números naturais e suas operações via Resolução de Problemas: uma análise em livros didáticos* pode contribuir para esse entendimento ao indicar que se

diferencia problema e exercício ao destacar que uma situação matemática se torna um problema quando exige a mobilização de conceitos, princípios e conhecimentos matemáticos prévios, que não pertencem diretamente ao conteúdo que está sendo aprendido. Em contrapartida, se a situação de Matemática requer apenas o uso direto de fórmulas, essa situação se torna um exercício (Lazarini, Mendes e Proença, 2024, p. 2).

A partir desse contexto, a formulação de bons problemas matemáticos deve levar em consideração o estado mental de vigilância do estudante, visto que ele influencia diretamente o nível de alerta necessário para captar e selecionar estímulos e informações de maneira consciente. O comportamento de alerta está intrinsecamente relacionado aos processos de detecção, busca e seleção da informação, bem como à sustentação da atenção (Gazzaniga, Ivry e Mangun, 2006; Sternberg, 2008). Se a instrução didática não possuir elementos que possibilitem ao estudante manter a atenção pelo tempo necessário para buscar, detectar e selecionar informações, prejuízos ocorrerão em sua apropriação, criando uma lacuna na compreensão de um conceito ou saber. Ao aliar TSD com os princípios da Neurociência Cognitiva, problemas matemáticos bem estruturados devem recrutar com eficiência a atenção do estudante.

Nesse sentido, um estudo de Fonseca (2019) demonstra escolhas para compreender o processo de aprendizagem. Considerando o Ensino Médio e o Ensino Superior no Brasil e na França por meio da priorização da noção de Funções Trigonométricas, o estudo contribui para a compreensão do que é necessário “redimensionar reflexões sobre a causa dos fenômenos das dificuldades escolares, mobilizando esforços para mobilizar sua evolução e contágio nos níveis subsequentes de ensino de Matemática, primordialmente” (Fonseca, 2019, p. 127). Por esse motivo, agregar a Didática da Matemática e a Neurociência Cognitiva é um caminho promissor para avanços educacionais que levem a patamares maiores de desempenho acadêmico.

Por isso, na mobilização da noção de número racional prevista para o 3º ano do Ensino Fundamental, pode-se, por exemplo, estruturar um conjunto ordenado de situações com sentido entre si. Uma proposta metodológica adequada a essa estruturação prevê sequências estruturadas de maneira ordenada, considerando a construção de significado e o tempo de duração, o contrato didático que favoreça a aprendizagem por meio da relação professor-estudante para auxiliar na interiorização de conteúdos e, por fim, a Engenharia Didática que tem, em seus princípios metodológicos, a investigação e a ação, viabilizando vários sentidos ao planejamento pedagógico (Brousseau, 2008).

Essa estrutura contribui para que a noção de número racional seja devidamente consolidada, não havendo necessidade de novos procedimentos de remediação, como se pode constatar em um estudo envolvendo números naturais:

É importante comentar que a prevalência do significado partição nos livros didáticos, bem como a redução dos procedimentos de cálculos ao longo dos anos, podem acarretar prejuízos para a aprendizagem dos alunos, uma vez que o ensino da operação divisão de números naturais acaba por ficar centrado em uma visão limitada (Cruz e Teles, 2020, p. 16).

Em um estudo na Argentina, o qual também analisa um manual didático que possui embasamento na TSD, tem-se um exemplo de como se pode estruturar uma situação didática adequada:

[...] para que a situação seja sistematizada, é essencial passar pelos quatro momentos, ou situações, relevantes para esse processo. A primeira delas, chamada de ação (Brousseau, 2008) é quando os alunos aprendem a criar estratégias, partindo de algo aleatório que eles próprios criaram, e não do que veio do educador. No contexto do cálculo mental dentro de situações com números racionais, por exemplo, percebem que “responder aleatoriamente não é a melhor estratégia” (Brousseau, 2008, p. 23). Após perceberem que necessitam de estratégias, é fundamental que avancem para a segunda situação, chamada de formulação, onde “[...] descobrem a importância de discutir e definir estratégias” (p. 24). Nesta, percebem o valor contido no diálogo e na discussão sobre o que podem desenvolver para vencer os desafios. Esta é denominada situação de formulação (Brousseau, 2008). A terceira situação para solidificar uma situação se firma na demonstração da verdade em uma determinada circunstância, denominada situação de validação (Brousseau, 2008). A quarta situação é a institucionalização, momento em que o professor verifica tudo o que foi sistematizado nas três fases anteriores, classificando o que pode ser reutilizado, revendo o que foi feito (Brousseau, 2008) (Cosme e Berticelli, 2024, p. 11).

Assim, apesar de o autor do *Manual* mencionar a expressão *sequência didática* na proposta didático-pedagógica, necessariamente, não a utiliza de acordo com a TSD. Há no documento explicações de caráter prático e considerações pedagógicas ao professor que sugerem explorar materiais concretos, além da encenação, para auxiliar na compreensão pelo estudante, caso ele não o faça pelas tarefas apresentadas. Essa ação parece favorecer a remediação da dificuldade de captação da informação. Mas, se a tarefa primeira fosse estruturada com as tipologias da TSD, a noção de dobro e terça parte, únicos saberes apresentados no *Manual* referente a número racional, teriam a possibilidade de ser aprendidos de forma efetiva.

Essas tipologias ofertam recursos que sustentem o foco atencional e aprimoram habilidades em torno do saber matemático pelo estudante, sem necessariamente precisar de remediação. O sentido pedagógico do planejamento do professor, então, é construído por meio da ação e investigação, e torna-se fundamental para que a atenção dos estudantes seja mantida ao implementarem uma situação didática.

Dessa maneira, a Engenharia Didática torna-se uma forma de instrumentalizar o professor a partir da análise do contexto de ensino e de aprendizagem. Conforme Almoloud e Coutinho (2008) e Kasahara e Sá (2023), por meio de ações como análises preliminares, concepções e análise das próprias situações didáticas, experimentação, análises *a posteriori* e

validação, haverá impacto na aprendizagem efetiva do conteúdo matemático pelo estudante.

Um artigo sobre a integração entre teoria e prática no ensino de Matemática por meio da Engenharia Didática explica que ela

permite que professores e pesquisadores planejem, executem, observem e analisem o ensino e a aprendizagem de conceitos matemáticos específicos na sala de aula. Eles podem, então, usar essas informações para melhorar continuamente suas práticas de ensino, tornando a matemática mais acessível e atraente para os alunos. Machado (2012) afirma que essa metodologia foi criada com o intuito de analisar as situações didáticas que são objeto de estudo da Didática da Matemática, inserindo-se, portanto, nesse quadro teórico (Lopes, Costa e Costa, 2024, p. 5).

A partir dos princípios da Engenharia Didática, verifica-se que as tarefas propostas estão fortemente atreladas ao contexto de ensino, priorizando a aplicação mecânica de um único procedimento de cálculo para obtenção da resposta, em detrimento da construção significativa do conceito de número racional. Além disso, a falta de conexão entre as questões propostas compromete a coerência didática, dificultando a sustentação da atenção e a mobilização de esquemas cognitivos que favorecem uma aprendizagem efetiva.

Assim, nas análises preliminares das concepções e sequências didáticas do *Manual*, há fragilidades relevantes, mesmo sem avançar para as fases de experimentação, análise *a posteriori* e validação previstas na Engenharia Didática. Por isso, esta abordagem se apresenta como uma sugestão interessante para ser aplicada em um processo de reestruturação e atualização das sequências didáticas, bem como da forma como abordam a noção de número racional.

5 Considerações finais

O objetivo deste estudo foi analisar o acompanhamento e a remediação de dificuldades de aprendizagem relacionadas à habilidade de operar com a noção de número racional no 3º ano do Ensino Fundamental. Para tanto, optou-se pelo documento *Manual de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem*, no qual está contido o *Livro de Práticas e Acompanhamento da Aprendizagem*.

A partir da análise neurodidática realizada, constataram-se algumas fragilidades, como o comprometimento da compreensão do significado da noção de número racional pelos estudantes devido a histórias matemáticas com contextos empobrecidos, sem conexão com a realidade deles. Esse fator não motiva os estudantes a se manterem em alerta o tempo suficiente para evocarem seus conhecimentos prévios na busca de uma ligação à nova informação captada. Agregar o repertório adquirido a um novo conhecimento é uma ação importante para a construção de memórias duradouras, que vão resultar na aprendizagem efetiva.

Outra fragilidade foi a falta de sentido na estruturação da sequência didática que contemplou exercícios simples, sem relação entre eles. Conforme sugere a TSD, essa é uma característica valiosa para as situações didáticas. E, além disso, o grau de vigilância dos estudantes é aumentado em situações como essa, ocorrendo, então, a sustentação da atenção.

Essas duas questões decorrem da ausência de se considerar, em um manual para uso do professor, um referencial básico para quem ensina Matemática: a Didática da Matemática. Além disso, sugere-se conhecer a Neurociência Cognitiva, pois a relação entre neurociências e educação é reconhecidamente um caminho que contribui para a aprendizagem efetiva.

Além disso, o *Manual* que possui a proposta de acompanhamento da aprendizagem e

remediação de dificuldades não aborda todos os significados previstos nas habilidades EF03MA09. Não estão incluídas as noções de quarta, quinta e décima partes, portanto, lacunas quanto ao acesso a saberes previstos na BNCC poderão ocorrer.

A Engenharia Didática também é uma sugestão metodológica e científica interessante ao autor do *Manual*, a fim de aprimorar as explicações de caráter prático e as considerações pedagógicas direcionadas ao professor. Os conhecimentos abordados na fundamentação teórica, discussão e análise dos critérios propostos neste estudo são pautados em conhecimentos, experiências e estudos de pesquisadores que possuem grande potencial de contribuir para esse aprimoramento. Desse modo, tanto para o objetivo de acompanhamento da aprendizagem quanto para a remediação das dificuldades, é possível aumentar a efetividade de novas situações didáticas.

As explicações de caráter prático e considerações pedagógicas poderão ter elementos agregadores advindos dos conhecimentos da Neurociência Cognitiva:

Embora a questão do conhecimento prévio venha sendo tratada como o fator principal a se considerar durante a elaboração de estratégias pedagógicas, o entendimento do funcionamento cerebral de funções cognitivas como a “atenção” pode abrir portas para a elaboração de estratégias mais eficazes, uma vez que o potencial de produção de aprendizagem do aluno depende da sua atenção e do seu engajamento cognitivo (Silva, Fonseca e Correia, 2020, p. 248).

Dessa forma, o *Manual* pode ser um diferencial para atender as demandas previstas pela BNCC, visando ao acompanhamento da aprendizagem e à remediação de dificuldades. Para tanto, incluir como referencial a Didática da Matemática e os conhecimentos da Neurociência Cognitiva, conforme a análise Neurodidática realizada, possibilitará avanços significativos na aprendizagem efetiva da noção de número racional.

Nota

A revisão textual (correções gramatical, sintática e ortográfica) deste artigo foi custeada com verba da *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais* (Fapemig), pelo auxílio concedido no contexto da Chamada 8/2023.

Referências

ALMOLOUD, Saddo Ag. *Fundamentos da Didática da Matemática*. Curitiba: Editora UFPR, 2007.

ALMOLOUD, Saddo Ag. SILVA, Maria José Ferreira da. Engenharia Didática: evolução e diversidade. *Revemat*, v. 7, n. 2, p. 22-52, 2012. <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2012v7n2p22>

ALMOLOUD, Saddo Ag; COUTINHO, Cileda de Queiroz e Silva. Engenharia Didática: características e seus usos em trabalhos apresentados no GT-19/ANPEd. *Revemat*, v. 36, n. 1, p. 62-77, 2008. <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2008v3n1p62>

ARTIGUE, Michele. Ingénierie Didactique. *Reserches en Didactique des Mathématiques*, v. 9, n. 3, p. 281-308, 1988.

BARBOSA, Gerson Silva. Teoria das Situações Didáticas e suas influências na sala de aula. In:

Anais do XII Encontro Nacional de Educação Matemática. São Paulo, 2016, p. 1-12.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). *Notas sobre o Brasil no Pisa 2022*. Brasília: INEP, 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental*. Brasília: MEC/SEB, 2017.

BROUSSEAU, Guy. Fondements et méthodes de la Didactique des Mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v. 7, n. 2, p. 33-116, 1986.

BROUSSEAU, Guy. Ingénierie Didactique. D'un problème à l'étude à priori d'une situation didactique. En: *Deuxième École d'Été de Didactique des Mathématiques*. Olivet, 1982, p. 39-60.

BROUSSEAU, Guy. *Introdução ao estudo das Situações Didáticas: conteúdos e métodos de ensino*. Tradução de Camila Bógea. São Paulo: Ática, 2008.

CHEVALLARD, Yves. La notion d'Ingénierie Didactique, um concept à refonder. Questionnement et éléments de réponses à partir de la TAD. In: MARGOLINAS, Claire; ABOUD-BLANCHARD, Maha; BUENO-RAVEL, Laetitia; DOUEK, Nadia; FLUCKIGER, Annick; GIBEL, Patrick; VANDEBROUCK, Fabrice; WOZNIAK, Floriane. (Coord.). En amont et en aval des Ingénieries Didactique. XV^e École d'Été de Didactique des Mathématiques. v. 1 Grenoble: La Pensée Sauvage, 2009, p. 81-108.

COSME, Ruth Edith; BERTICELLI, Danilene Gullich Donin. Cálculo mental no ensino de números racionais: sistematizações de uma expert que mobiliza perspectivas de Guy Brousseau e Gérard Vergnaud. *Histemat*, v. 10, p. 1-21, 2024. <https://doi.org/10.62246/HISTEMAT.2447-6447.2024.10.637>

CRUZ, José André Bezerra da; TELES, Rosinalda Aurora de Melo. Divisão de Números Naturais: do saber previsto ao saber efetivamente ensinado em classes do Ensino Fundamental. *Educação Matemática Debate*, v. 4, n. 10, p. 1-26, 2020. <https://doi.org/10.46551/emd.e202036>

FONSECA, Laerte Silva. *Didática da Matemática e neurociência cognitiva: elementos para uma articulação em favor da aprendizagem matemática*. São Paulo: Livraria da Física, 2019.

GAZZANIGA, Michael; IVRY, Richard; MANGUN, George Ronald. *Neurociência Cognitiva: a biologia da mente*. 2. ed. Tradução de Angelica Rosat Consiglio. Porto Alegre: Artmed, 2006.

KANDEL, Eric; SCHWARTZ, James; JESSELL, Thomas; SIEGELBAUM, Steven; HUDSPETH, Albert James. *Princípios de Neurociências*. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

KASAHARA, Rita de Cássia Florêncio da Rocha; SÁ, Pedro Franco. Engenharia Didática: overview. *Revista Cocar*, v. 19, n. 37, p. 1-21, 2023.

LAZARINI, Laís Vitória; MENDES, Luiz Otavio Rodriguês; PROENÇA, Marcelo Carlos. Ensino de números naturais e suas operações via Resolução de Problemas: uma análise em livros didáticos. *Educação Matemática Debate*, v. 8, n. 14, p. 1-18, 2024. <https://doi.org/10.46551/emd.v8n14a05>

LENT, Roberto, BUCHWEITZM, Augusto; MOTA, Mailce Borges. *Ciência para Educação: uma ponte entre dois mundos*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

LOPES, Thiago Beirigo; COSTA, Ademir Brandão; COSTA, Dailson Evangelista. A Engenharia Didática no ensino de Matemática: integração entre teoria e prática. *CoInspiração*, v. 5, p. 1-14, 2022. <https://doi.org/10.61074/CoInspiracao.2596-0172.e2022001>

ROBERT, Aline. Outils d'analyse des contenus Mathématiques à enseigner au lycée et à l'université. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v. 18, n. 2, p. 139-190, 1998.

SERRA, Naum de Jesus; DIAS, Renan Marcelo da Costa; ALMOULOU, Saddo Ag; NUNES, José Messildo Viana. A influência da Didática da Matemática em teses e dissertações brasileiras envolvendo os números fracionários (2010-2023). *Quadrante*, v. 33, n. 1, p. 23-46, 2024. <https://doi.org/10.48489/quadrante.27761>

SILVA, Kleyfton Soares; FONSECA, Laerte Silva da; CORREIA, Paulo Rogério Miranda. Abordagem neurocognitiva de processos atencionais envolvidos na aprendizagem mediada por mapas conceituais. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 13, n. 2, p. 247-268, maio/ago. 2020. <http://dx.doi.org/10.3895/rbect.v13n2.9421>

STERNBERG, Robert. *Psicologia cognitiva*. Tradução de Roberto Cataldo Costa 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

TEIXEIRA, Paulo Jorge Magalhães; PASSOS, Claudio Cesar Manso. Um pouco da Teoria das Situações Didáticas (TSD) de Guy Brousseau. *Zetetike*, v. 21, n. 1, p. 155-168, 2014. <https://doi.org/10.20396/zet.v21i39.8646602>