

REGISTROS SEMIÓTICOS E AS RELAÇÕES NA COMPREENSÃO DOS CONCEITOS DE TEMPERATURA E CALOR: EVIDÊNCIAS PRELIMINARES DE UMA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Semiotic records and relations in understanding the concepts of temperature and heat: preliminary evidence from a performance assessment

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: 06/03/2026

Aceito em: 04/09/2026

Resumo

Considera-se o pensamento matemático a serviço da compreensão dos conceitos de temperatura e calor. Dentro do processo de resolução de problemas, as análises fundamentam-se na Teoria dos Registros de Representação Semiótica, de Raymond Duval. Entende-se que o pensamento matemático se articula com o pensamento físico remetendo a subsídios favoráveis no ensino do conhecimento térmico. Pergunta-se: “Quais as implicações necessárias para um ensino eficaz na apreensão do conhecimento térmico a partir das conversões de registros semióticos?” A investigação possui um enfoque qualitativo e descritivo da avaliação de desempenho (n=98) de estudantes do 2º ano do ensino médio de uma escola pública estadual de Manaus-AM em dezembro de 2024. O instrumento contém 26 itens, no formato de múltipla escolha (5 alternativas), seguidos de uma questão de certificação de sua convicção (Índice de Certeza de Resposta). Os resultados preliminares indicam escore médio com nota 3,0, indicando um teste difícil com 95% dos respondentes com nota menor ou igual a 5 numa escala estimada de zero a 10. Neste artigo, apresentam-se os resultados gerais do instrumento e, de forma aprofundada, a análise qualitativa do *item 9*, o qual mostrou maior valor de discriminação, permitindo através dessas informações, reflexões pedagógicas. Entende-se que os desafios de um ensino promissor devem compreender as dificuldades inerentes a natureza epistemológica do conteúdo e o seu legítimo conhecimento pedagógico na didática da Física.

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

Abstract

Mathematical thinking is considered to serve the understanding of the concepts of temperature and heat. Within the problem-solving process, the analyses are based on Raymond Duval's Theory of Semiotic Representation Registers. It is understood that mathematical thinking articulates with physical thinking, providing favorable support in the teaching of thermal knowledge. The question is: "What are the necessary implications for effective teaching in the apprehension of thermal knowledge from the conversions of semiotic registers?" The investigation has a qualitative and descriptive approach to the performance evaluation (n=98) of 2nd-year high school students from a state public school in Manaus-AM in December 2024. The instrument contains 26 items, in multiple-choice format (5 alternatives), followed by a question to certify their conviction (Response Certainty Index). Preliminary results indicate an average score of 3.0, suggesting a difficult test with 95% of respondents scoring 5 or less on an estimated scale of zero to 10. This article presents the overall results of the instrument and, in depth, a qualitative analysis of item 9, which showed the highest

discrimination value, allowing for pedagogical reflections based on this information. It is understood that the challenges of promising teaching must encompass the difficulties inherent in the epistemological nature of the content and its legitimate pedagogical knowledge in physics didactics.

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

1. INTRODUÇÃO

A compreensão dos conceitos de temperatura e calor constitui um desafio recorrente no Ensino de Física, especialmente no Ensino Médio, em função de dificuldades conceituais persistentes, confusões terminológicas e da complexidade epistemológica inerente à Física Térmica. Diversas pesquisas apontam que estudantes tendem a confundir calor com temperatura, a interpretar o calor como substância e a apresentar dificuldades na leitura, interpretação e conversão entre diferentes representações envolvidas na resolução de problemas térmicos.

Nesse contexto, a resolução de problemas assume papel central no desenvolvimento do pensamento físico-matemático, exigindo dos estudantes a mobilização articulada de diferentes registros de representação. A *Teoria dos Registros de Representação Semiótica* (TRRS), proposta por Raymond Duval, oferece um aporte teórico consistente para analisar como os estudantes compreendem conceitos científicos a partir da coordenação e conversão entre registros verbais, numéricos, algébricos e gráficos.

Diante desse cenário, este trabalho investiga as implicações das conversões entre registros semióticos na compreensão dos conceitos de temperatura e calor, a partir de uma avaliação de desempenho aplicada a estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual de Manaus-AM.

A questão que norteia esta investigação é: **“Quais as implicações necessárias para um ensino eficaz na apreensão do conhecimento térmico a partir das conversões de registros semióticos?”**

Assim, esta investigação possui um enfoque qualitativo e descritivo da avaliação de desempenho (n=98) de estudantes do 2º ano do ensino médio de uma escola pública estadual de Manaus-AM em dezembro de 2024.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Teoria dos Registros de Representação Semiótica e aprendizagem em Física

A TRRS, proposta por Raymond Duval (1995), tem sido mobilizada em pesquisas brasileiras para explicar por que estudantes, mesmo realizando procedimentos, frequentemente não consolidam a compreensão conceitual: a aprendizagem depende da coordenação entre registros e, sobretudo, das conversões. Nesse sentido, a TRRS permite distinguir operações cognitivas diferentes e mapear onde se instalam obstáculos de compreensão. Duval (2012) afirma que a análise das resoluções evidencia a necessidade de diferenciar tratamentos e conversões, e destaca que o entendimento conceitual emerge quando o estudante coordena registros distintos: “o aluno é capaz de mobilizar e de coordenar espontaneamente dois registros de representação para um mesmo objeto”.

No ensino de Física, essa lente é especialmente fecunda porque os objetos físicos são apresentados simultaneamente em linguagem natural, símbolos, equações, tabelas, gráficos, diagramas e situações experimentais. Assim, o desempenho em tarefas não depende apenas de “saber a fórmula”, mas de reconhecer invariantes conceituais em representações diferentes e transitar entre elas (por exemplo: relacionar uma descrição verbal de equilíbrio térmico com a igualdade de temperaturas e com um gráfico temperatura-tempo).

Pesquisas brasileiras evidenciam que, em tarefas de Física, dificuldades aparecem quando a resolução exige transformabilidade entre representações. Santos e Curi (2015), ao analisarem mobilizações de conteúdos matemáticos em tarefas de Física, destacam explicitamente essa relação: “dificuldades que alunos podem ter (...) associam-se com a transformabilidade de um registro de representação semiótica.” Esse resultado apoia, teoricamente, a ideia de que erros e baixos escores podem estar menos ligados ao “cálculo” e mais à forma como o estudante identifica unidades significantes e converte registros (por exemplo, do texto para a modelagem e desta para uma interpretação física coerente).

No mesmo horizonte, Lima (2009) discute a TRRS como contribuição teórico-metodológica para a Física escolar e explicita as operações cognitivas centrais, aplicando-as a problemas “canônicos” de Física. O autor sintetiza o núcleo da TRRS para o campo: “as atividades cognitivas fundamentais de representação ligadas às semiósis: formação, tratamento e conversão” e defende que sua análise favorece uma compreensão integrativa dos conceitos em Física. Essa perspectiva é particularmente relevante para conteúdos de Física Térmica, nos quais o estudante precisa coordenar (i) fenômenos observáveis (misturas, aquecimento, mudanças de fase), (ii) linguagem científica (equilíbrio térmico, calor como energia em trânsito), (iii) relações matemáticas e (iv) representações gráficas (curvas de aquecimento/resfriamento).

2.2 Concepções alternativas em calor e temperatura e seus impactos no desempenho

Além das dimensões semióticas, pesquisas brasileiras reiteram que estudantes chegam à escola com concepções alternativas robustas, com poder explicativo no cotidiano, mas incompatíveis com o modelo científico. Estudos diagnósticos e discussões no campo apontam que tais ideias são resistentes e interferem diretamente no aprendizado formal. Um trabalho de pesquisa em ensino (anais) explicita a necessidade de lidar pedagogicamente com essas concepções ao tratar calor e temperatura, propondo diagnóstico e intervenção: “instrumento prático, capaz de lidar com as concepções alternativas dos alunos, objetivando a superação das mesmas” e observa que parte da área ainda carece de investigações que detalhem como trabalhar essas ideias no cotidiano da sala de aula.

O mesmo texto descreve um ponto essencial para o seu tema: as concepções alternativas não são apenas “erros isolados”, mas estruturas que persistem mesmo após instrução: “tais conceitos resultam muito resistentes à mudança, persistindo mesmo após uma longa instrução científica.” Para

Física Térmica, isso se manifesta em interpretações substancialistas, como tomar “calor” por algo que o corpo “tem” (e não energia em trânsito). O trabalho sintetiza concepções típicas reportadas na literatura brasileira: “calor é entendido como uma substância, uma espécie de fluido” e “temperatura é a medida do calor”.

Essas concepções impactam fortemente o desempenho em itens que exigem distinguir temperatura de calor, compreender equilíbrio térmico (Lei Zero), ou interpretar mudança de fase (calor latente), pois o estudante pode acertar aplicações diretas, mas falhar quando a tarefa exige justificar conceitualmente, interpretar um gráfico ou reconhecer invariantes em registros diferentes. Assim, do ponto de vista teórico, os resultados de desempenho (escores baixos, distratores consistentes e alta dificuldade em itens específicos) podem ser interpretados como expressão combinada de: (a) concepções alternativas resistentes e (b) dificuldades de conversão entre registros semióticos, especialmente quando o item demanda coordenação entre fenômeno, linguagem científica e representação matemática/gráfica.

3. METODOLOGIA

A investigação caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa de campo, de natureza descritiva fundamentada na análise de conteúdo (Bardin, 2016).

A pesquisa possui caráter qualitativo e descritivo, baseada em uma avaliação de desempenho aplicada a 98 estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual de Manaus-AM, no mês de dezembro de 2024.

O instrumento de coleta de dados consistiu em um teste referente ao pensamento Físico (concepções alternativas): Shelley Yeo e Marjan Zadnik (2001) – *Thermal Concept Evaluation* (TCE), sendo composto por vinte e seis itens, no formato de múltipla escolha (5 alternativas), seguidos de uma questão de certificação de usa convicção na tomada de decisão (Índice de Certeza de Resposta), tendo foco no conhecimento do conteúdo da Termodinâmica, com nível de introdução à faculdade, ensino médio. A duração estimada: 30 min (limite de 60 min).

O teste aplicado integrou uma bateria mais ampla de avaliação. Destaca-se entre os resultados gerais do instrumento e, de forma aprofundada, a análise qualitativa do *item 9*, por ter pontuado maior valor de discriminação, e por mobilizar diferentes registros de representação semiótica, assim 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 semiótica. Dessa forma, o instrumento analisado pontua coerência na promoção de habilidades cognitivas mais complexas, contribuindo para uma aprendizagem significativa no ensino de Termodinâmica.

A análise das competências científicas relacionadas à compreensão do comportamento térmico, estruturada a partir de duas dimensões do conhecimento: processual e categórica (Figura 1). Nota-se a organização dos objetivos de aprendizagem em níveis progressivos, contemplando a partir da compreensão de conceitos fundamentais, como sensação térmica e equilíbrio térmico, até a aplicação e avaliação de procedimentos associados às trocas de calor e ao uso de isolantes térmicos. Ademais, exhibe a articulação entre conhecimentos conceituais e processuais, destacando a importância da comparação entre materiais com diferentes propriedades térmicas e a interpretação de situações do cotidiano.

COMPETÊNCIA CIENTÍFICA ASSOCIADA A: <i>Compreensão do Comportamento Térmico de acordo com as Propriedades Térmicas.</i>	
⇒ Compreender sobre a concepção de <u>equilíbrio térmico</u> comparando corpos com diferentes propriedades térmicas (plástico, metal, madeira, etc.) sem que haja mudança de fase, no caso envolvendo tanto o uso de um termômetro quanto a sensação térmica. (Dimensão Processual do Conhecimento)	y9, y14, y24 Comparação do comportamento térmico entre diferentes corpos postos lado a lado
⇒ Conceitual 2.2 – Conhecimento dos princípios e generalizações, no caso, que a Lei Zero da Termodinâmica garante a existência de equilíbrio térmico entre diferentes corpos sob as mesmas condições climáticas ambientais da vizinhança. (Dimensão Categórica do Conhecimento).	

Figura 1. Análise das competências do instrumento na qual situa o item 9. Fonte: Braga (2018).

As respostas dos estudantes foram analisadas a partir de uma escala de pontuação de zero a dez, considerando critérios de correção previamente definidos. Os dados quantitativos foram organizados em planilha eletrônica e analisados de forma descritiva, enquanto as respostas foram interpretadas à luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica.

4. RESULTADOS

Os resultados apresentados neste estudo baseiam-se na análise do desempenho de 98 estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual de Manaus-AM, considerando o instrumento de avaliação aplicado sobre os conceitos de temperatura e calor. O teste foi estruturado a partir de itens de múltipla escolha associados ao Índice de Certeza de Resposta (ICR), permitindo observar não apenas o percentual de acertos, mas também o grau de convicção dos estudantes em suas escolhas. Os dados analisados foram apresentados e discutidos na apresentação oral realizada no IV ENMNPEF e IX EBEF 2025, os quais evidenciam dificuldades conceituais relevantes na apreensão dos conceitos de temperatura e calor por parte dos estudantes.

A análise global do instrumento indicou um desempenho abaixo do esperado em conteúdos introdutórios de Física Térmica, evidenciando dificuldades conceituais persistentes relacionadas à distinção entre calor e temperatura, equilíbrio térmico, calor sensível e mudança de fase. Ademais, a partir do instrumento aplicado, indica que o teste apresentou elevado grau de dificuldade, com concentração significativa de escores em níveis baixos e médios. Tal comportamento sugere limitações na compreensão conceitual dos fenômenos térmicos, especialmente no que se refere à distinção entre calor e temperatura e à interpretação de processos como aquecimento, resfriamento e mudança de fase. Observou-se que os estudantes apresentaram maior dificuldade em itens que exigiam articulação entre diferentes registros de representação semiótica, especialmente nas situações em que era necessário converter informações verbais em interpretações gráficas, pictóricas ou matemáticas. A partir disso, de acordo com a perspectiva da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, nota-se que as dificuldades não estão restritas à manipulação matemática, mas associam-se, sobretudo, à incapacidade de realizar conversões adequadas entre diferentes registros. Muitos estudantes demonstraram dependência excessiva do registro verbal, sem articulação consistente com registros gráficos, pictóricos ou matemáticos, o que compromete a apreensão do fenômeno físico subjacente.

Ressalta-se que as dificuldades não se restringem à realização de cálculos algorítmicos, mas envolvem limitações na compreensão conceitual dos fenômenos físicos. Em diversos itens, em especial aos relacionados à Lei Zero da Termodinâmica e ao equilíbrio térmico, verificou-se a presença de concepções alternativas recorrentes, como a interpretação substancialista do calor, a ideia de que a temperatura continua aumentando durante a mudança de fase e a dificuldade em compreender o equilíbrio térmico entre corpos submetidos às mesmas condições ambientais. As concepções indicam uma compreensão fragmentada do fenômeno, em que os registros são tratados de forma isolada, sem reconhecimento de sua complementaridade.

De modo geral, os itens relacionados à interpretação de fenômenos térmicos cotidianos apresentaram maior índice de acertos quando comparados às questões que exigiam coordenação entre múltiplos registros semióticos. Por outro lado, os itens que demandavam maior abstração conceitual e integração entre linguagem verbal, representação matemática e interpretação física apresentaram índices mais elevados de erro e insegurança nas respostas, evidenciando fragilidades no processo de conversão semiótica descrito por Duval. Tal aspecto reforça a importância da TRRS como ferramenta interpretativa para compreender os obstáculos cognitivos presentes na aprendizagem da Física Térmica, uma vez que com a análise dos distratores permitiu identificar padrões consistentes de respostas associadas a concepções alternativas. Muitos estudantes demonstraram compreender parcialmente os fenômenos físicos, porém sem conseguir estabelecer relações coerentes entre diferentes formas de representação do mesmo conceito.

Entre os itens do instrumento, o *item 9* apresentado abaixo, foi selecionado para análise qualitativa aprofundada, por ter apresentado maior valor de discriminação, e por mobilizar diferentes registros de representação semiótica e evidenciar concepções alternativas recorrentes relacionadas ao equilíbrio térmico e às trocas de calor.

Item 9. Samuel pega uma lata e uma garrafa plástica de refrigerante da geladeira, onde tinham sido colocados na noite anterior. Ele rapidamente coloca um termômetro no refrigerante contido na lata. A temperatura é de 7 °C. Quais são as temperaturas mais prováveis da garrafa de plástico e do refrigerante de seu interior?

Essa questão avalia principalmente a compreensão dos conceitos de temperatura, equilíbrio térmico e da diferença entre sensação térmica e temperatura real, sendo uma boa questão conceitual para diagnosticar concepções alternativas em Física Térmica no Ensino Médio.

A categorização das respostas dos estudantes foi realizada com base na análise de conteúdo inspirada em Bardin (2016), buscando identificar níveis de compreensão conceitual sobre os processos físicos envolvidos na situação proposta.

A distribuição percentual das respostas ao *item 9* associada ao índice de certeza das respostas dos participantes, permitindo uma análise integrada entre desempenho e grau de confiança. As respostas foram organizadas em três categorias principais (Figura 2).

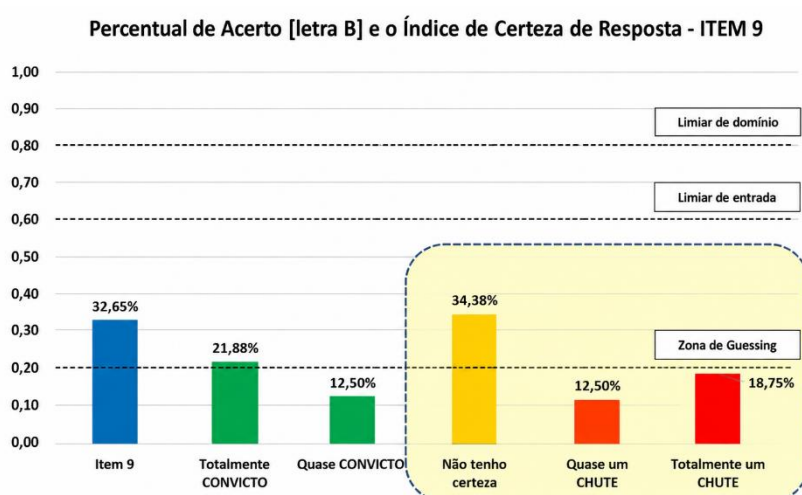


Figura 2. Distribuição percentual das respostas ao item 9. Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se que, embora o percentual de acerto seja moderado, há concentração significativa de respostas nos níveis intermediários e baixos de certeza, especialmente na zona de “guessing”,

indicando insegurança conceitual e possibilidade de respostas ao acaso. Além disso, verificou-se a presença de respostas incorretas acompanhadas de elevada convicção, aspecto que sugere a consolidação de concepções alternativas relacionadas aos conceitos de calor e temperatura. Os limiares de entrada e domínio indicados (Figura 2) demonstram que o desempenho geral dos estudantes ainda se encontra abaixo do nível esperado para a consolidação conceitual do conteúdo, demonstrando assim, a necessidade de intervenções pedagógicas que favoreçam a concretização conceitual e o desenvolvimento da confiança nas respostas dadas.

Os resultados obtidos neste estudo, reforçam a necessidade de práticas pedagógicas que favoreçam explicitamente a coordenação e a conversão entre múltiplos registros semióticos, articulando representações verbais, gráficas, matemáticas e pictóricas dos fenômenos térmicos, como estratégia de ensino. Nesse sentido, entende-se que a conversão semiótica constitui como elemento para a consolidação da aprendizagem significativa em Física Térmica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo evidenciam que a compreensão dos conceitos de temperatura e calor está diretamente relacionada à capacidade dos estudantes de mobilizar e converter diferentes registros de representação semiótica durante a resolução de problemas em Física Térmica. As dificuldades observadas não se restringem à aplicação de fórmulas matemáticas ou procedimentos algorítmicos, mas envolvem aspectos conceituais, interpretativos e epistemológicos relacionados à apreensão do fenômeno físico. Ressalta-se que a análise do instrumento revelou a presença de concepções alternativas persistentes, especialmente relacionadas à distinção entre calor e temperatura, ao equilíbrio térmico e aos processos de mudança de fase.

À luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, conclui-se que a aprendizagem em Física depende não apenas do domínio operacional de procedimentos, mas também da capacidade de estabelecer relações entre diferentes formas de representação do conhecimento científico. Nesse sentido, os resultados reforçam a relevância da teoria de Raymond Duval como referencial teórico para interpretar obstáculos cognitivos presentes na aprendizagem da Física Térmica.

Por fim, espera-se que este estudo contribua para reflexões sobre o ensino de Física, especialmente no que se refere à articulação entre pensamento físico e pensamento matemático mediado por registros semióticos, favorecendo discussões sobre práticas pedagógicas voltadas à aprendizagem significativa dos conceitos térmicos.

No que diz respeito a implicações didáticas propriamente ditas, os achados desta investigação apontam para a necessidade de práticas pedagógicas que explorem explicitamente múltiplos registros de representação semiótica no ensino de Física Térmica, utilizando descrições verbais, gráficos, tabelas, representações pictóricas, experimentos e equações matemáticas de forma articulada.

Recomenda-se o desenvolvimento de atividades que favoreçam a conversão entre registros semióticos, como a interpretação de gráficos a partir de fenômenos experimentais, a elaboração de explicações verbais para representações matemáticas e a construção de modelos pictóricos associados especialmente aos conceitos de temperatura, calor e equilíbrio térmico.

Ademais, os resultados apontam a importância de abordar pedagogicamente as concepções alternativas dos estudantes, especialmente aquelas relacionadas à interpretação substancialista do calor e à confusão entre calor e temperatura. Nesse contexto, os distratores identificados no

instrumento podem ser utilizados como ferramentas diagnósticas para orientar intervenções didáticas mais direcionadas às dificuldades cognitivas observadas.

Finalmente, entende-se que a valorização da conversão entre registros semióticos pode contribuir para o desenvolvimento de competências científicas mais amplas, favorecendo uma compreensão conceitual mais consistente e significativa dos fenômenos térmicos. Com isso, espera-se que este estudo possa ser compreendido e aplicado para o ensino e aprendizagem em 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].
- Duval, R. (2009). *Semiósis e pensamento humano: registros semióticos e aprendizagens intelectuais*. São Paulo: Livraria da Física.
- Duval, R. (2012). *Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento*. Revista Eletrônica de Educação Matemática, 2, 266–297.
- Lima, V. M. do R. (2009). A teoria dos registros de representação semiótica como ferramenta teórica para a análise da aprendizagem em Física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 14(2), 167–183.
- Santos, E. R., & Curi, E. (2015). A mobilização de conteúdos matemáticos em tarefas da Física: uma análise à luz da teoria dos registros de representação semiótica. *Bolema*, 29(53), 893–915.
- Yeo, S., & Zadnik, M. (2001). Avaliação introdutória de conceitos térmicos: avaliando a compreensão dos alunos. *The Physics Teacher*, 39(8), 496–504.

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