ISSN: 2358-8829

DO CALOR AO MOVIMENTO: O MOTOR POP-POP NO ENSINO INVESTIGATIVO DE TERMODINÂMICA E MECÂNICA CLÁSSICA

Jhonatan Helwy Silva de Fontes[1]
Breno Araújo Rodrigues[2]
Francilene Emelly de Lima Maia[3]
Karlo Sergio Medeiros Leopoldino[4]

INTRODUÇÃO

Ministrar aulas de Termodinâmica e de Mecânica Clássica no ensino médio costuma seguir um roteiro bastante engessado: definições escritas no quadro, leitura de capítulos isolados do livro didático e listas extensas de problemas numéricos. Poucos estudantes chegam a ver uma máquina térmica funcionar de perto. Na hora da avaliação escrita, a turma até reproduz as equações de trabalho mecânico ou das Leis de Newton, mas tem muita dificuldade para explicar como o calor se transforma em movimento real fora do papel (Dias, 2023; Abrão Filho, 2026a).

A infraestrutura das escolas públicas brasileiras ajuda a explicar esse cenário. Faltam laboratórios equipados, bancadas de teste e kits comerciais de Física Térmica na maioria das redes de ensino (Baptista Filho et al., 2025). Diante dessa limitação material, a montagem de protótipos artesanais de baixo custo com embalagens descartáveis e sucata doméstica oferece uma alternativa viável para unir precisão conceitual e prática de bancada (Abrão Filho, 2026b; Sousa et al., 2025). Essa proposta dialoga com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que orienta a escola básica a exercitar a investigação científica, a formulação de hipóteses e a resolução de problemas práticos nas Ciências da Natureza (Brasil, 2018).

[1] Graduando do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), jhonatanfontes18@gmail.com;
[2] Graduando do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), brenoaraujor15@gmail.com;
[3] Graduanda do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), francilene.maia@outlook.com;
[4] Mestre, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN, karlo.sergio@ifrn.edu.br.

O manuseio de sucatas no laboratório, contudo, precisa de sustentação cognitiva para não virar simples recreação manual. Na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003), um conhecimento novo só adquire sentido duradouro e não arbitrário quando interage com ideias prévias relevantes (os subsunçores) já presentes na estrutura mental do estudante, processo que Moreira (2011) associa ao uso de materiais potencialmente significativos combinados a roteiros de descoberta. Cabe ao professor, portanto, evitar a entrega imediata de respostas prontas e lançar problemas que provoquem instabilidade cognitiva na turma (Santos, 2008).

Neste artigo, relatamos uma oficina investigativa de construção e teste do barco a vapor, conhecido popularmente como motor pop-pop (Abrão Filho, 2026a; Sousa et al., 2025). Nosso objetivo foi descrever e discutir como a turma reagiu à confecção artesanal dos cascos e das caldeiras metálicas, com foco no envolvimento prático dos jovens e na revisão de concepções alternativas sobre calor, trabalho mecânico e ação e reação (Bucussi, 2006; Lima, 2018).

Além desta introdução, o trabalho divide-se em quatro seções. Na Metodologia, descrevemos o perfil da turma participante, as cinco etapas da oficina e os materiais empregados na construção dos barcos. O Referencial Teórico articula os princípios das máquinas térmicas e da propulsão newtoniana aos fundamentos esquemáticos da Teoria da Aprendizagem Significativa. Na sequência, a seção de Resultados e Discussão examina o processo de montagem das caldeiras, o entusiasmo dos alunos na personalização dos cascos e a análise física dos testes na água; por fim, as Considerações Finais sintetizam o alcance pedagógico da experiência, suas limitações e sugestões para estudos futuros.

METODOLOGIA

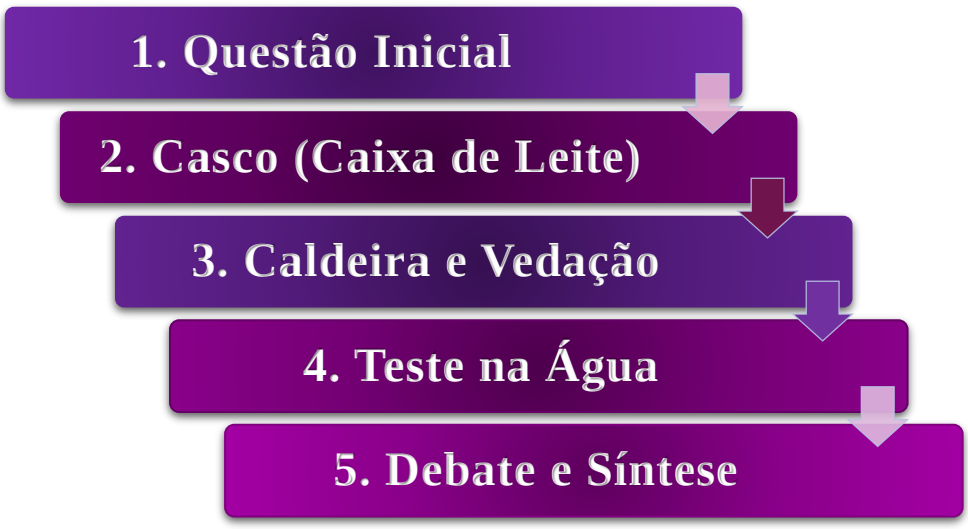
Desenvolvemos este trabalho como um relato de experiência de abordagem qualitativa e caráter descritivo. Segundo Moreira (2009), a pesquisa qualitativa no ensino de ciências permite ao professor pesquisador documentar comportamentos, falas espontâneas e dificuldades práticas diretamente no ambiente escolar para compreender como o grupo constrói significados. Aplicamos a oficina no laboratório de Física no dia 15 de setembro de 2026, durante dois horários consecutivos do turno vespertino (das 14h40 às 16h10), com os 40 estudantes da turma 1V do curso técnico integrado em

Mecânica; organizamos as tarefas em níveis graduais de exigência técnica e conceitual, em acordo com o princípio da diferenciação progressiva (Ausubel, 2003).

Nenhuma lista fechada de exercícios foi aplicada durante a oficina. Acompanhamos o desenvolvimento da atividade pela observação direta das bancadas, pelo registro das hipóteses que as equipes levantavam antes de colocar os barcos na água e pela escuta das discussões durante os ajustes das caldeiras. Como apontam Araújo e Abib (2003), as práticas experimentais investigativas ganham maior valor formativo quando os alunos precisam prever o funcionamento do dispositivo e confrontar suas ideias iniciais com os desafios reais da montagem.

Estruturamos o encontro em cinco etapas voltadas à autonomia estudantil (Santos, 2008; Abrão Filho, 2026b): problematização inicial sobre máquinas a vapor, corte e personalização dos cascos, montagem e vedação do motor térmico, testes de propulsão na água e debate coletivo para síntese física. Toda a etapa construtiva ocorreu antes da formalização matemática no quadro. A Figura 1 sintetiza o percurso adotado.

Figura 1: Fluxograma das etapas da oficina do barquinho pop-pop no laboratório de Física.



Fonte: elaboração própria, 2026.

Para construir os barcos a vapor, as equipes utilizaram materiais simples e de baixo custo: caixas de leite vazias (embalagens cartonadas Tetra Pak), fita isolante, latinhas descartáveis de alumínio, canudos plásticos flexíveis, velas comuns de parafina, bastões de cola quente (silicone termoplástico) para vedação, tesouras, água em

temperatura ambiente e uma bacia plástica larga como tanque de provas. A facilidade de acesso a esses insumos permite replicar a atividade em qualquer escola básica sem depender de equipamentos caros de laboratório (Abrão Filho, 2026b; Sousa et al., 2025). Para resguardar a privacidade dos jovens, os registros fotográficos apresentados nas Figuras deste artigo enquadraram apenas os protótipos construídos e os testes na bacia.

REFERENCIAL TEÓRICO

O funcionamento de uma máquina térmica a vapor apoia-se nas leis de conservação e degradação da energia estudadas na Termodinâmica (Cavagnoli, 2025; Costa; Alcantara, 2025). Pela Primeira Lei da Termodinâmica, a variação da energia interna de um sistema relaciona-se ao calor trocado e ao trabalho realizado conforme $\Delta U = Q - W$ (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Nussenzveig, 2018). Quando uma porção de água confinada no interior de uma caldeira metálica recebe calor de uma chama, sua temperatura sobe até atingir a mudança de fase líquido-vapor, processo governado pelo calor latente de vaporização $Q = m \cdot L$ (Baptista Filho et al., 2025; Nussenzveig, 2018). A vaporização brusca provoca uma grande expansão volumétrica do gás, descrita de forma aproximada pela equação de estado $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$, o que eleva a pressão interna e expulsa parte da coluna líquida pelos tubos de exaustão; logo em seguida, o vapor entra em contato com a parede fria dos canudos, condensa rapidamente, reduz a pressão interna e aspira água fria de volta para reiniciar o ciclo (Abrão Filho, 2026a; Sousa et al., 2025).

A passagem desse ciclo termodinâmico para o movimento do barco no tanque obedece aos princípios da Mecânica Clássica. De acordo com a Terceira Lei de Newton (princípio da ação e reação), toda força exercida pelo motor sobre a massa de água expelida para trás corresponde a uma força de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto aplicada pela água sobre a estrutura do barco, expressa vetorialmente por $F_{12} = -F_{21}$ (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Lima, 2018). Pela relação entre impulso e quantidade de movimento ($\Delta p = F \cdot \Delta t$), mesmo que o barco aspire água na fase de condensação por múltiplas direções ao redor das ponteiras submersas, a expulsão concentrada em jato direcional garante um empuxo líquido para a frente (Abrão Filho, 2026a).

Articular mudança de fase, pressão gasosa e dinâmica newtoniana num único objeto costuma desafiar a intuição dos estudantes. Bucussi (2006) observa que os alunos

frequentemente trazem concepções alternativas do cotidiano nas quais calor, temperatura e força aparecem misturados como se fossem uma única substância, razão pela qual o ensino por investigação aliado a brinquedos científicos oferece um ponto de ancoragem concreto para superar esses obstáculos sem cair na simples memorização de fórmulas (Lima, 2018; Dias, 2023).

Em termos esquemáticos, a Teoria da Aprendizagem Significativa organiza esse processo a partir de três condições básicas e dois princípios programáticos (Ausubel, 2003; Moreira, 2011). A aprendizagem com significado exige três elementos simultâneos: (1) material instrucional potencialmente significativo, dotado de coerência lógica; (2) existência de subsunçores (conhecimentos prévios relevantes) na estrutura cognitiva do estudante; e (3) predisposição ativa do aprendiz para relacionar o novo conceito de forma não arbitrária e não literal. Atendidos esses requisitos, a mediação pedagógica apoia-se em dois movimentos complementares: a diferenciação progressiva, em que os conceitos mais gerais de energia e movimento são apresentados antes do detalhamento do ciclo interno da caldeira, e a reconciliação integradora, que conecta a Termodinâmica à Mecânica Clássica e corrige conflitos cognitivos aparentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na bancada do laboratório, os estudantes da turma 1V dividiram-se em equipes para recortar as caixas de leite, dobrar as chapas das latinhas de alumínio e vedar os canudos plásticos com cola quente a fim de montar seus próprios barcos a vapor (Abrão Filho, 2026b; Sousa et al., 2025). Em seguida, os grupos preencheram os tubos com água, acenderam as velas sob as caldeiras e acompanharam a propulsão dos barcos na bacia (Lima, 2018).

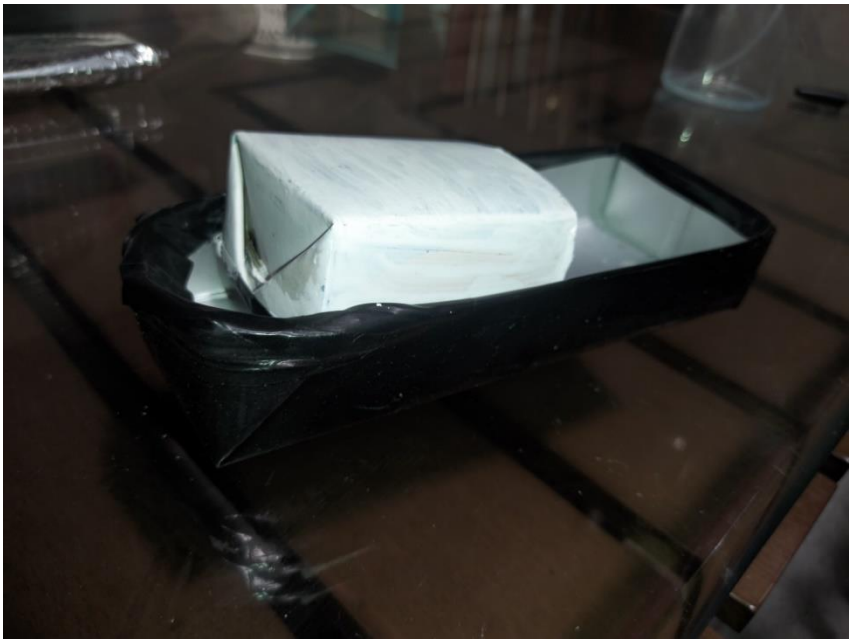
A turma envolveu-se desde o início da oficina (Dias, 2023). Cortar as embalagens cartonadas, escolher o formato do casco e personalizar cada barquinho antes de vê-lo navegar despertou o interesse imediato dos jovens. Para discutir os resultados observados naquela tarde, organizamos a análise em três eixos: a construção artesanal e personalização estética dos cascos, a vedação e o ciclo termodinâmico da caldeira metálica e a análise mecânica da propulsão a jato na água (Abrão Filho, 2026a; Sousa et al., 2025).

ISSN: 2358-8829

No primeiro momento, o trabalho concentrou-se na geometria naval e na montagem estrutural dos barcos. As equipes abriram as caixas de leite, aproveitaram a película impermeável interna das embalagens Tetra Pak e recortaram as bases flutuantes. Os alunos gostaram muito dessa etapa manual: cada grupo fez questão de personalizar o seu barco, reforçando as bordas com fita isolante preta e moldando uma cobertura frontal branca na proa para apoiar a inclinação da caldeira.

Paralelamente ao preparo dos cascos, os estudantes recortaram tiras retangulares das latinhas de alumínio para dobrar a câmara de aquecimento (caldeira) e encaixaram dois canudos plásticos articulados na abertura inferior. Essa etapa exigiu paciência e cuidado técnico com a cola quente e a vedação metálica. Assim como relatam Sousa et al. (2025), qualquer microfuro na câmara impede a formação de pressão interna e trava o motor; por isso, os próprios alunos testaram a estanqueidade das caldeiras ao soprar ar pelos canudos dentro da água antes de instalá-las no casco. As Figuras 2 e 3 apresentam o casco personalizado e o protótipo da caldeira acoplada aos dutos.

Figura 2: Casco recortado e personalizado a partir de caixa de leite.



Fonte: acervo dos autores, 2026.

ISSN: 2358-8829

Figura 3: Protótipo da caldeira metálica acoplada aos canudos plásticos.



Fonte: acervo dos autores, 2026.

Concluída a colagem, passamos para a etapa de enchimento dos dutos e acionamento térmico da caldeira. Antes de posicionarmos as velas acesas debaixo da chapa de alumínio, aplicamos a pergunta de previsão sugerida por Araújo e Abib (2003): o que aconteceria com a água dentro dos canudos se aquecêssemos apenas a parte superior do metal? Parte da turma apostou que a água apenas esquentaria devagar ou que a cola derreteria sem tirar o barco do lugar.

O teste prático no tanque de água surpreendeu os grupos. Poucos segundos após a chama da vela aquecer a caldeira preenchida com água, o líquido no interior da câmara de alumínio entrou em ebulição, expandiu de volume rapidamente e empurrou um jato de água pelos canudos traseiros, acompanhado pelo estalo metálico ("pop-pop") da chapa flexível (Abrão Filho, 2026a). Ao alcançar o trecho frio do canudo submerso, o vapor condensou de imediato; a queda brusca de pressão interna aspirou nova porção de água fria para dentro da caldeira e manteve o ciclo autossustentado em operação, em diálogo direto com a evolução histórica das máquinas a vapor discutida por Cavagnoli (2025) e por Costa e Alcantara (2025). A Figura 4 ilustra o momento dos testes de navegação dos barquinhos na água.

Figura 4: Barquinho pop-pop em funcionamento na bacia com água.



Fonte: acervo dos autores, 2026.

O terceiro eixo de discussão abordou a ligação entre o ciclo térmico da caldeira e a propulsão mecânica do barco. Ao verem os protótipos personalizados atravessarem a bacia com água, alguns estudantes levantaram uma concepção alternativa curiosa: acharam que "o fogo empurrava o ar para trás" ou que "as bolhas batiam na parede da bacia para fazer o barco andar" (Bucussi, 2006; Lima, 2018).

Aproveitamos essa dúvida para mediar o debate na bancada sem entregar a resposta pronta de imediato (Santos, 2008). Pedimos que os alunos observassem as ponteiras dos canudos debaixo da água e notassem o movimento das pequenas ondas geradas pelos pulsos da caldeira. A turma percebeu que a propulsão resultava diretamente da Terceira Lei de Newton ($F_{12} = -F_{21}$) e da conservação da quantidade de movimento ($\Delta p = F \cdot \Delta t$): ao expulsar pulsos rápidos de água para trás (ação), o fluido aplica uma força de reação para a frente sobre os tubos e empurra o casco de caixa de leite pela superfície (Lima, 2018; Abrão Filho, 2026a). Esse momento promoveu a reconciliação integradora prevista por Ausubel (2003) e Moreira (2011), pois unificou calor latente, pressão de vapor e dinâmica clássica num único artefato construído pelos próprios jovens.

No Quadro 1, reunimos uma síntese dos componentes do barquinho pop-pop trabalhados na oficina, com o conceito físico central, o mecanismo dominante e a aprendizagem observada na turma.

Quadro 1: Matriz de síntese conceitual e pedagógica dos elementos do barquinho pop-pop.

Componente do Protótipo	Conceito Físico Central	Mecanismo Físico Dominante	Resposta Macroscópica e Aprendizagem
Casco (Caixa de Leite)	Flutuabilidade e hidrodinâmica	Impermeabilidade da embalagem e equilíbrio entre peso e empuxo	Sustentação na água; engajamento no corte e na personalização (Abrão Filho, 2026b).
Caldeira (Latinha e Vela)	Primeira Lei da Termodinâmica e mudança de fase	Aquecimento da água ($Q = m \cdot L$), ebulição e expansão do vapor na câmara vedada	Estalo metálico ("pop-pop") e expulsão da coluna de água (Baptista Filho et al., 2025; Sousa et al., 2025).
Canudos Submersos	Condensação e ciclo termodinâmico	Troca de calor com a água fria, queda de pressão interna e reabsorção de líquido	Reinício automático do ciclo da máquina térmica (Cavagnoli, 2025; Abrão Filho, 2026a).
Jato Traseiro de Água	Terceira Lei de Newton e impulso	Conservação do momento linear ($\Delta p = F \cdot \Delta t$) e par ação e reação ($F_{12} = -F_{21}$)	Deslocamento contínuo do barco para a frente na bacia (Ausubel, 2003; Lima, 2018).

Fonte: elaboração dos autores, 2026.

Não gravamos o áudio nem transcrevemos as falas durante os dois horários de oficina, mas a postura investigativa das equipes sugere indícios de Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003; Moreira, 2011). Quando algum barquinho demorava a andar por falta de água nos canudos ou por vazamento de pressão na cola quente, os próprios estudantes diagnosticavam a falha com argumentos corretos sobre vedação, vaporização e empuxo, o que sugere que os subsunçores para o estudo da Física Térmica e da Mecânica começavam a se consolidar (Dias, 2023; Sousa et al., 2025).

Materiais acessíveis combinados a perguntas mediadoras na bancada deram forma concreta às competências investigativas previstas pela BNCC (Brasil, 2018) no ensino médio integrado (Araújo; Abib, 2003; Santos, 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A oficina do barquinho pop-pop mostrou que atividades práticas de baixo custo podem aumentar a participação dos estudantes nas aulas de Física. Cortar e personalizar os cascos com caixas de leite, dobrar as caldeiras com latinhas de alumínio e ver os próprios barcos navegarem na água funcionou bem para trabalhar conceitos que costumam parecer distantes no ensino puramente expositivo (Dias, 2023; Abrão Filho, 2026b).

A experiência permitiu integrar conteúdos de duas áreas da Física em um único dispositivo artesanal. O ciclo contínuo de vaporização e condensação no interior da câmara metálica deu sentido concreto às leis das máquinas térmicas (Cavagnoli, 2025; Baptista Filho et al., 2025), ao passo que o movimento dos barcos impulsionados pelos jatos de água nos canudos facilitou a compreensão da Terceira Lei de Newton e a superação de concepções alternativas sobre calor e movimento (Ausubel, 2003; Bucussi, 2006; Lima, 2018; Moreira, 2011).

Nosso relato contou com limitações metodológicas que devem ser registradas. Não utilizamos grupo de controle, não aplicamos testes padronizados antes e depois da oficina nem gravamos as interações verbais das equipes, de forma que os resultados descrevem engajamento e explicações acompanhados em sala, sem mensurar ganhos quantitativos de nota. Para pesquisas futuras, sugerimos filmar o deslocamento dos barquinhos pelo celular para medir a velocidade e a aceleração dos protótipos em softwares livres de vídeo-análise, etapa que articulará a cinemática computacional à termodinâmica experimental na educação básica e na licenciatura.

Palavras-chave: Termodinâmica, Máquinas térmicas, Terceira Lei de Newton, Experimentação investigativa.

AGRADECIMENTOS

Registra-se o agradecimento ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) pelo suporte à pesquisa. Este trabalho é também um tributo à luz que nos guia nos momentos mais difíceis e ao exemplo de vida capaz de transformar a dor em propósito.

REFERÊNCIAS

ABRÃO FILHO, A. O barco pop-pop como ferramenta didática no ensino de Física: uma abordagem experimental em Termodinâmica e Mecânica. In: **Panorama Educacional**: estudos, teorias e práticas. [S. l.]: Aurum Editora, 2026a. p. 68-72. DOI: https://doi.org/10.63330/aurumpub.050-007. Disponível em: https://aurumpublicacoes.com/index.php/editora/article/view/1326. Acesso em: 25 out. 2026.

ABRÃO FILHO, A. O barquinho "pop-pop" como recurso didático: experimentação de baixo custo no ensino de Física no ensino médio. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDUCA), 2., 2026. **Anais** [...]. [S. l.]: Anais Eventos, 2026b. DOI: https://doi.org/10.56238/IICONEDUCA-008. Disponível em: https://anaiseventosbr.com/ae/article/view/452. Acesso em: 25 out. 2026.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXKgDsXw5Dy4R/?lang=pt. Acesso em: 25 out. 2026.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BAPTISTA FILHO, M.; ADMIRAL, T. D.; MACHADO, C. B. H.; VIDAL, F. C.; BAPTISTA, M. F. C.; LEITE, A. C. Protótipo para o estudo de variáveis termodinâmicas em fases líquidas saturadas, vapores e gases. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 47, e20240342, 2025. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0342. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/BrM5FtPxnwTL4Rd96ktYmym/?lang=pt. Acesso em: 25 out. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/. Acesso em: 25 out. 2026.

BUCUSSI, A. A. **Introdução ao conceito de energia**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2006. (Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 17, n. 3). Disponível em: http://ppgenfis.if.ufrgs.br/download_arquivo.php?area=textos&id=93. Acesso em: 25 out. 2026.

CAVAGNOLI, R. Breve história da Termodinâmica (I): máquinas térmicas e a Revolução Industrial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 47, e20240367, 2025. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0367. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/c7BLqdzj6Ky94c5GWFV7B5d/?lang=pt. Acesso em: 25 out. 2026.

COSTA, S. S. O.; ALCANTARA, M. C. Reconectando interesses, saberes e ofícios: as máquinas a vapor dos séculos XVII e XVIII vistas como uma rede de atores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 47, e20250208, 2025. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2025-0208. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/xWwjTwN5JM6ZH4P6gzMtmhr/abstract/?lang=pt. Acesso em: 25 out. 2026.

DIAS, J. M. M. Ensino de termodinâmica através de uma sequência didática que contempla aspectos históricos, socioambientais e promove o ensino por investigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), 9., 2023, João Pessoa. **Anais** [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2023/TRABALHO_COMPLETO_EV185_MD1_ID4312_TB7487_10122023212524.pdf. Acesso em: 25 out. 2026.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LIMA, G. M. **Brinquedos como elementos de ensino das três Leis de Newton**. 2018. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2018. Disponível em: https://www.unifal-mg.edu.br/mnpef/wp-content/uploads/sites/142/2022/02/PRODUTO-GILBERTO-DE-MIRANDA-LIMA.pdf. Acesso em: 25 out. 2026.

MOREIRA, M. A. **Subsídios metodológicos para o professor pesquisador em ensino de ciências**. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, 2009. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios10.pdf. Acesso em: 25 out. 2026.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

SANTOS, J. C. F. O papel do professor na promoção da aprendizagem significativa. **Revista Científica UNIABEU**, Belford Roxo, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2008. Disponível em: https://www.juliofurtado.com.br/papeldoprof.pdf. Acesso em: 25 out. 2026.

SOUSA, V. R. W.; D'A. F., J. D.; FONSECA, L. S.; SILVA, E. C. R.; RIBEIRO, A. M. N. C. Relato de experiência: intervenção tecnológica - barquinho pop-pop. In: WOMEN IN INFORMATION TECHNOLOGY (WIT), 19., 2025, Maceió. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2025. p. 851-860. DOI: https://doi.org/10.5753/wit.2025.9452. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/wit/article/view/36042. Acesso em: 25 out. 2026.