ISSN: 2358-8829

HÉLICES TÉRMICAS E BALÕES SOB FOGO: UMA EXPERIÊNCIA INVESTIGATIVA EM CONVECÇÃO TÉRMICA E CALOR ESPECÍFICO NO ENSINO DE FÍSICA

Jhonatan Helwy Silva de Fontes[1]
Francilene Emelly de Lima Maia[2]
Giovanna Simplício da Silva Praxedes[3]
Karlo Sergio Medeiros Leopoldino[4]

INTRODUÇÃO

Ministrar aulas de Termodinâmica no ensino médio quase sempre esbarra no mesmo costume: muito quadro, leitura presa ao livro didático e listas longas de contas para repetir em casa (Souza; Oliveira, 2024). Poucos chegam a aplicar um teste prático na escola. Os estudantes até decoram as equações para tirar nota na prova bimestral, mas saem da sala sem ligar aquele cálculo ao calor que sentem ou enxergam na rua.

Soma-se a isso um problema antigo da rede pública. Poucas escolas têm laboratório montado ou peças de reposição para aulas práticas, o que afasta ainda mais a teoria das bancadas (Baptista Filho et al., 2025). Uma saída viável está nos arranjos de baixo custo feitos no estilo "faça você mesmo": com sucata e materiais caseiros, o professor dribla a falta de verba e mantém o cuidado conceitual na análise física (Pontes; Penello; Pereira, 2026; Baptista Filho et al., 2025). Essa escolha atende ao que pede a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) sobre estimular a curiosidade, a investigação científica, o juízo crítico e o levantamento de hipóteses na educação básica (Brasil, 2018).

Levar objetos para a sala, porém, pede direção pedagógica. Na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003), um conceito novo só se fixa de verdade e sem arbitrariedade quando encontra subsunçores (ideias prévias relevantes) já presentes

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

na mente de quem aprende. Moreira (2011) aponta que o uso de materiais potencialmente significativos junto a roteiros de descoberta ajuda o aluno a largar a decoreba mecânica, processo no qual Santos (2008) destaca o papel mediador do professor: cabe ao docente evitar a entrega de respostas prontas e provocar uma instabilidade cognitiva que leve a turma a testar suas próprias hipóteses na prática.

Neste trabalho, relatamos uma oficina investigativa realizada no laboratório de Física. Nosso objetivo foi descrever e discutir como a turma reagiu à montagem e à análise de quatro experimentos térmicos de baixo custo, com atenção voltada à participação dos estudantes e à revisão de suas concepções alternativas (Bucussi, 2006).

Além desta introdução, o artigo organiza-se em quatro seções. Na Metodologia, detalhamos o contexto da turma, o roteiro em cinco momentos da oficina e a lista de materiais utilizados. O Referencial Teórico revisa os conceitos de calorimetria e convecção térmica junto às bases da Teoria da Aprendizagem Significativa. Em seguida, a seção de Resultados e Discussão analisa as reações e explicações dos estudantes diante das quatro práticas de bancada; por fim, as Considerações Finais reúnem o balanço da experiência, suas limitações e sugestões para novos trabalhos.

METODOLOGIA

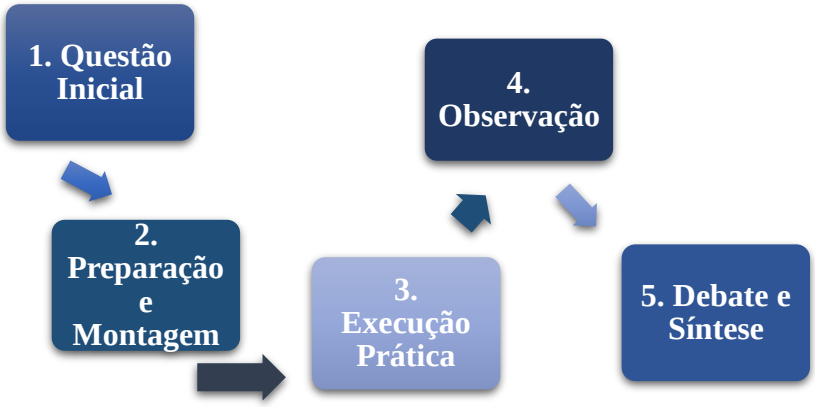
Conduzimos este estudo como um relato de experiência qualitativo e descritivo. Para Moreira (2009), a pesquisa qualitativa no ensino de ciências serve para que o professor pesquisador reúna registros reais de comportamento e participação em sala a fim de compreender o processo de aprendizagem. Realizamos a intervenção no laboratório de Física em 22 de setembro de 2026, durante dois horários seguidos do turno vespertino (das 14h40 às 16h10), com os 40 estudantes da turma 1V do curso técnico integrado em Mecânica; toda a sequência partiu dos casos mais simples para os mais exigentes, conforme o princípio da diferenciação progressiva (Ausubel, 2003; Soares, 2015).

Optamos por não aplicar provas nem formulários impressos naquele dia. A coleta apoiou-se na observação direta da sala, nas apostas que a turma fazia antes de acendermos cada aparelho e nas conversas travadas pelos grupos enquanto tentavam decifrar o que ocorria na bancada. Araújo e Abib (2003) explicam que demonstrações práticas ganham

muito mais força formativa quando o aluno precisa declarar antes o que acha que vai acontecer para, logo em seguida, comparar seu palpite com o evento real.

Organizamos a tarde em cinco momentos voltados ao protagonismo dos estudantes (Santos, 2008; Soares, 2015): pergunta inicial de problematização, divisão e preparo das peças, execução dos testes, observação conjunta e conversa final para amarrar as causas físicas. O manuseio e o olhar vieram sempre antes de qualquer fórmula no quadro. A Figura 1 resume esse roteiro.

Figura 1: Fluxograma das etapas da aula experimental no laboratório de Física.



Fonte: elaboração própria, 2026.

Montamos os quatro experimentos apenas com itens de baixo custo e fáceis de encontrar em papelarias ou em casa: folhas de papel sulfite cortadas em espiral, linha de costura, hastes metálicas de suporte, uma chapa dobrada como pequena câmara aberta no topo com rotor superior de alumínio, velas comuns de parafina, um canudo de papel encaixado na lateral alta de uma garrafa PET transparente de 2 litros, bexigas de látex, água em temperatura ambiente e um isqueiro a gás. Qualquer escola com pouco espaço ou recurso consegue repetir essa oficina. Para proteger a privacidade dos jovens, desfocamos o rosto de todos os estudantes nas fotos apresentadas nas Figuras deste artigo.

ISSN: 2358-8829

REFERENCIAL TEÓRICO

Estudar Física Térmica exige compreender como a energia transita entre corpos e altera o estado da matéria. Na calorimetria, as trocas de calor entre partes em temperaturas distintas respeitam a conservação da energia: dentro de uma montagem isolada, todo o calor cedido pelo lado mais quente iguala o calor recebido pelo lado mais frio (Silva et al., 2003; Nussenzveig, 2018). A rapidez com que cada substância muda de temperatura depende do seu calor específico (c), definido pela quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de uma unidade de massa, segundo a relação $c = \frac{Q}{m\Delta T}$ (Silva et al., 2003). A água líquida destaca-se pelo valor alto dessa grandeza, tabelado em $c = 1{,}0\,\frac{cal}{g°C}$. Graças a isso e à sua condutividade térmica bem maior que a do ar, uma porção de água reúne alta capacidade térmica ($C = m \cdot c$), puxa rápido o calor de uma parede aquecida e absorve muita energia sem esquentar demais (Silva et al., 2003).

Nos fluidos livres para escoar, o calor também se propaga por convecção térmica, processo em que a própria massa gasosa ou líquida se desloca por conta de diferenças espaciais de temperatura (Halliday; Resnick; Walker, 2016). Pela equação dos gases ideais sob pressão atmosférica constante, a densidade local ($\rho = \frac{m}{V}$) cai na razão inversa da temperatura absoluta (Halliday; Resnick; Walker, 2016). Basta esquentar uma camada de ar para que ela dilate e fique menos densa. Esse contraste faz o ar quente subir por ação do empuxo, ao passo que porções de gás mais frias e densas descem pelo ambiente (Soares, 2015; Halliday; Resnick; Walker, 2016).

O problema pedagógico é que o aluno não chega vazio à escola. Bucussi (2006) mostra que a turma traz concepções alternativas do senso comum muito resistentes às aulas puramente teóricas. Para desconstruir essas certezas aparentes, a Teoria da Aprendizagem Significativa propõe ancorar materiais potencialmente significativos nos subsunçores do aprendiz (Ausubel, 2003; Moreira, 2011), tarefa na qual a prática investigativa faz diferença porque troca a decoreba de fórmulas pelo teste visual mediado pelas perguntas do professor (Araújo; Abib, 2003; Santos, 2008).

Em termos esquemáticos, a Teoria da Aprendizagem Significativa constitui-se a partir de três condições básicas e dois princípios programáticos (Ausubel, 2003; Moreira, 2011). A ancoragem conceitual exige três requisitos simultâneos: (1) material potencialmente significativo, dotado de estrutura e significado lógico; (2) presença de

subsunçores (conhecimentos prévios relevantes) na estrutura cognitiva do aluno; e (3) predisposição do aprendiz para relacionar o novo conteúdo de modo não arbitrário e não literal. Cumpridas essas condições, o ensino opera por dois movimentos articulados: a diferenciação progressiva, na qual as ideias mais gerais e inclusivas precedem o detalhamento específico, e a reconciliação integradora, que explicita relações entre conceitos e resolve conflitos cognitivos aparentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na bancada, os alunos usaram velas acesas para pôr em rotação uma espiral de papel (serpente térmica) e uma hélice metálica graças às correntes de convecção ascendentes (Soares, 2015). Também acompanharam a queda de uma fumaça resfriada dentro de uma garrafa de tereftalato de polietileno (garrafa PET) pela mudança de densidade e colocaram bexigas com ar e com água sobre a chama de um isqueiro para comprovar o papel da capacidade térmica e do calor específico da água (Silva et al., 2003).

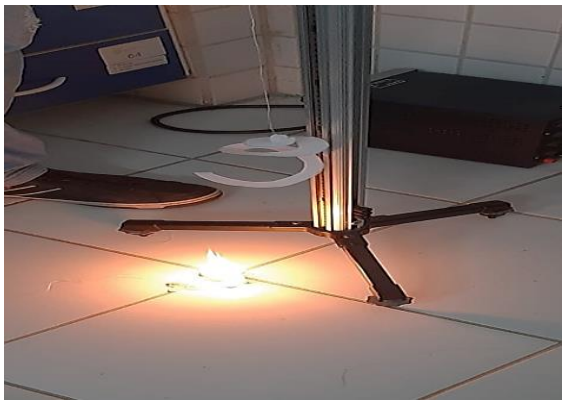
A participação da sala mudou logo nos primeiros minutos. Acompanhar de perto o calor virar giro mecânico nas hélices, a fumaça descer na garrafa e a água na base da bexiga impedir o estouro da borracha sob o fogo aproximou o conteúdo de Física da experiência cotidiana da turma.

Acender os primeiros aparelhos na bancada mudou rapidamente a disposição da turma, assim como relata Soares (2015). Para organizar a análise do que ocorreu naquela tarde, dividimos os quatro experimentos em três partes: a convecção ascendente que produz rotação mecânica, a convecção descendente da fumaça resfriada e a resistência térmica das bexigas sob fogo direto.

O primeiro teste juntou dois rotores movidos pelo calor de velas acesas na base: uma tira de papel em espiral pendurada por um fio numa haste vertical e uma hélice de alumínio apoiada sobre o topo aberto de uma proteção metálica. O ar em volta do pavio esquentou rápido. Com a dilatação do gás e a queda na densidade local (ρ), o empuxo empurrou uma coluna constante de ar quente para cima, a qual bateu nas pás inclinadas do papel e do metal, transferiu momento linear às peças e criou o torque que pôs os dois conjuntos para girar.

Aquela rotação contínua acima da vela deixou clara a passagem de energia térmica para energia mecânica (energia cinética de rotação), pelo mesmo princípio físico das chaminés solares e dos tubos convectivos relatados por Soares (2015). Ali apareceu uma ideia equivocada bastante comum: alguns estudantes disseram que "o calor subia e batia na hélice", como se o calor fosse uma substância material com corpo próprio (Bucussi, 2006). A discussão na bancada ajudou o grupo a perceber que quem empurra as abas é o ar atmosférico aquecido em subida. As Figuras 2 e 3 mostram a espiral de papel e a hélice metálica em funcionamento.

Figura 2 - Rotação de espiral de papel induzida por convecção térmica.



Fonte: acervo dos autores, 2026.

Figura 3 - Fontes térmicas induzindo a rotação da hélice metálica superior



Fonte: acervo dos autores, 2026.

Passamos então para a garrafa PET transparente, fechada em cima com a própria tampa e atravessada na parte alta por um tubo inclinado de papel. Antes de acendermos a ponta externa desse canudo, lançamos a pergunta prévia sugerida por Araújo e Abib

(2003) para ver o que a turma esperava da trajetória da fumaça. Todos responderam que a fumaça subiria para o gargalo.

Não foi o que aconteceu. Ao percorrer o interior do canudo de papel e cair no meio da garrafa (onde o ar estava parado, em temperatura ambiente e longe de qualquer chama), os gases e partículas da queima esfriaram depressa. Sem calor, aquela mistura de fumaça ficou mais densa do que o ar limpo parado no fundo da garrafa e despencou em linha reta, feito uma cascata esbranquiçada que se acumulou na base do recipiente. O resultado pegou a turma de surpresa. Ver a fumaça descer causou a instabilidade cognitiva apontada por Santos (2008), pois quebrou o ditado escolar decorado ("ar quente e fumaça sempre sobem") e abriu caminho para a reconciliação integradora (Ausubel, 2003; Moreira, 2011) em torno da lei física correta: o sentido do fluxo convectivo depende do contraste de densidade entre o fluido analisado e o meio vizinho. A Figura 4 registra essa descida da fumaça dentro da garrafa.

Figura 4 - Fluxo descendente por resfriamento da fumaça



Fonte: acervo dos autores, 2026.

No último experimento da tarde, colocamos dois balões de látex sobre a chama direta de um isqueiro para trabalhar capacidade térmica e calor específico. O primeiro balão tinha apenas ar soprado lá dentro. Mal encostamos o fogo na base, a borracha estourou no primeiro segundo. Isso ocorre porque o ar seco tem baixa massa específica, pouca capacidade térmica por unidade de volume e baixa condutividade térmica, o que impede a retirada rápida do calor entregue pela chama; a película de látex sofre um salto brusco de temperatura (ΔT alto), amolece na hora e rasga sob a tensão elástica.

No segundo balão, pusemos água líquida na parte de baixo antes de soprar o restante e voltamos a manter a chama do isqueiro colada exatamente onde ficava a água. O balão resistiu inteiro. Como a água tem calor específico alto, de $c = 1{,}0\,\frac{cal}{g°C}$ (Silva et al., 2003), além de conduzir calor muito melhor que o ar, a energia térmica atravessa a parede fina de látex por condução e passa logo para a massa líquida. A água drena o calor da borracha e forma correntes internas de convecção que espalham essa energia por todo o volume líquido, o que segura a temperatura do látex perto do equilíbrio térmico da água e longe do ponto de ruptura; na casca externa, ficou só uma mancha preta de fuligem.

No Quadro 1, reunimos uma síntese dos quatro testes realizados na oficina, com o conceito físico central, o mecanismo termodinâmico em jogo e a resposta observada na turma.

Quadro 1 - Matriz de síntese conceitual e pedagógica dos experimentos realizados

Aparato Experimental	Conceito Físico Central	Mecanismo Termodinâmico Dominante	Resposta Macroscópica e Ruptura Cognitiva
Espiral de Papel	Convecção ascendente	Redução da densidade (ρ) do ar aquecido e empuxo	Rotação da espiral; percepção mecânica do ar (Soares, 2015).
Hélice Metálica	Conversão termomecânica	Fluxo convectivo confinado que transfere momento ao rotor	Giro da hélice; princípio das máquinas térmicas (Bucussi, 2006; Soares, 2015).
Garrafa PET com Fumaça	Convecção descendente	Resfriamento da fumaça e aumento de densidade local	Cascata descendente; superação da ideia de subida absoluta (Ausubel, 2003; Santos, 2008).
Balão sob Fogo (Ar vs. Água)	Calor específico (c) e capacidade térmica (C)	Absorção de calor ($Q = m \cdot c \cdot \Delta T$) pela água (sorvedouro)	Ruptura com ar e integridade com água sob chama (Silva et al., 2003).

Fonte: elaboração dos autores, 2026.

Embora não tenhamos gravado áudio nem transcrito as falas literalmente durante a oficina, o debate entre os alunos apontou indícios de Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003; Moreira, 2011). Para explicar aos colegas por que os rotores giravam, por que a fumaça descia na garrafa e por que a bexiga com água não estourava, os estudantes passaram a articular sozinhos as variáveis de densidade, temperatura e calor específico, o que indica a formação de subsunçores úteis para a sequência do curso de Termodinâmica.

Trabalhar as competências investigativas da BNCC (Brasil, 2018) na rede pública fica mais viável quando o professor planeja boas perguntas mediadoras em torno de materiais acessíveis (Araújo; Abib, 2003; Santos, 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A oficina mostrou na prática como experimentos visuais mudam a postura da turma nas aulas de Física. Construir e discutir aparelhos baratos revelou-se um caminho direto para enfrentar concepções alternativas sobre propagação de calor e escoamento de fluidos (Bucussi, 2006; Soares, 2015), pois ver de perto a dilatação do ar, a inversão das correntes convectivas e a proteção térmica dada pela água colocou uma base concreta sob as fórmulas da Física Térmica.

As quatro montagens cumpriram bem esse papel. O giro contínuo da serpente de papel e da hélice metálica, somado à queda em cascata da fumaça fria na garrafa PET, levou a turma além da simples decoreba (Ausubel, 2003; Moreira, 2011), enquanto o teste da bexiga com água sobre o fogo deixou visível o efeito do alto calor específico da água como estabilizador térmico (Silva et al., 2003).

Nosso relato teve limitações metodológicas claras. Não usamos turma de controle, não aplicamos pré e pós-teste nem fizemos gravação sistemática das falas, de modo que os resultados refletem reações e explicações vistas em aula, sem medir ganhos numéricos de nota. Para estudos futuros, sugerimos acoplar sensores digitais baratos de temperatura (ligados a placas microcontroladoras ou a celulares) aos quatro arranjos, etapa que permitirá traçar curvas de aquecimento em tempo real com turmas do ensino médio e da licenciatura.

Palavras-chave: Termodinâmica, Convecção térmica, Calor específico, 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

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: 21 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: 21 out. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/. Acesso em: 21 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: 21 out. 2026.

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

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: 21 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.

PONTES, V. A.; PENELLO, G. M.; PEREIRA, R. M. Harmonizando ondas, termodinâmica e tubos ressonantes com uma proposta experimental para o ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 48, e20260088, 2026. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2026-0088. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/7KSnfggnw4XKsgQZrXBvcKP/?lang=pt. Acesso em: 21 out. 2026.

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: 21 out. 2026.

SILVA, W. P.; PRECKER, J. W.; SILVA, C. M. D. P. S.; SILVA, D. D. P. S.; SILVA, C. D. P. S. Medida de calor específico e lei de resfriamento de Newton: um refinamento na análise dos dados experimentais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 392-398, dez. 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/CdVLM6q5L3JHmRGjLcRY96C/?lang=pt. Acesso em: 21 out. 2026.

SOARES, L. V. **A construção de experimentos pelos alunos do ensino técnico integrado ao médio**: uma proposta de resolução de problemas no contexto de uma mostra escolar de ciência e tecnologia. 2015. 115 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015. Disponível em: https://sappg.ufes.br/tese_drupal/tese_9515_Leandro%20Valle%20Soares%20%282%29-%20disserta%E7%E3o%20final.pdf. Acesso em: 21 out. 2026.

SOUZA, J. S.; OLIVEIRA, V. A. P. Gamificando o ensino da física no ensino médio: uma pesquisa experimental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL (SBGAMES), 23., 2024, Manaus. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/sbgames/article/view/32374. Acesso em: 21 out. 2026.