

ARTICULANDO OS REGISTROS SEMIÓTICOS A PARTIR DA RESOLUÇÃO DE ITENS RELACIONADOS AOS CONCEITOS DE TEMPERATURA E CALOR.

Articulating semiotic records based on the resolution of items related to the concepts of temperature and heat.

Graciane Castro Meireles [graciane.meireles@prof.am.gov.br]

Marcel Bruno Pereira Braga [marcelbraga@ufam.edu.br]

UFAM - Universidade Federal do Amazonas

Avenida General Rodrigo Octavio Jordão, 1200, Coroado I, Manaus - AM, CEP: 69067-005

Recebido em: 18/01/2026

Aceito em: 04/09/2026

Resumo

Apresenta-se neste trabalho um dos testes piloto, inerente da fase exploratória de uma pesquisa de mestrado, cujo objetivo é apresentar evidências de validade de conteúdo, uma avaliação preliminar de desempenho e implicações pedagógicas decorrentes do instrumento aplicado, sobre os conceitos de temperatura e calor. Dentro do processo de resolução de problemas para aprendizagem, os itens do instrumento, fundamentam-se na Teoria dos Registros de Representação Semiótica, de Raymond Duval. No ensino da matemática, Duval aponta que a mesma informação pode ser representada em diferentes registros semióticos. Entende-se que o pensamento matemático nesse âmbito, articula-se com o pensamento físico, na manipulação de variáveis relacionadas a grandezas do conhecimento térmico, remetendo a subsídios potencialmente favoráveis para o ensino de física. Têm-se como questão investigativa: “Quais as implicações para um ensino eficaz de física de modo a potencializar que os estudantes possam ter uma melhor apreensão do conhecimento térmico a partir das conversões de registros semióticos?” A investigação foi uma pesquisa de campo qualitativa. Participaram estudantes (n=55) do segundo ano do ensino médio de escola pública estadual de Manaus-AM. O instrumento contém 5 itens subjetivos, definidos com finalidade de compreensão de conceitos básicos, segundo análise de concordância (2 juízes) de intersujeitos da taxonômica de Bloom revisada. Os dados obtidos promoveram subsídios ao aperfeiçoamento dos itens, como: reformulação contextual, necessitando objetividade e clareza nos enunciados; observando-se maior carga cognitiva nos itens que exigem cálculos. Nesse cenário, entende-se que um ensino promissor deve possuir algumas características como a Contextualização/Regionalização e Valorização do Conhecimento Prévio dos Alunos.

Palavras-chave: Ensino de física; Teoria dos Registros de Representação Semiótica; Resolução de problemas; Temperatura; Calor.

Abstract

This paper presents one of the pilot tests inherent to the exploratory phase of a master's research project, whose objective is to present evidence of content validity, a preliminary assessment of performance and pedagogical implications arising from the instrument applied, on the concepts of temperature and heat. Within the problem-solving process for learning, the items of the instrument are based on Raymond Duval's Theory of Semiotic Representation Registers. In the teaching of mathematics, Duval points out that the same information can be represented in different semiotic registers. It is understood that mathematical thinking in this context is articulated with physical thinking, in the manipulation of variables related to magnitudes of thermal knowledge, referring to potentially favorable subsidies for the teaching of physics. The research question is: "What are the implications for effective physics teaching in order to enhance students' ability to better grasp thermal knowledge from the conversions of semiotic registers?" The investigation was a qualitative field study. The participants were students (n=55) in the second year of high school at a public school in Manaus, Amazonas. The instrument contains 5 subjective items, defined for the purpose of

understanding basic concepts, according to an analysis of intersubject agreement (2 judges) of the revised Bloom's taxonomy. The data obtained provided support for the improvement of the items, such as: contextual reformulation, requiring objectivity and clarity in the statements; observing a greater cognitive load in the items that require calculations. In this scenario, it is understood that a promising teaching should have some characteristics such as Contextualization/Regionalization and Valuation of Students' Prior Knowledge.

Keywords: Physics teaching; Theory of Semiotic Representation Registers; Troubleshooting; Temperature; Heat.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Física na Educação Básica, em especial no que diz respeito aos conceitos de temperatura e calor, apresenta desafios persistentes relacionados à abstração conceitual, à linguagem matemática envolvida e às dificuldades dos estudantes em interpretar, e dessa forma, converter e articular diferentes formas de representação. No contexto do ensino médio, observa-se que estudantes frequentemente confundem os conceitos de temperatura e calor, utilizando-os como sinônimos, o que revela lacunas conceituais construídas ao longo do processo escolar. Essas dificuldades são agravadas quando as situações-problema exigem leitura interpretativa, análise de variáveis, inclusive manipulação algébrica, ou mesmo resolução de cálculos matemáticos, etapas fundamentais para a resolução de problemas em Física. Nesse cenário, observa-se que essas dificuldades fazem uma interface entre o pensamento matemático e o pensamento físico no processo de aprendizagem, sendo essa perspectiva objeto de análise e interesse investigativo.

Diante dessa perspectiva, a Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS), proposta por Raymond Duval, surge como uma conjectura potente para compreender os obstáculos cognitivos enfrentados pelos estudantes. Segundo essa teoria, a aprendizagem conceitual ocorre não apenas pela compreensão de um conteúdo, mas pela capacidade de realizar tratamentos e conversões entre diferentes registros que representam um mesmo objeto matemático ou físico.

De acordo com Duval (2009), os registros de representação semiótica cumprem a função de representar ou de ocupar o lugar dos conceitos ou objetos matemáticos. É importante destacar que Raymond Duval, desenvolveu seus estudos dentro da Matemática e, é nesse contexto, dentro do processo de ensino e aprendizagem da Matemática, que as representações desempenham uma função indispensável para o processo de comunicação, uma vez que os objetos matemáticos somente são conectados e exteriorizados por meio delas. Sabe-se que esse tipo de formalismo se torna uma interface de linguagem para diversas outras áreas, em especial, a Física. Parte-se da compreensão que a representação estabelece a relação entre o objeto e o interpretante e que o processo de interpretação somente é possível por meio dos signos.

As representações semióticas são: língua natural, numérica, algébrica, gráfica. Em sua obra *Semiósis e Pensamento Humano: registros semióticos e aprendizagens intelectuais* (2009), Duval destaca que para um sistema semiótico poder funcionar como um registro de representação, ele deve assumir, além da comunicação, outras funções. Assim, as novas relações podem ser representáveis por meio das atividades cognitivas fundamentais de representação, as denominadas de formação, tratamento e conversão, sendo possível serem convertidas em representações iguais ou outro sistema semiótico, todavia, podendo gerar diferentes significados aos indivíduos que as utilizaram.

Ademais, segundo estudos apontam que as dificuldades aqui pontuadas, não se restringem à falta de domínio matemático, mas estão associadas em transitar entre registros de representação semiótica. Considera-se o pensamento matemático a serviço da compreensão dos conceitos de

temperatura e calor, assim ocorrendo a articulação com o pensamento físico favorecendo subsídios para o ensino.

A questão que norteia esta investigação é: **Quais as implicações para um ensino eficaz de Física de modo a potencializar a compreensão do conhecimento térmico a partir das conversões de registros semióticos?**

Assim, este trabalho tem como objetivo **analisar as implicações pedagógicas da articulação de registros semióticos na resolução de itens relacionados aos conceitos de temperatura e calor**, a partir da aplicação de um teste piloto, integrante da fase exploratória de uma pesquisa de mestrado profissional em Ensino de Física.

2. SITUANDO A PERSPECTIVA DE RAYMOND DUVAL NA LITERATURA

O levantamento preliminar e primário na literatura foi realizado com o auxílio do site Elicit® (<https://elicit.com/>) partir de *string* de busca relacionadas aos objetivos e um olhar para a obra “Semiósis e Pensamento Humano: registros semióticos e aprendizagens intelectuais” de Raymond Duval, 2009. O resultado foram 50 obras, sendo apenas 10 resumos incluídos. Abaixo seguem os critérios de seleção e categorias de análise no processo de extração.

Quadro 1. Critérios de seleção e instruções.

Critério	Instruções
Foco na aprendizagem cognitiva	Este estudo se concentra nos processos cognitivos de aprendizagem, em vez de se limitar à semiótica puramente teórica, à linguística geral ou às ferramentas tecnológicas sem uma análise semiótica subjacente?
Processos cognitivos	Esta pesquisa examina as atividades de formação, tratamento e/ou conversão como processos cognitivos?
Foco na teoria de Duval	Este estudo investiga a teoria de Duval sobre registros semióticos em contextos educacionais?
Resultados educacionais	Esta pesquisa envolve alunos de qualquer nível educacional e mede os resultados da aprendizagem por meio de atividades representacionais?
Pesquisa educacional empírica	Trata-se de um estudo empírico com aplicação educacional (experimental, quase-experimental, observacional, estudo de caso ou revisão sistemática) em vez de um trabalho puramente teórico?
Sistemas de Representação Múltipla	Este estudo envolve múltiplos sistemas de representação semiótica com processos de conversão ou tratamento entre eles?

As colunas de extração construídas se baseiam nas instruções que detalham e descrevem as categorias de análise preestabelecidas:

Quadro 2. Categorias de análise e instruções como base das extrações.

Categoria	Instruções
Contexto Educacional	Extraia os detalhes do contexto educacional e dos participantes para estudos que aplicam a teoria da representação semiótica de Duval, incluindo: - Nível educacional (ensino fundamental, ensino médio, ensino superior, formação de professores) - Área temática (matemática, física, outras disciplinas) - Conceito matemático ou científico específico estudado (funções, frações, geometria, etc.) - Número e características dos participantes (alunos, professores, faixa etária) - Duração do estudo/intervenção
Registros semióticos	Extraia todos os registros de representação semiótica identificados e analisados no estudo relacionados à teoria de Duval, incluindo: - Tipos de registros utilizados (algébrico, gráfico, linguagem natural, figural, tabular, simbólico, etc.) - Exemplos específicos de cada registro aplicado ao conceito matemático/científico - Quais registros foram o foco da análise - Quaisquer registros novos ou únicos identificados pelos pesquisadores
Atividades cognitivas	Extraia evidências e análises das três atividades cognitivas fundamentais da teoria de Duval, incluindo: - FORMAÇÃO: Como as representações são criadas dentro de um único registro - TRATAMENTO: Como as representações são transformadas dentro do mesmo registro - CONVERSÃO: Como as representações são transformadas entre diferentes registros - Exemplos específicos de cada atividade observada no estudo - Quais atividades foram o foco principal da investigação
Análise de Conversão	Extraia resultados detalhados sobre os processos de conversão entre registros semióticos, incluindo: - Direção das conversões estudadas (por exemplo, algébrico para gráfico, verbal para simbólico) - Taxas de sucesso ou dificuldades observadas nas conversões - Evidências de congruência versus não congruência nas conversões - Fatores que facilitaram ou dificultaram os processos de conversão - Se as conversões geraram significados diferentes para os participantes - Estratégias específicas de conversão utilizadas pelos participantes
Resultados de aprendizagem	Extraia resultados sobre os aprendizados e a compreensão relacionados ao trabalho com representação semiótica, incluindo: - Evidências de melhorias na compreensão conceitual - Mudanças no raciocínio matemático ou nas habilidades de resolução de problemas - Diferenças na aprendizagem quando múltiplos registros são usados em comparação com registros únicos - Impacto no engajamento ou na motivação dos alunos - Efeitos de retenção ou transferência a longo prazo - Superação de dificuldades específicas de aprendizagem ou desafios persistentes

Os estudos abrangeram contextos do ensino fundamental ao ensino superior e formação de professores. Sete estudos focaram exclusivamente na educação matemática, dois combinaram matemática com conceitos de física, e um examinou frações em múltiplos níveis educacionais. O tamanho das amostras variou de 3 participantes professores a 45 alunos, com a maioria dos estudos envolvendo entre 9 e 28 participantes. A duração dos estudos variou consideravelmente, desde sessões únicas de 3 horas até intervenções de 18 meses, embora vários estudos não tenham relatado duração.

A maioria dos estudos enfatizou os registros algébricos e gráficos como fundamentais para a compreensão matemática., com a linguagem natural servindo como um intermediário crucial. O estudo de Lima (2019). identificou, notavelmente, as representações linguísticas em diferentes línguas (do latim ao português) como uma consideração singular no ensino da física. Os estudos em educação elementar destacaram as representações figurativas e tabulares., enquanto os estudos focados em funções enfatizavam a transição entre registros algébricos e gráficos. Os estudos sobre representação numérica distinguiram entre registros numéricos verbais e indo-arábicos. E estudos sobre frações analisaram especificamente as conversões decimais e figurativas.

Quadro 3. Colunas de extração com base nos critérios e categorias.

Obra	Nível Educacional	Área	Conceito Específico	Participantes	Duração	Registros primários utilizados	Foco da análise	Formação	Tratamento	Conversão	Dificuldades/Fatores de sucesso
Luis Antônio Gomes Lima et al., 2019	Ensino Médio (3º ano)	Física	Problemas de física canônica	28 alunos, escola particular, São Paulo	2º semestre de 2017	Algébrico, gráfico, linguagem natural, figurativo, tabular, simbólico	Congruência entre registros no ensino de física	Criando representações usando sinais existentes	Transformação dentro do mesmo registrador por meio de cálculos	A transição entre registros é crucial para a aprendizagem intelectual.	Os alunos têm dificuldade em converter elementos gráficos em algébricos; a distinção de unidades significativas facilita a conversão
R. Garzón et al., 2012	Ensino Fundamental e Médio (9º e 11º ano)	Matemática	Não especificado	9 alunos (6 do 9º ano, 3 do 11º ano)	Não mencionado	Não especificado	Transformações dentro de registros semióticos (tratamento)	Não mencionado explicitamente	Transformações dentro do mesmo registro, com foco nas dificuldades de articulação.	Mencionado como fundamental, mas não como foco principal	Não mencionado
Jorge Castaño Garcia et al., 2014	Ensino Fundamental	Matemática	Conversão entre representações numéricas verbais e indo-arábicas	Crianças de 6 a 8 anos	Um ano e meio	Registro numérico verbal, registro numérico indo-arábico	Conversão entre registros verbais e indo-árabes	Não detalhado	Não detalhado	Foco na conversão do registro verbal para o registro numérico indo-arábico.	Processo dialético complexo, não simples transcodificação
Joice Caroline Sander Pierobon Gomes et al., 2023	Ensino Fundamental (4º ano)	Matemática	Medição do tempo e organização da rotina diária	21 estudantes, com idades de 6 a 11 anos	Aproximadamente 3 horas	Figural, tabular, linguagem natural, aritmética, gráfico	Utilização de registros para medição de tempo e atividades cognitivas (Conversão e tratamento)	Implícito na criação de representações em registros únicos	Transformação dentro do mesmo registro (gráfico de barras para gráfico de setores)	Múltiplas conversões: figural para tabular, tabular para linguístico, linguístico para aritmético, linguístico para gráfico	Não mencionado
Ismenia Guzmán et al., 1998	Ensino Superior	Matemática	Conceitos relacionados a funções reais	Conceitos relacionados a funções reais	Não mencionado	Gráfico, algébrico (formal), linguagem natural	Como os alunos usam os registros para compreender funções, limitação a um único registro (Formação e tratamento em um único registro)	Criado dentro do registro onde a pergunta foi feita ou padrão para álgebra.	Transformado dentro do mesmo registro	Não foi explicitamente observado, não há coordenação entre os registros.	Os alunos respondem em um único registro, indicando dificuldade na conversão.
Linus Tannure Santana et al., 2019	Ensino Médio Integrado (1º ano)	Matemática	Funções quadráticas	45 alunos, dividido em Trios	Cinco reuniões semanais	Algébrica, gráfica, linguagem natural,	Transição entre registros, particularmente do algébrico para	Calculando imagens, organizando resultados	Cálculo de áreas, interpretação de gráficos dentro	Transição entre representações gráficas e algébricas	Dificuldade com o aspecto gráfico das funções quadráticas; a capacidade de

						linguagem matemática específica (Conversão)	o gráfico.		do mesmo registro		mobilizar múltiplos registradores facilita a conversão.
Vânia Bolzan Denardi et al., 2019	Formação de professores	Matemática	Funções	16 alunos em um curso de matemática elementar	Não mencionado	Não especificado	Não mencionado	Não especificado	Não especificado	Não especificado	Não especificado
Nicolle Johana Gómez Rodríguez et al, 2021	Ensino secundário (décimo ano)	Matemática	Movimento retilíneo	Alunos do décimo ano, instituição privada, Tunja, Colômbia	Não mencionado	Gráfico e verbal	Registros gráficos e verbais para a resolução de problemas (Como os alunos utilizam atividades para resolver problemas) Transformações de tratamento e conversão, com foco na congruência (Conversão, em particular congruência)	Sem especificação, os alunos começam com conhecimento prévio.	Os alunos utilizam sistemas gráficos e verbais para transformar dentro do registro.	Os alunos fazem a transição entre registros gráficos e verbais.	Dificuldades devido à incongruência; o uso de múltiplos sistemas facilitou as conversões.
R. Pires et al, 2018	Ensino secundário	Matemática	Representações de funções	Três professores de matemática	Não mencionado	Algebrico, gráfico		Implícito através da análise de diferentes representações.	Transformações dentro do mesmo registro foram observadas.	Transformações entre registros, com foco na congruência, do algebrico para o gráfico	Estratégias específicas: “pontuar” e “extensão do traçado”
Cristina Martins Paraol et al., 2018	Ensino fundamental, ensino médio e ensino superior	Matemática	Frações e suas representações semióticas	23 alunos (8 do ensino fundamental, 9 do ensino médio, 6 do ensino superior)	Não mencionado	Decimal, figural	Conversão entre registros decimais e figurativos	Não mencionado explicitamente	Transformações dentro do mesmo sistema de escrita	Transformações entre registros, reconhecendo a álgebra em forma gráfica.	Dificuldades significativas na conversão de frações em decimais, especialmente no ensino fundamental e médio.

Seis estudos identificaram a conversão como seu foco principal., enfatizando seu papel crucial na aprendizagem intelectual e na compreensão matemática. O estudo de Lima (2019), destacou especificamente a conversão como “a atividade mais desafiadora e importante para a aprendizagem intelectual”. Por outro lado, o estudo de Garzón et al. (2012), focou-se exclusivamente em atividades terapêuticas dentro do mesmo registro, documentando as dificuldades que os alunos encontram ao articular os significados atribuídos às representações obtidas através do tratamento. O estudo de Guzmán et al. (1998) revelou um padrão preocupante, no qual as respostas dos alunos permaneceram dentro de um único registro, sem coordenação explícita entre múltiplos registros., o que sugere um envolvimento limitado com atividades de conversão.

As atividades de formação receberam menos atenção explícita nos estudos, sendo frequentemente implícitas em vez de analisadas diretamente. O estudo de Gomes et al. (2023) forneceu exemplos de formação em estudantes que criaram representações dentro de registros únicos, como formas figurativas, tabulares e linguísticas. O tratamento foi examinado explicitamente em diversos estudos, com exemplos específicos incluindo transformações de gráficos de barras em gráficos setoriais., realizando cálculos dentro do mesmo sistema e interpretando gráficos dentro do mesmo registro.

O estudo de Lima (2019) forneceu a análise mais abrangente dos processos de conversão, demonstrando que a congruência entre os registros aumenta significativamente as taxas de sucesso, enquanto a incongruência cria barreiras substanciais à aprendizagem. Os alunos tiveram particular dificuldade com as conversões de representações gráficas para representações algébricas. Isso sugere que a direção inversa da conversão apresenta maiores demandas cognitivas. O estudo identificou a discriminação de unidades significativas e o estabelecimento de congruência como fatores críticos que facilitam conversões bem-sucedidas.

A não congruência emergiu como um desafio persistente em diversos estudos. O estudo de Rodríguez et al. (2021) documentou dificuldades decorrentes especificamente da não congruência entre representações algébricas e gráficas., enquanto o estudo de Paraol et al. (2018), constatou que a não congruência se manifestava nas dificuldades dos alunos em compreender plenamente as representações de frações em diferentes registros. Em contraste, o estudo de Pires et al. (2018), observou que as propostas de ensino privilegiavam os fenômenos de congruência. Isso sugere que os educadores reconhecem a congruência como uma prioridade pedagógica, mas podem, inadvertidamente, limitar a exposição dos alunos a conversões não congruentes mais desafiadoras.

As estratégias específicas de conversão variaram conforme o contexto. O estudo de Pires et al. (2018), identificou procedimentos como “pontuar” (plotar pontos) e “extensão do traçado” (estender o traço) para converter representações algébricas em representações gráficas. Enquanto o estudo de Santana et al. enfatizou a capacidade de mobilizar múltiplos registros simultaneamente, o estudo de Santana et al. O estudo de Castaño Garcia caracterizou a conversão como um processo dialético complexo entre noese e semiose, irreduzível a uma simples transcodificação.

2.1 Síntese: A relação dialética entre representação semiótica e geração de significado

As evidências coletadas apoiam fortemente a afirmação de Duval de que as três atividades cognitivas fundamentais — formação, tratamento e conversão — podem gerar significados diferentes para os indivíduos que as utilizam, embora os mecanismos e contextos dessa geração de significado apresentem variações importantes.

2.2 Mecanismos de geração de significado

Emergiram dois mecanismos principais para explicar como diferentes significados surgem por meio do trabalho semiótico. Primeiro, as propriedades estruturais de diferentes registros destacam aspectos distintos dos conceitos matemáticos. A observação do estudo de Paraol et al. (2018) de que

certas informações são mais proeminentes em uma representação do que em outra. Isso explica por que o mesmo conceito gera significados diferentes em registros distintos — cada registro enfatiza características diferentes. Por exemplo, a representação algébrica de uma função quadrática destaca relações simbólicas e coeficientes, enquanto a representação gráfica enfatiza padrões visuais, continuidade e propriedades geométricas.

Em segundo lugar, o próprio processo de conversão serve como um espaço de construção de significado, e não como mera tradução. A caracterização da conversão, feita pelo estudo de Castaño Garcia, como um complexo processo dialético entre noese (pensamento) e semiose (significação), irredutível a uma simples transcodificação, é um exemplo disso. O estudo de Lima (2019), sugere que a conversão entre registros requer trabalho cognitivo ativo que gera novos entendimentos. A descoberta de que as conversões geram significados diferentes com base na compreensão e na aplicação...Apoia essa interpretação — o significado gerado depende não apenas dos registros envolvidos, mas também de como o indivíduo negocia o processo de conversão.

2.3 Variações individuais e contextuais

Uma variação individual substancial na construção de significado foi observada em todos os estudos. O estudo de Santana et al. documentou que a capacidade dos alunos de transitar entre registros varia consideravelmente, enquanto o estudo de Gomes et al. (2023), mostrou que os alunos usavam diferentes registros para transmitir entendimentos distintos do mesmo conceito. Essa variação parece ser mediada por conhecimento prévio, como demonstrado na descoberta do estudo de Rodríguez et al. (2021), de que os alunos se baseiam em conhecimento existente ao trabalhar com registros semióticos.

O papel da congruência introduz um importante fator contextual que afeta a geração de significado. Estudos têm demonstrado consistentemente que conversões congruentes (onde existe correspondência estrutural entre os registros) apresentam taxas de sucesso mais elevadas., enquanto conversões não congruentes criam dificuldades. No entanto, isso apresenta um paradoxo pedagógico: conversões congruentes podem facilitar a compreensão inicial, mas potencialmente limitar a diversidade de significados gerados, enquanto conversões não congruentes — embora mais desafiadoras — podem promover uma compreensão conceitual mais rica, forçando os alunos a se envolverem mais profundamente com as características distintivas de cada registro.

2.4 Desafios e limitações persistentes

Diversos estudos revelaram limitações preocupantes no trabalho semiótico dos alunos. O estudo de Guzmán et al. constatou que as respostas dos alunos permaneceram dentro de um único registro, sem coordenação explícita entre múltiplos registros. Isso sugere que muitos alunos não se envolvem espontaneamente nas atividades de conversão necessárias para gerar diversos significados. O estudo de Paraol et al. (2018) documentou dificuldades persistentes na conversão de frações em representações decimais em diferentes níveis de ensino., indicando que algumas conversões continuam sendo um desafio mesmo com instruções detalhadas.

O estudo de Garzón et al. concentra-se exclusivamente nas atividades de tratamento dentro dos registros. Destaca uma fonte de geração de significado frequentemente negligenciada. Embora a conversão entre registros receba atenção substancial, as transformações dentro de um mesmo registro também podem gerar significados diferentes, à medida que os aprendizes manipulam as representações de acordo com regras específicas de cada registro. Isso sugere que o espectro completo dos processos de geração de significado vai além da conversão, incluindo operações de processamento sofisticadas.

2.5 Implicações para as afirmações teóricas de Duval

As evidências validam fortemente a afirmação central de Duval de que as atividades cognitivas de formação, processamento e conversão podem gerar diferentes significados para os

aprendizes. No entanto, a pesquisa revela que esse processo não é automático nem uniforme. Significados diferentes surgem da interação entre as propriedades do registro, os processos de conversão, o conhecimento prévio individual e fatores contextuais, como a congruência. A geração de significado mais robusta parece ocorrer quando os aprendizes interagem com múltiplos registros, realizam conversões (particularmente as não congruentes que exigem um trabalho cognitivo mais profundo) e discriminam ativamente as informações distintas apresentadas em cada registro.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Dificuldades conceituais no ensino de temperatura e calor

Não é incomum um professor de Física afirmar que os conceitos de temperatura e calor configuram entre os temas mais problemáticos do ensino de Termodinâmica no ensino médio. Muitos deles não entendem o real conceito de cada grandeza, inclusive acreditando que se refere a mesma coisa, ou mesmo chegam até a confundir seu significado.

Pesquisas na área de Ensino de Ciências indicam que os estudantes tendem a interpretar temperatura como uma quantidade de calor ou associar calor a uma substância que pode ser “armazenada” nos corpos, concepções próximas ao chamado modelo calórico, já superado cientificamente.

Essas concepções alternativas persistem mesmo após a instrução formal. Esse quadro é particularmente relevante porque a compreensão científica desses conceitos exige distinguir temperatura como grandeza associada ao estado térmico de um sistema (grandeza intensiva) e calor como processo de transferência de energia que ocorre devido a diferença de temperaturas, distinção que nem sempre é incorporada pelos alunos.

Köhnlein e Peduzzi (2002), identificaram que certas ideias continuam presentes mesmo após a instrução, como a noção de que “a temperatura se transfere” entre corpos e a associação de temperatura como “medida do calor”. Além disso, as autoras destacam que também se mantém forte a ideia de que “o calor é uma característica de um corpo quente”, o que revela um entendimento inadequado de calor como propriedade do corpo em vez de uma grandeza associada a interação/transferência. Esses achados são relevantes porque apontam que as dificuldades não se reduzem a erros pontuais, mas a estruturas explicativas coerentes do ponto de vista do senso comum, capazes de sustentar respostas em diferentes situações-problema.

Em artigo publicado no Brasil, discutindo conhecimentos prévios sobre calor e temperatura, Santos Santos et al., 2009 – ENPEC, registram explicitamente que os conceitos são usados como sinônimos no cotidiano e apresentam, com base em literatura discutida no próprio trabalho, um conjunto de dificuldades típicas: ausência de distinção entre calor e temperatura, entendimento de calor como “substância” que se acumula e compreensão de temperatura como “medida da quantidade de calor” do corpo. Esse conjunto de ideias é altamente compatível com o que se observa em sala de aula no ensino médio, sobretudo quando os estudantes são solicitados a justificar respostas em itens abertos e contextualizados. Além disso, dados de pesquisas brasileiras de avaliação diagnóstica e formativa sobre concepções alternativas em conceitos térmicos sistematiza, inclusive em seus instrumentos, a presença da concepção “calor e temperatura são a mesma coisa”, indicando que a confusão entre os termos constitui dimensão recorrente a ser monitorada ao longo do processo de ensino e aprendizagem. Essa evidência é útil para fundamentar a necessidade de estratégias didáticas que tornem explícitas as distinções conceituais e favoreçam o confronto cognitivo produtivo, uma vez que, sugere-se que estratégias tradicionais, baseadas majoritariamente na exposição verbal e na resolução mecânica de exercícios, não são suficientes para promover a aprendizagem dos estudantes. Torna-se, portanto, necessário investir em abordagens que valorizem o raciocínio, a interpretação e a articulação entre diferentes representações, especialmente quando se trabalha com resolução de problemas e conversões entre as representações.

3.2 A Teoria dos Registros de Representação Semiótica

Raymond Duval, em sua Teoria dos Registros de Representação Semiótica, sustenta que um mesmo objeto de conhecimento pode ser representado por diferentes sistemas semióticos. Isto significa dizer que essas representações semióticas estão relacionadas a um sistema peculiar de signos de um objeto matemático. As representações semióticas, são: língua natural, escrita algébrica, escrita gráfica, figuras.: língua natural, escrita algébrica, escrita gráfica, figuras. Para Duval, a compreensão conceitual só ocorre quando o sujeito é capaz de realizar conversões entre esses registros, e não apenas tratamentos dentro de um mesmo registro.

Figura 1 – Alguns tipos de registros semióticos.



Fonte: Os autores.

Em sua obra Duval (2009), destaca que para um sistema semiótico poder funcionar como um registro de representação, ele deve assumir, além da comunicação, outras funções. Assim, as novas relações podem ser representáveis por meio das atividades cognitivas fundamentais de representação, as denominadas de formação, tratamento e conversão, realizados entre elas, e que podendo estas serem convertidas em representações iguais ou outro sistema semiótico, todavia, podendo gerar diferentes significados aos indivíduos que as utilizaram.

A língua natural corresponde a linguagem propriamente dita, como o nome sugere, é um processo natural. No contexto de ensino e aprendizagem, é usada no cotidiano, para descrever os conceitos. Trata-se da forma como se ensina, isto é, como se fala, como se explica os problemas em palavras comuns, sem o uso de recursos simbólicos mais específicos. Assim, aplicando essa representação na Física escolar, percebe-se a necessidade de fazer o uso de explicações de forma mais simples, contextualizada e regionalizada, inclusive com enunciados de questões, atividades, nesses moldes, para que assim o aluno consiga obter mais entendimento e compreensão do assunto estudado e com isso, relacionar com seu cotidiano. Sabemos que os livros didáticos possuem uma linguagem padronizada e rebuscada, o que muitas vezes, dificulta o aprendizado e faz com os estudantes se sintam desinteressados e desestimulados em aprender.

A escrita algébrica refere-se ao uso de símbolos e notações matemáticas para representar relações, operações, expressões e/ou fórmulas. Através dessas ferramentas é possível expressar conceitos de forma direta e objetiva.

Esta representação está presente nas ciências naturais, assim como na matemática, uma vez que, dentro da área de exatas é possível defini-los de maneira quantitativa. A forma como essa escrita algébrica é trabalhada faz toda diferença na compreensão dos conteúdos. É sabido que muitos estudantes têm aversão às equações, ou mesmo à própria matemática, por isso é preciso desenvolver

essa representação de forma satisfatória, a fim de permitir o conhecimento aos estudantes, facilitando seu aprendizado.

A escrita gráfica, como o próprio nome já indica, faz referência aos gráficos, diagrama, tabelas, representações que são visuais, com o intuito de ilustrar os conceitos. Portanto, gráfico de barras, de dispersão, diagramas envolvendo a geometria, são exemplos desse tipo de representação. Almeja-se usando-a, proporcionar a visualização dos conceitos e, com isso a compreensão dos fenômenos, em outras palavras, das variáveis coletadas, isto é, dos dados adquiridos. Assim, uma das características dessa representação é o caráter estatístico.

As figuras, que também, podemos mencionar como imagens, descrevem os desenhos, esquemas, ilustrações, isto é, representações visuais mais avançadas, as quais visam proporcionar a compreensão dos conceitos. Pesquisas práticas destacam que, o uso de figuras de modo geral, facilitam a compreensão visual dos conceitos.

Em suma, os registros de representações semióticas correspondem a um sistema de significação, isto quer dizer que, é uma maneira de torna algo mais acessível a outrem, proporcionando a comunicação para uma (re) formulação mental. Duval (1993) define as representações semióticas como produções que empregam signos de um sistema de representação. Assim, essas quatro categorias se apresentam como representações semióticas, as quais podem ser trabalhadas como aporte didático facilitador, para a melhoria do processo educacional.

No contexto do ensino de Física, essa teoria revela-se particularmente relevante, uma vez que os fenômenos físicos são frequentemente descritos por múltiplas representações. A dificuldade dos estudantes em resolver problemas não está necessariamente relacionada ao desconhecimento do conceito, mas à incapacidade de interpretar o enunciado, identificar variáveis, converter informações verbais em expressões matemáticas ou interpretar gráficos e tabelas.

Assim, a articulação entre registros semióticos torna-se uma habilidade cognitiva central para a aprendizagem em Física, em conteúdo que envolvem grandezas físicas e relações matemáticas, como na Termodinâmica, em especial nos conceitos associados a temperatura e calor.

3.3 Resolução de problemas e aprendizagem em Física

Historicamente, a resolução de problemas tem sido utilizada como estratégia para consolidar conteúdos e avaliar aprendizagem. Contudo, a literatura brasileira problematiza o modo como essa prática se consolidou na escola, pois muitas vezes, “resolver problemas” se reduz a aplicar fórmulas em exercícios repetitivos, com foco procedimental, o que não garante a compreensão e nem favorece a transferência do conhecimento para situações novas. Sousa e Fávero (2003) observam, a partir de sua experiência e análise, que os estudantes tendem a buscar “a fórmula adequada” para resolver a tarefa, o que denuncia um ensino que privilegia o procedimento em detrimento do campo conceitual.

No campo da pesquisa brasileira em Educação em Ciências/Física, Clement, Terrazzan e Nascimento (2003), analisam práticas didáticas de resolução de problemas e reforçam que uma parte significativa das aulas costuma ser dedicada a essas sessões; entretanto, quando realizadas “de forma tradicional”, diversos pesquisadores apontam um fracasso generalizado, com baixo desempenho discente. Além disso, os autores destacam que, na prática tradicional, torna-se comum os alunos resolverem apenas problemas semelhantes aos já vistos e fracassarem diante de situações novas, evidenciando ausência de autonomia intelectual e de modelagem conceitual.

Nesse contexto, a mesma pesquisa também chama atenção para uma distinção fundamental para a aprendizagem: problema não é sinônimo de exercício. O “simples exercício” tende a exigir apenas a aplicação de algoritmos ou rotinas já decoradas; já um problema, em sentido mais forte, envolve decisão, levantamento de variáveis relevantes, escolha de estratégias e análise dos resultados. Por isso, os autores defendem maior espaço para situações-problema abertas, mais próximas da

realidade, como caminho para desenvolver autonomia e capacidade de enfrentamento de situações do cotidiano. E, assim com a perspectiva de resolução de problemas como atividade investigativa, na qual se elaboram hipóteses, se explicitam parâmetros e se analisam resultados.

De modo geral, a resolução de problemas é amplamente reconhecida como uma estratégia fundamental para o ensino de Física. No entanto, para que seja efetiva, precisa ir além da aplicação de fórmulas. Problemas bem elaborados devem favorecer a interpretação, a análise de situações contextualizadas e a tomada de decisões cognitivas por parte do estudante, levando inclusive a fazer associações com seu cotidiano. É nessa perspectiva, quando fundamentada na articulação de registros semióticos, a resolução de problemas contribui para o desenvolvimento do pensamento físico e matemático, permitindo ao estudante compreender o fenômeno em diferentes níveis de representação e estabelecer relações entre eles.

4. METODOLOGIA

A investigação caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa de campo, de natureza descritiva fundamentada na análise de conteúdo (BARDIN, 2016). O trabalho faz parte da fase exploratória de uma pesquisa de mestrado profissional em Ensino de Física. Participaram estudantes (n=35) do segundo ano do ensino médio de escola pública estadual de Manaus-AM. O estudo foi realizado, no mês de dezembro do ano de 2024, em duas escolas públicas da rede estadual de Manaus-AM, foram elas: E.E. Prof. Júlio César de Moraes Passos e, E. E. Presidente Castelo Branco.

4.1 Instrumento de coleta de dados

O instrumento utilizado foi denominado como *Diagnóstico de Concepções Estudantis sobre Temperatura e Calor em Situações Cotidianas Amazônicas – DCETCSCA[v2]*. Ele consistiu em um teste piloto composto por cinco itens subjetivos de duas camadas, elaborados com o objetivo de avaliar a compreensão conceitual dos estudantes acerca dos conceitos de temperatura e calor explorando uma *adaptação cultural para o contexto amazônico*. A segunda camada se refere ao Índice de Certeza de resposta (ICR) para avaliar o nível de convicção dos respondentes na tomada de decisão (Totalmente um chute a Totalmente convicto) (Braga, 2018). Os itens foram construídos de modo a analisar as respostas dos estudantes, exigindo a articulação entre diferentes registros semióticos, como linguagem verbal, expressões matemáticas e interpretação de situações contextualizadas.

Para ilustrar o resultado das análises, será observado o item 1 do instrumento, na qual foi projetado para explorar o processo de aprendizagem aferindo uma compreensão do conhecimento térmico (pensamento físico) com a interface de conversão entre os sistemas de registros e representação semiótico verbal (linguagem cotidiana do contexto amazônico), numérico e gráfico (pensamento matemático).

Figura 2 – Item 1 do DCETCSA[v2].

QUESTÃO 1: Iara, assim como você, é estudante de uma escola pública do Estado do Amazonas. Em um belo dia de feriado, depois de passar a tarde inteira jogando futebol com seus amigos, ela começou a se sentir mal e febril. Sua mãe, que tem um termômetro em casa guardado no quarto, este climatizado, ambos estando a temperatura ambiente de 22,5 °C, colocou com a ponta metalizada do termômetro embaixo do braço de Iara e o deixa lá por aproximadamente 5 minutos antes de conferir a temperatura, seguindo a recomendação. Estando muito preocupada, a mãe de Iara, resolve acompanhar sua temperatura a cada minuto. A tabela abaixo apresenta, aproximadamente, os valores da temperatura em função do tempo.



Figura 1. Mãe de Iara cuidando de sua filha.

Fonte: Adaptação da obra de <https://www.shutterstock.com/search/termometer> e <https://www.shutterstock.com/search/termometer>.

θ (°C)	22,5	25,5	28,5	31,5	34,5	37,5	37,5
t (min)	0	1	2	3	4	5	6

(a) Qual seria a temperatura de Iara após os 5 minutos aproximadamente? Explique sua resposta de acordo com a Física. (Para responder a essa pergunta, pense sobre como ocorre o processo físico quando você entra em contato com um objeto com temperaturas diferentes, como por exemplo, vestir uma roupa logo após passar o ferro elétrico para desamassar).

(b) Considerando $\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$, escreva por extenso como podemos representar essa expressão algébrica e qual seu valor.

(c) Agora construa um gráfico da temperatura em função do tempo (conforme valores apresentados na tabela) (d) Qual o valor do ângulo α , formado no gráfico? (e) E, qual seu significado físico?

Você se sentiu convicto em todas as respostas fornecidas na questão 1? Verifique novamente as respostas em cada letra da questão 1, e indique com um "X" no quadro abaixo o seu nível de convicção para cada resposta dada.

Letra	Totalmente um chute	Quase um chute	Não tenho certeza	Quase convicto	Totalmente convicto
a					
b					
c					
d					
e					

Fonte: Os

autores.



Para ter a acesso ao teste completo e aos dados, utilize o QR Code.

Para garantir a validade de conteúdo, o instrumento foi submetido à análise de concordância intersubjetiva de dois juízes, com base na Taxonomia de Bloom revisada, considerando níveis cognitivos, estando o item 1 como exemplo classificado como *recordar fatos* quanto ao processo de equilíbrio térmico e temperatura corporal humana.

Figura 3 – Análise taxonômica de Bloom revisada, conforme Braga (2018).

SISTEMA TAXONÔMICO BIDIMENSIONAL		A DIMENSÃO DO CONHECIMENTO			
		Factual (Os elementos básicos que um estudante deve conhecer para se familiarizar com uma disciplina ou resolver problemas).	Conceptual (As interações entre os elementos básicos dentro de uma estrutura maior que lhes permitem funcionar em conjunto).	Processual (Como fazer algo, métodos de investigação e critérios para o uso de habilidades, algoritmos, técnicas e métodos).	Metacognitivo (Conhecimento da cognição em geral, bem como a consciência e conhecimento da própria cognição).
DIMENSÃO DO PROCESSO COGNITIVO	Recordar (Recuperar o conhecimento relevante da memória de longo prazo).	Questão 1b		Questão 5a	
	Compreender (Construir o significado a partir de mensagens instrucionais, incluindo comunicação oral, escrita e gráfica).		Questão 2ª Questão 4a		Questão 1e
	Aplicar (Realizar ou usar um procedimento em uma situação dada).		Questão 3a	Questão 1c Questão 5b	
	Analisar (Decompor o material em partes constituintes e determinar como as partes se relacionam entre si e a uma estrutura ou finalidade geral).		Questão 3b Questão 2c	Questão 1d	Questão 3a
	Avançar (Fazer julgamentos baseados em critérios e padrões).		Questão 4b Questão 2b	Questão 5a	
	Criar (Juntar elementos para formar um todo coerente ou funcional; reorganizar elementos em um novo padrão ou estrutura).				Questão 4b

Fonte: Os autores.

4.2 Procedimentos de análise

Vale ressaltar que o teste foi aplicado em sala de aula, em horário regular, sem consulta a materiais externos. As respostas dos estudantes foram analisadas qualitativamente, buscando identificar padrões de acertos, erros, omissões e dificuldades relacionadas à interpretação dos enunciados e à conversão entre registros semióticos.

Os critérios avaliativos basearam-se nas perspectivas teóricas da teoria das representações semióticas de Raymond Duval. As análises foram aplicadas a serviço do ensino, didática e aprendizagem. Neste estudo, o foco consistiu em enfatizar a didática e o modelo de aprendizagem dentro do processo de resolução de problemas, ou seja, a análise e melhoria do recurso didático, nomeadamente, as questões apresentadas aos estudantes, e a condução da aprendizagem tendo como observação e objetivo o desenvolvimento de competências de representatividade semiótica no processo de resolução de problemas.

4. RESULTADOS

A análise das respostas revelou que os estudantes apresentaram maior dificuldade nos itens que exigiam cálculos associados à interpretação conceitual, evidenciando uma sobrecarga cognitiva quando múltiplos registros precisavam ser articulados simultaneamente.

Observou-se que itens predominantemente conceituais, com menor demanda algébrica, apresentaram maior índice de respostas adequadas, ainda que persistissem concepções alternativas relacionadas à distinção entre calor e temperatura.

Os dados indicam que dificuldades frequentes estavam relacionadas a:

- interpretação inadequada dos enunciados;
- confusão entre grandezas físicas;
- dificuldade em converter informações textuais em expressões matemáticas;
- uso mecânico de fórmulas sem compreensão do fenômeno físico envolvido.

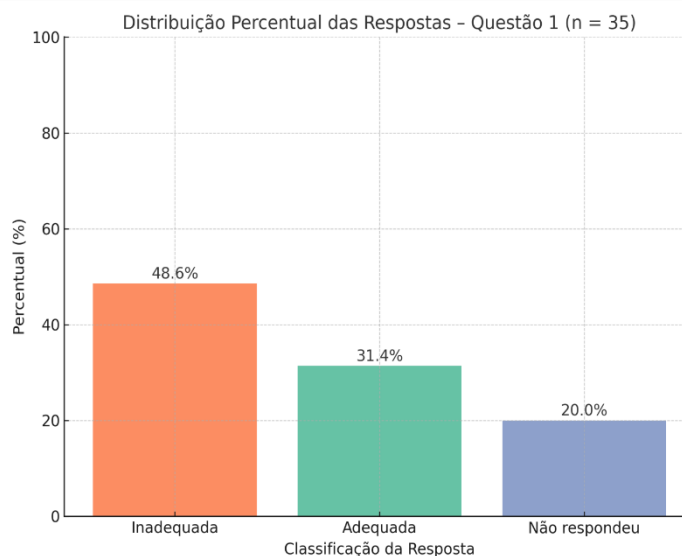
No QR Code apresentado na metodologia, consta o teste completo e aos dados. Sobretudo, para exemplificar é apresentado aqui, apenas o resultado de análise da questão 1. Considerando a proposta de intervenção, na questão 1, destacamos para as categorias de representação semiótica: a língua natural, uma vez que o enunciado da questão foi exposto novamente através da língua materna, e a gráfica, sendo esta última de duas formas: a primeira; apresentando o registro na própria questão, por um diagrama que representa a situação, e segunda; sendo solicitado que o aluno faça o registro, efetuando assim a atividade de conversão.

A categorização das respostas dos estudantes à Questão 1 foi realizada com base em uma análise qualitativa de conteúdo, inspirada na abordagem de Bardin (2016), buscando identificar indícios de compreensão conceitual sobre os processos físicos envolvidos na medição de temperatura corporal. As respostas foram organizadas em três categorias principais, cujos resultados são apresentados na tabela e no gráfico abaixo.

Figura 4 – Distribuição percentual das respostas ao item 1.**Tabela 1.** Classificação das respostas ao item 1.

Classificação	Nº de alunos	Percentual %
Inadequada	17	48,6
Adequada	11	31,4
Não respondeu	7	20,0

Fonte: Os autores.



Fonte: Os autores.

Esses resultados reforçam a relevância da Teoria dos Registros de Representação Semiótica como ferramenta analítica para compreender os obstáculos enfrentados pelos estudantes e evidenciam a necessidade de práticas pedagógicas que favoreçam explicitamente a conversão entre registros.

Além disso, os resultados apontam para a importância da contextualização e regionalização dos itens, bem como da valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes, como elementos que podem reduzir a carga cognitiva e favorecer a aprendizagem significativa. Os dados obtidos promoveram subsídios ao aperfeiçoamento dos itens, como: reformulação contextual, necessitando objetividade e clareza nos enunciados; observando-se maior carga cognitiva nos itens que exigem cálculos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os registros de representações semióticas consistem em um sistema de significação, isto quer dizer que, é uma maneira de torna algo mais acessível a outrem, proporcionando a comunicação para uma (re) formulação mental. Duval (1993) define as representações semióticas como produções que empregam signos de um sistema de representação. Desse modo, essas quatro categorias se apresentam como representações semióticas, as quais podem ser trabalhadas como aporte didático facilitador, para a melhoria do processo educacional.

Este estudo evidenciou que a articulação de registros semióticos desempenha papel central na compreensão dos conceitos de temperatura e calor no ensino médio. As dificuldades observadas não se limitam ao domínio matemático, mas estão fortemente associadas à interpretação e conversão entre diferentes formas de representação.

Os resultados do teste piloto forneceram subsídios importantes para o aperfeiçoamento do instrumento, reformulação contextual, indicando a necessidade de maior objetividade e clareza nos enunciados, isto é, equilíbrio na demanda cognitiva, pois observou-se maior demanda cognitiva nos itens que exigem cálculos. Os resultados apontam caminhos para aprimoramento dos itens avaliativos e para uma abordagem pedagógica mais eficaz na mediação de conceitos científicos. Nesse cenário, entende-se que um ensino promissor deve possuir algumas características como por exemplo, a Contextualização/Regionalização, assim como a Valorização do Conhecimento Prévio dos Estudantes.

Assim, conclui-se que um ensino de Física promissor deve:

- valorizar a articulação entre registros semióticos;
- incentivar a interpretação conceitual antes da aplicação de fórmulas;
- considerar os conhecimentos prévios dos estudantes;
- promover situações-problema contextualizadas e significativas.

Sugere-se que a apreensão intelectual é possível de ser desenvolvida, quando se busca promover o desenrolar dos problemas de física com a inserção de uma variedade de registros de representação semiótica.

Espera-se que este trabalho tenha apresentado satisfatoriamente a teoria de Raymond Duval e sua relação didática com a física, uma vez que possa ser compreendida e aplicada por professores de Física e, contribua para reflexões e práticas pedagógicas que qualifiquem o ensino de Termodinâmica e fortaleçam a aprendizagem conceitual em Física.

REFERÊNCIAS

- Braga, M. B. P. (2018). *Escala de proficiências em concepções térmicas: diagnóstico psicométrico de estudantes em Portugal e Brasil* [Tese de doutorado, Universidade de Coimbra; Universidade Federal de Santa Catarina].
- Clement, L., Terrazzan, E. A., & Nascimento, T. B. (2003). Resolução de problemas no ensino de Física baseado numa abordagem investigativa. In *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*.
- Denardi, V. B., & Bisognin, E. (2019). Representações semióticas: contribuições para o estudo do conceito de função. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 10(2), 142–159. <https://doi.org/10.26843/rencima.v10i2.2339>
- Duval, R. (2009). *Semiósis e pensamento humano: registros semióticos e aprendizagens intelectuais*. São Paulo: Livraria da Física.
- Garcia, J. C. (2014). *Conversión de representaciones semióticas de un registro numérico a otro y construcción de significados* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Gomes, J. C. S. P., Silva, K. A. P. da, & Nunomura, A. R. T. (2023). Registros de representação semiótica nos anos iniciais do ensino fundamental: análise de uma atividade de modelagem matemática. *Criar Educação*, 12(2), 189–210. <https://doi.org/10.18616/ce.v12i2.8171>
- Gómez Rodríguez, N. J., Sánchez Monroy, D. H., & Sepúlveda Delgado, O. (2021). La comprensión del movimiento rectilíneo a través de las representaciones semióticas. *Revista Boletín Redipe*, 10(1), 195–204. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i1.1173>
- Guzmán Retamal, I. (1998). Registros de representación, el aprendizaje de nociones relativas a funciones: voces de estudiantes. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa (RELIME)*, 1(1), 5–21. <https://www.redalyc.org/pdf/335/33510102.pdf>
- Köhnlein, J. F., & Peduzzi, S. S. (2002). Um estudo a respeito das concepções alternativas sobre calor e temperatura. *Revista Brasileira de Investigação em Educação em Ciências*, 2(3), 84–96.

- Lima, L. G. de. (2019). A teoria dos registros de representação semiótica: contribuições para o ensino e aprendizagem da Física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(3). <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n3p196>
- Paraol, C. M., & Rodriguês, J. S. (2018). Os registros de representação semiótica de frações em atividades envolvendo tratamento e conversão. *REMAT: Revista Eletrônica da Matemática*, 4(2), 21–37. <https://doi.org/10.35819/remat2018v4i2id3019>
- Pires, R. F., & Barbosa, G. D. S. (2018). Representações de função: uma análise das produções de professores do ensino médio. *Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática*, 13(1), 288–306. <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2018v13n1p288>
- Rojas Garzón, P. J. (2012). *Articulación y cambios de sentido en situaciones de tratamiento de representaciones simbólicas de objetos matemáticos* [Tese de doutorado]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colômbia.
- Santana, L., Gualandi, J., & Soares, M. (2019). Registros de representação semiótica: experiência no ensino de funções quadráticas com alunos do Ensino Médio Integrado. *Educação Matemática Debate*, 3(7), 8–30. <https://doi.org/10.24116/emd.v3n7a01>
- Santos, M. C. et al. (2009). Concepções de calor e temperatura de alunos cegos. In *ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*.
- Sousa, C. M. S. G. de, & Fávero, M. H. (2003). Concepções de professores de Física sobre resolução de problemas e o ensino da Física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 3(1), 58–69.
- Xavier, C., & Barreto, B. (2010). *Coleção Física aula por aula: Vol. 2 – Ensino Médio: Mecânica dos fluidos*. São Paulo: FTD.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À agência brasileira Fundação de Amparo a Pesquisa à Ciência e Tecnologia do Amazonas (FAPEAM), Projeto POSGRAD 2025/2026 – IFAM, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.