

ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE PROBLEMAS DE TERMOQUÍMICA À LUZ DOS 4CS

*DEVELOPMENT AND VALIDATION OF THERMOCHEMISTRY PROBLEMS
BASED ON THE 4Cs*

Natany Dayani de Souza Assai¹

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0851-9187>

Mylena Rodrigues Machado²

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1861-6984>

Everton Bedin³

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5636-0908>

Resumo: Essa investigação articula aspectos da metodologia de resolução de problemas, aprendizagem de Química e as habilidades do século XXI para proposição de um modelo teórico para elaboração e validação de problemas de Termoquímica, tangenciando as habilidades dos 4Cs. Foram elaborados três problemas de termoquímica (P1, P2 e P3), prevendo o desenvolvimento das habilidades contemporâneas pensamento crítico, colaboração, comunicação e criatividade, a partir de indicadores genéricos (conhecimento, cognição ativa, conação, afetividade e sensório-motor). Nesse estudo, P1 e P2 foram analisados por um grupo de 27 licenciandos a partir de um questionário constituído por 26 assertivas de autorrelato do tipo Likert de seis pontos. A análise quantitativa descritiva evidenciou que o pensamento crítico foi a habilidade mais bem avaliada pelos participantes em ambos os problemas, considerada constante com médias acima de 4 para todos os indicadores, seguido pela colaboração e por último a comunicação. Com relação aos indicadores, o sensório-motor evidenciou variações de escores e percepções em todas as habilidades investigadas. Em ambos os problemas foram identificados todos os indicadores, os quais puderam ser representados pelo modelo pentagonal, que explica a distribuição e a intensidade dos indicadores para cada habilidade. Foi possível perceber que ambos os problemas mantiveram a consistência entre as habilidades no modelo pentagonal. Depreende-se que a utilização dos indicadores e dos 4Cs como referência para a construção de problemas permite o desenvolvimento de habilidades importantes para o desenvolvimento integral do aluno em aulas de Química.

Palavras-chave: Termoquímica. 4C. Problema eficaz. Indicadores de habilidades.

Abstract: This investigation articulates aspects of problem-solving methodology, chemistry learning, and 21st-century skills to propose a theoretical model for the development and validation of thermochemistry problems, touching upon the skills of the 4Cs. Three thermochemistry problems (P1, P2, and P3) were developed, anticipating the development of contemporary skills such as critical thinking, collaboration, communication, and creativity, based on generic indicators (knowledge, active cognition, conation, affectivity, and sensory motor skills). In this study, problems P1 and P2 were analyzed by a group of 27 undergraduate students using a questionnaire consisting of 26 self-report statements of the six-point Likert scale. Descriptive quantitative analysis showed that critical thinking was the skill best evaluated by participants in both problems, considered consistent with averages above 4 for all indicators, followed by collaboration and lastly communication. Regarding the indicators, the sensorimotor component showed variations in scores and perceptions in all investigated skills. In both problems, all indicators were identified, which could be represented by the pentagonal model, explaining the distribution and

¹ Doutora em Ensino de Ciência e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Docente do Departamento de Química e do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Natureza da Universidade Federal Fluminense (UFF). Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: natanyassai@id.uff.br.

² Licenciada em Química pela Unidade Federal Fluminense (UFF). Mestranda no Mestrado Profissional de Química em Rede Nacional. Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: myrodrigues@id.uff.br.

³ Doutor em Educação em Ciências: química da vida e saúde pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Docente do Departamento de Química e do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: bedin.everton@gmail.com.

intensity of the indicators for each skill. It was possible to perceive that both problems maintained consistency among the skills in the pentagonal model. It can be inferred that the use of indicators and the 4Cs as a reference for problem construction allows the development of important skills for the integral development of the student in Chemistry classes.

Keywords: Thermochemistry. 4C. Effective problem. Skills indicator.

INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências, em especial o de Química, tem buscado repensar suas abordagens didáticas e pedagógicas para acompanhar a sociedade moderna e o perfil dos alunos que estão chegando na escola, em consonância com os objetivos da área, os quais, segundo Fernandes (2022, p. 7), visam “[...] desenvolver nos estudantes a capacidade de atuarem como cidadãos informados e responsáveis em um mundo cada vez mais influenciado pela ciência e pela tecnologia”.

Tais abordagens corroboram ao documento da Base Nacional Comum Curricular – BNCC, o qual delineia a área de Ciências da Natureza, orientando-a a “organizar as situações de aprendizagem partindo de questões que sejam desafiadoras e, reconhecendo a diversidade cultural, estimulem o interesse e a curiosidade científica dos alunos e possibilitem definir problemas, levantar, analisar e representar resultados; comunicar conclusões e propor intervenções” (Brasil, 2018, p. 322).

Nesse sentido, corrobora-se ao pressuposto de que a formação crítica está condicionada a uma abordagem problematizadora, como a Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP - e a metodologia de resolução de problemas (RP) (Echeverría & Pozo, 1998; Santos & Infante-Malachias, 2008; Ribeiro, 2010; Medeiros & Goi, 2018). Alguns autores, como Ribeiro (2010), consideram ambas metodologias como sinônimos. Já outros, como Santos e Infante-Malachias (2008), argumentam que a ABP consiste em resolver situações-problemas previamente elaborados pelos professores, simulando situações da prática profissional, uma vez que a ABP foi elaborada originalmente para o Ensino Superior. Já na RP, a situação-problema emerge do cotidiano, com o objetivo de refletir sobre contextos reais, buscando a transformação da realidade. Nesse sentido, essa pesquisa aporta a RP como subsídio teórico, fundamentada em princípios construtivistas e na elaboração de problemas, conforme evidenciado por Assai e Bedin (2024). Ao realizarem uma revisão sistemática de literatura sobre a temática, os autores ressaltam que as pesquisas que utilizam a RP como metodologia se fundamentam majoritariamente em teorias de aprendizagem de cunho sociointeracionistas e construtivistas.

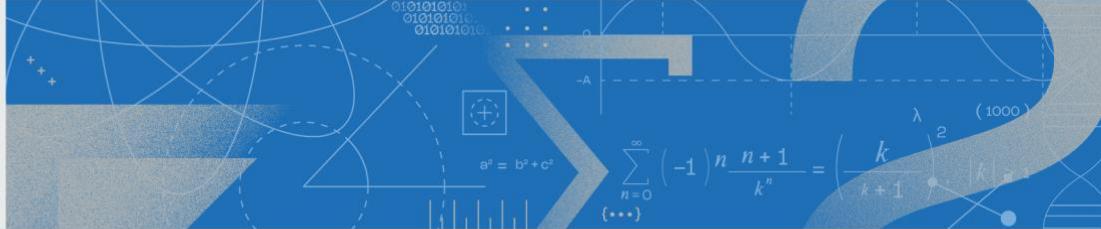
Além disso, os autores argumentam sobre a importância do planejamento do professor para trabalhar com problemas em sala de aula, tanto na seleção de problemas adequados, quanto na diversificação de estratégias para resolvê-los.

Assai e Bedin (2025) destacam a importância do problema como eixo central do planejamento docente, orientando as estratégias pedagógicas, os recursos didáticos e a condução das aulas. Medeiros e Goi (2018) reforçam o argumento, ao considerar que o professor em geral replica problemas já publicados na literatura, e em raras exceções elabora problemas autorais. A adequação de um problema já existente ou elaboração completa do mesmo, permite ao professor incorporar elementos importantes, sejam conceituais, inserção de contextos e questões pertinentes à realidade da sua turma, ou, ainda, estratégias que o professor julgue atender às necessidades do grupo em questão. Nesse sentido, comprehende-se que a elaboração de problemas precede a resolução, pois para que os alunos resolvam o problema de maneira satisfatória, é necessário que o mesmo corrobore aos objetivos e práticas intencionadas pelo professor (Assai & Bedin, 2025; Medeiros & Goi, 2018).

Portanto, pauta-se em três referencias de suporte: elaboração e resolução de problemas, aprendizagem de Química e habilidades do século XXI, para a proposição de um modelo teórico para a elaboração e a validação de problemas de Química, tangenciando as habilidades contemporâneas requeridas para uma formação crítica.

Elaboração de problemas

Inicialmente, pautamo-nos em como elaborar bons problemas; alguns autores (Hung, 2006; Silva, 2013; Ribeiro, Passos & Salgado, 2020), abordam passos para a elaboração de um problema. Para eles, esses passos são importantes para a escrita de um problema contextualizado, com objetivos e conteúdo definidos com níveis gradativos de resolução. Para Ribeiro, Passos e Salgado (2020), um problema eficaz contempla quatro características, a saber: contextualização, reflexão crítica, motivação e tomada de decisão. A contextualização é fundamentada na relevância do tema para o contexto dos alunos, considerando tanto seu interesse e familiaridade quanto a capacidade do professor em explorar o assunto de maneira eficaz (Assai & Bedin, 2025). Dessa forma, os alunos saem, muitas vezes, das aulas sabendo como solucionar situações problemas no seu dia a dia. A reflexão crítica é orientada para a tomada de decisões e o exercício de prática de uma responsabilidade social e política, conforme



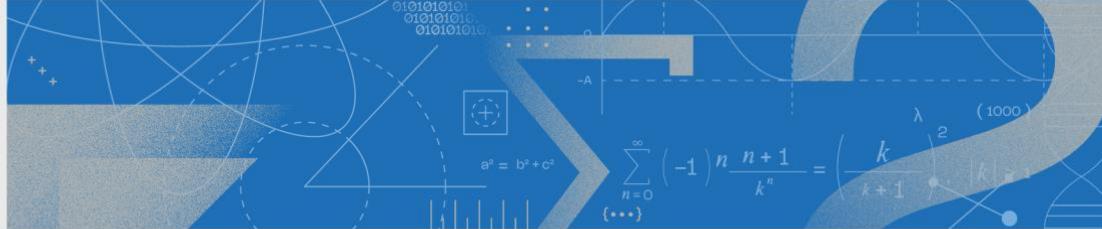
a temática do problema proposto.

A motivação, inerente ao ser humano, pode ser incentivada quando a elaboração do problema é pensada dessa forma. Além disso, quando estão motivados para executar uma tarefa, os estudantes tendem a se dedicar mais e, como resultado, a se envolver de forma mais ativa na busca por soluções para um problema escolar ou relacionado à sua própria experiência (Ribeiro, Passos & Salgado, 2020). Já a tomada de decisão está relacionada com ação dos alunos em pesquisar, investigar, formular hipóteses e realizar simulações; logo, o problema deve possuir um enunciado semiaberto, ou seja, dar liberdade para que o aluno possua caminhos diferentes para resolução (Ribeiro, Passos & Salgado, 2020).

Hung (2006) apresenta o modelo 3C3R, apresentando três componentes centrais do problema: conteúdo, contexto e conexão (3C) e os componentes de processamento: pesquisa, argumentação e reflexão (3 Rs, do inglês researching, reasoning, reflecting). De maneira geral, os 3Cs referem-se ao problema elaborado e os 3Rs estão relacionados ao processo cognitivo envolvido na resolução do problema. Nesse quesito, especificamente para os 3Cs, o autor relata a importância de o contexto ser autêntico e significativo para o estudante e os elementos conceituais estarem disponíveis para a resolução do mesmo, ou seja, suficientemente conectados em termos de hierarquia e complexidade estabelecidos.

O autor apresenta um modelo que abrange além da estruturação, a correspondência e calibração do problema. A correspondência efetua uma análise preliminar do problema proposto para consequentes ajustes, processo intitulado como “calibração”. Assai e Bedin (2025) demonstram a elaboração de problemas envolvendo conceitos de equilíbrio ácidos-bases voltados para a temática de saúde em cursos de formação inicial de professores. No estudo em questão, o processo de calibração dos problemas ocorreu com o auxílio dos pares em um grupo de Programa de Iniciação a Docência (PIBID) e professores da Educação Básica participantes deste. As considerações do grupo permitiram a avaliação e a melhoria dos problemas para posterior implementação com alunos do Ensino Médio.

Outro ponto a destacar sobre os problemas está expresso nas investigações de Silva (2013) a partir dos pressupostos de Merieu (1998) sobre a tarefa a ser solucionada. A tomada de decisão citada por Ribeiro, Passos e Salgado (2020) só poderá ser efetivada de maneira satisfatória mediante orientações bem delimitadas para os alunos. Silva (2013) reitera a relevância de incluir “dispositivos” para permitir a atividade mental dos alunos, fazendo uso de materiais, recursos didáticos e/ou documentos para auxiliá-los. Portanto, constituir instruções-



alvo bem definidos são componentes que se considera imprescindíveis para um “bom” problema de Química, para permitir o processo de tomada de decisão relacionado à tarefa ou atividade requerida para a resolução do problema.

Ensino e aprendizagem de Química

É importante o enquadramento teórico dos conceitos químicos nos problemas, levando em consideração os objetivos conceituais intencionados pelo professor. À vista disso, Pozo e Crespo (2009) relatam que os estudantes apresentam dificuldades em compreender alguns conteúdos químicos devido à grande quantidade de leis e conceitos apresentados, além do caráter de abstração exigido por essa área. Dentre elas, ressalta-se aspectos que envolvem a conservação das propriedades da matéria, sejam observáveis, como conservação de massa, ou não, como conservação de substância e energia.

A palavra energia tem origem grega (energéia) e significa força ou trabalho, podendo ser definida como a capacidade para realizar trabalho, e explorado em diversos componentes das Ciências da Natureza, como a Física e a Química.

Todos os processos físicos e químicos envolvem variações energéticas. Logo, os processos envolvidos em todas essas transformações são estudados na Termoquímica, os quais envolvem conceitos como energia, calor e temperatura; conceitos bem próximos do cotidiano. Diante disso, Mortimer e Amaral (1998) relatam que os alunos apresentam ideias prévias e espontâneas sobre esses conceitos baseados nos fenômenos cotidianos e os “carregam” para a sala de aula, o que acarreta em empecilhos para uma construção científica adequada à medida que são incorporados novos elementos de complexidade aos conceitos. Autores como Barros (2006) e Souza (2007) versam sobre a necessidade de utilizar explicações a nível atômico-molecular para abordar a dinâmica dos processos endotérmicos e exotérmicos, principalmente no que se refere à quebra e a formação de ligações, explorando a estabilidade e o saldo energético que condicionam esses processos.

Além disso, Souza (2007) aponta que não há um consenso por parte dos professores acerca de modelos e formas de abordagem sobre a energia envolvida nas reações químicas. Segundo o autor “é bastante comprensível, considerando-se todos os aspectos relativos à complexidade de se trabalhar com um tema de vasta extensão conceitual, como energia” (Souza, 2007, p. 39). No contexto dessa pesquisa, sugere-se a RP como uma possibilidade de trabalhar conceitos de calor, reações endotérmicas e exotérmicas e gráficos de entalpia,

articulados aos 4Cs.

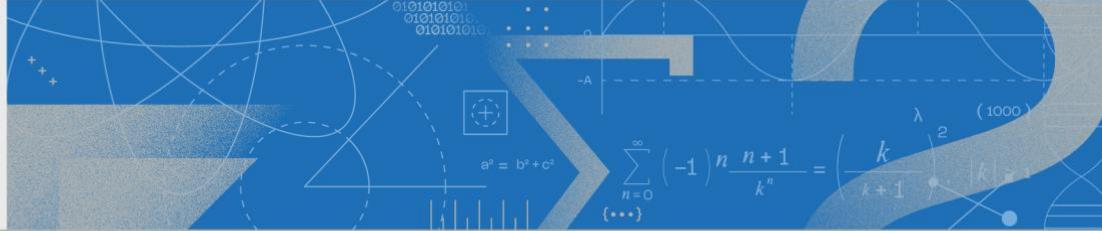
Habilidades do século XXI

As necessidades contemporâneas do mercado de trabalho têm exigido o desenvolvimento de habilidades específicas para a formação do estudante nas escolas. As habilidades, segundo Perrenoud (1999), são uma sequência de procedimentos mentais, sejam conhecimentos ou capacidades, que o indivíduo mobiliza para resolver uma situação na qual ele precisa tomar uma decisão, que podem ser cognitivas ou socioemocionais.

Os 4Cs são exemplos dessas habilidades: pensamento crítico, colaboração, comunicação e criatividade (*National Education Association*, 2012). A habilidade do pensamento crítico é uma base para novas outras habilidades, como habilidades analíticas ou de concentração, além de permitir ao estudante uma maior facilidade de analisar, julgar e tomar decisões em cima de hipóteses e fatos (*National Education Association*, 2012). A colaboração é essencial para que os futuros profissionais saibam trabalhar em equipe e desenvolver relações novas em um mundo globalizado. Segundo a *National Education Association* (2012, p. 19), “na última década, porém, tornou-se cada vez mais claro que a colaboração não é apenas importante, mas necessária para estudantes e profissionais, devido à globalização e ao avanço da tecnologia”.

Já a comunicação é a base para uma vida em sociedade, mas, apesar disso, os alunos têm chegado com deficiências nessa habilidade, seja na comunicação oral ou na escrita (*National Education Association*, 2012). Desse modo, desenvolver essa habilidade não só prepara o estudante para o mundo como também o ajuda a lidar com as situações básicas do cotidiano. Por fim, a criatividade está relacionada diretamente com a inovação, sendo essa a chave para o crescimento profissional. Afinal, “no mundo atual de competição global e automação de tarefas, a capacidade inovadora e um espírito criativo estão rapidamente se tornando requisitos para o sucesso pessoal e profissional” (*National Education Association*, 2012, p. 24). Depreende-se, portanto, a importância em desenvolver essas habilidades nos componentes curriculares das escolas, dentre os quais figuram as Ciências/ Química.

Assim, comprehende-se que a metodologia da RP se alinha a essa perspectiva, uma vez que resolver um problema implica em tomada de decisão baseada no cumprimento da tarefa, para as quais determinadas habilidades são requeridas. Desse ponto de vista, levanta-se o seguinte questionamento: como é possível aferir que uma determinada habilidade está



contemplada em uma tarefa proposta pelo professor em sua ação didática? Lamri e Lubart (2023) abordam a ideia de que o desenvolvimento de uma habilidade compreende cinco indicadores genéricos que podem ser aplicados a qualquer habilidade, sendo eles: conhecimento, cognição ativa, conação, afeição e habilidades sensório motoras. O conhecimento é a base, envolvendo os conhecimentos adquiridos ou os conhecimentos prévios; a cognição ativa refere-se ao processamento de informações para tomada de decisões e opiniões; a conação traz a ideia de motivação ou disposição para agir; a afeição relaciona com a empatia e o controle emocional para as relações com os pares; e, as habilidades sensório-motoras, muitas vezes ignoradas, abordam o controle motor e coordenação (Lamri; Lubart, 2023).

A título de exemplo, comprehende-se que para desenvolver a habilidade “comunicação”, o indivíduo precisa dominar o conhecimento teórico do que pretende comunicar ao público, apresentar um posicionamento sobre o que o comunica, possuir algum grau de motivação para fazê-lo ou, no mínimo, possuir algum envolvimento afetivo com a questão e dispor de habilidades sensório-motoras para fazê-lo.

De maneira geral, esses indicadores são capazes de ser observados em várias habilidades, percebidas em distintos graus de intensidade, dependendo da habilidade e contexto. Nesse ínterim, esse estudo busca analisar problemas autorais de Termoquímica, tangenciando a previsão de habilidades relacionadas aos 4Cs.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo, de natureza aplicada, abordagem quantitativa e objetivo descritivo-exploratório (Gil, 2017), foi realizado a partir de duas etapas: i) elaboração de problemas; e, ii) avaliação por pares das habilidades e indicadores. Para tanto, foram elaborados três problemas de termoquímica, codificados como P1, P2 e P3, com base nos pressupostos de Hung (2009) e Ribeiro, Passos e Salgado (2020), buscando contemplar as habilidades dos 4C (pensamento crítico, colaboração, comunicação e criatividade). Neste trabalho, apresenta-se o recorte de análise para o problema P2, apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição dos Problemas**Problema 1**

Habilidades previstas: Pensamento crítico e criatividade

Leo, Nathan e Gabriel estavam indo para o colégio de ônibus e começaram a conversar sobre o frio que estava fazendo na cidade. Leo viu em seu celular que a temperatura estava 10°C e tentando alternativas para se aquecerem, começam a debater possíveis soluções para o problema.

Leo sugere que fechem a janela, argumentando que assim o frio não pode entrar.

Nathan ressalta que irá precisar pedir para a mãe comprar uma blusa bem quentinha pois a dele não esquentava muito.

Gabriel afirma que não sairá da sala a manhã toda, pois a sala tem mais calor que no pátio.

Pietro, ouvindo a conversa, diz que a temperatura do ônibus (todo fechado) é maior que na rua e por isso deve colocar a blusa na hora que chegar no ponto.

Chegando ao colégio, os meninos repetiram suas falas no ônibus e a professora de química os repreendeu dizendo que haviam estudado sobre os conceitos de calor e temperatura e que estavam usando esses conceitos de forma errada. Por isso, ela pediu que os demais colegas da turma identificassem os conceitos errados e os corrigissem. Você como um dos integrantes da turma tem essa tarefa de os ajudar nessa situação.

- Leia as falas, indique o erro conceitual e reescreva a frase utilizando os conceitos corretos.
- Use a sua criatividade e crie uma paródia envolvendo os conceitos de calor e temperatura.
- Na hora do intervalo, Leo, Nathan e Pietro foram comprar café e cada um comprou de um tamanho: Leo comprou o de 50 mL, Nathan comprou o de 100m L e Pietro (com mais sono) comprou o de 200 mL. Leo e Nathan discutiram com Pietro falando que o dele demoraria para esfriar. Os meninos estavam corretos em sua posição? Qual conceito/princípio justifica tal situação?

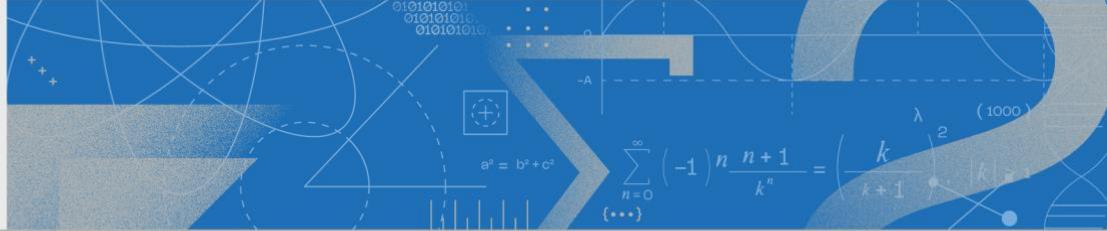
Problema 2

Habilidades previstas: pensamento crítico, colaboração, comunicação

Você e um grupo de amigos estão organizando um piquenique ao ar livre no jardim da cidade, mas o dia escolhido está com previsão de 13 graus. Vocês estão discutindo diferentes maneiras de aumentar ou manter a temperatura dos alimentos e bebidas durante o piquenique e durante essa discussão, algumas ideias surgem:

- Levar bolsas térmicas com bolsas de aquecimento químico (aqueles que, ao serem ativadas, liberam calor).
- Colocar os alimentos em caixas com gelo seco para evitar qualquer mudança de temperatura (argumento feito por um dos amigos distraídos).
- Preparar uma pequena fogueira (em área permitida) para aquecer os alimentos e bebidas durante o piquenique.

a) Você como um bom estudante de química, decide ajudá-los nessa situação, visto que a última aula



foi sobre os conceitos de termoquímica. Analise as ideias e classifique cada uma quanto ao tipo de reação (endo e exotérmica).

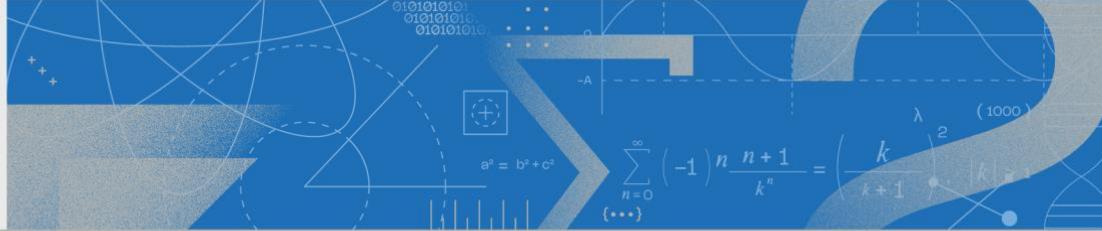
- Diga, com base em algumas pesquisas, qual ou quais opções seriam ideais para o problema exposto. Argumente, de forma fundamentada, qual seria a melhor escolha para manter os alimentos quentes.
- Exponha sua conclusão para a turma, justificando suas escolhas com base nos conceitos de transferência de calor e tipos de reações químicas.

Fonte: os autores.

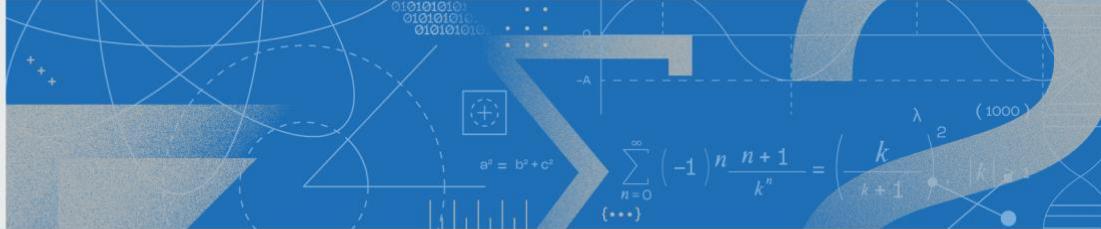
Em um segundo momento, os problemas foram avaliados por um grupo de licenciandos e professores da Educação Básica, participantes do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência, constituído por 27 participantes (PIBID). Os dados foram obtidos por meio de um questionário, disponibilizado no *Google Forms*, composto por 26 assertivas de autorrelato, utilizando uma escala Likert de 0 a 5 pontos, denominadas de A a Z, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Assertivas disponibilizadas no questionário

Assertiva	Indicador
A) Na resolução do problema o aluno precisa julgar as situações apresentadas com base nos conceitos de calor e temperatura apresentados para encontrar erros conceituais e construir a paródia.	Conhecimento
B) Na letra c), o aluno precisa comparar os três copos e relacionar a quantidade de café (a partir do tamanho dos copos) em relação ao calor desprendido para inferir qual recipiente transferiria mais calor.	Cognição ativa
C) Utilizar situações corriqueiras do cotidiano escolar, como por exemplo, situações no ônibus do translado para a escola e no café do intervalo/lanche instigam o aluno a pensar sobre os conceitos de calor e temperatura.	Conaçao
D) Abordar concepções alternativas presentes no cotidiano como “a blusa quentinha” e “o frio entrando” contribuem para a participação do aluno na execução da tarefa.	Conaçao
E) Utilizar nos personagens o nome dos alunos da turma provoca aproximação e envolvimento com a tarefa.	Afetividade
F) O problema possibilita desenvolvimento de habilidades sensório-motoras.	Sensório-motor



G) Para a escrita da paródia é necessário um conhecimento prévio sobre os conceitos de temperatura e calor, uma vez que a satirização requer articulação com os conceitos envolvidos.	Conhecimento
H) Para pensar na letra da paródia é necessário organizar os conceitos e ideias para julgar qual melhor rima e/ou história que a música fique coerente.	Cognição ativa
I) Utilização da escrita de uma paródia motiva os alunos pois eles podem escolher uma música com base a preferência deles para colocar em prática o conhecimento adquirido de temperatura e calor.	Conaçao
J) Ao utilizar ritmos e músicas de preferência pessoal, há um envolvimento e aproximação com a atividade.	Afetividade
K) Apresentar a paródia para os colegas cantando e se expressando, os alunos exercitam habilidades sensório-motoras.	Sensório-motor
L) Para que o aluno consiga resolver as questões trabalhadas no problema, é necessário o conhecimento de reações endotérmicas e exotérmicas.	Conhecimento
M) Ao questionar qual melhor opção para utilizar no piquenique, o aluno precisa tomar decisões e formar opiniões. A pesquisa na internet auxilia na busca pela explicação das situações e a escolha pelo argumento mais plausível para embasar sua decisão.	Cognição ativa
N) Ao trabalhar com um contexto em que envolve o aluno e o espaço que a própria cidade possui (o jardim), os alunos se sentem motivados imaginando que isso de fato pode acontecer.	Conaçao
O) O contexto de um piquenique no jardim da cidade pode despertar uma lembrança boa ou uma ideia para ser feito com amigos e família. Além de ocorrer uma situação parecida em que o aluno possa ter que decidir a melhor forma para manter um alimento ou bebida aquecido utilizando os conhecimentos adquiridos.	Afetividade
P) A escrita e a fala são habilidades sensório-motoras desenvolvidas nesse problema. Ao pedir que escolha a melhor opção e exponha para a turma, o aluno necessita compilar as ideias e conceitos para ler de maneira fluida.	Sensório-motor
Q) Para o trabalho em equipe, em que envolve questões a serem respondidas, é preciso que todos contribuam com seus conhecimentos prévios, fazendo com que haja um maior envolvimento e opções para resposta.	Conhecimento
R) A organização de informações e tomada de decisão em equipe é mais produtiva, visto que mais de uma pessoa pensando e discutindo enriquece as hipóteses, possibilitando chegar a uma resposta final com mais argumentos e/ou elementos.	Cognição ativa



S) Compartilhar informações com os colegas, ter apoio para resolver a atividade e não precisar fazer sozinho pode ser uma motivação para a resolução do problema.	Conação
T) O grupo sendo escolhido pelos próprios alunos proporciona empatia e favorece que os alunos interajam e participem da execução da tarefa.	Afetividade
U) Não há tanta contribuição desse indicador na habilidade de trabalho em grupo.	Sensório-motor
V) O conhecimento sobre o conteúdo a ser explanado (reações endotérmicas e exotérmicas) é essencial para uma boa comunicação, na questão em que pede que um do grupo exponha a conclusão, é preciso terem elaborado uma boa resposta para ser exposta para a turma.	Conhecimento
X) Esse indicador é observado quando os alunos precisam processar as ideias para expor o conteúdo realizado pelo grupo.	Cognição ativa
Y) Dado que a escolha do orador é feita pelo próprio grupo, a motivação intrínseca advém das características pessoais, principalmente o aluno que não possui inibição para a fala.	Conação
W) A afeição pode ser explorada ao proporcionar o controle das emoções na hora da leitura, nem muito engraçado, nem muito baixo, etc.	Afetividade
Z) No momento da leitura das respostas os alunos tiveram que se levantar e se posicionarem frente à turma, possibilitando desenvolvimento sensório-motor.	Sensório-motor

Fonte: autoria própria (2025)

As assertivas foram criadas com o intuito de validar os indicadores presentes nas habilidades requeridas para cada problema (conhecimento, cognição ativa, conação, afetividade e sensório-motoras). Para cada assertiva, os participantes atribuíram um nível de percepção usando uma escala de 0 a 5, em que 0 reflete que o aspecto referente a assertiva não foi identificado no problema e 5 reflete que o indicador foi totalmente atendido no problema. As assertivas A-K estão relacionadas à P1 e as assertivas K-Z referem-se a P2. Os resultados foram tratados mediante a análise estatística descritiva com o uso do software BioEstat 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

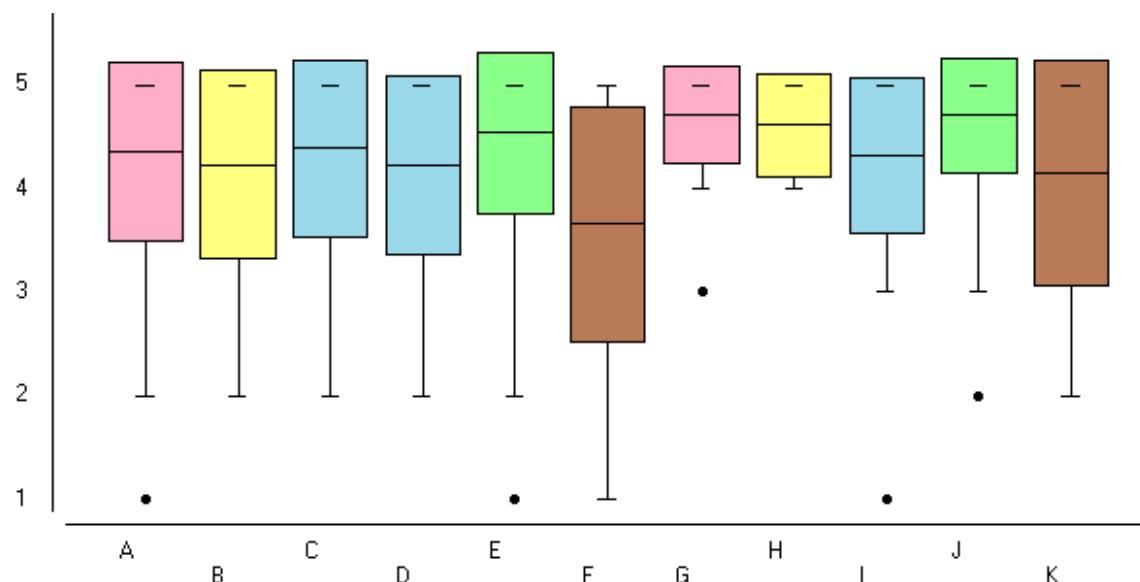
O primeiro problema aborda os conceitos de calor e temperatura. Para P1, foram previstas duas habilidades: pensamento crítico (assertivas A - F), e criatividade (assertivas G - K). A Tabela 3 exibe a estatística descritiva buscando analisar a presença dos respectivos

indicadores em cada habilidade e, na sequência, a Figura 1 demonstra os dados da estatística descritiva em forma de boxplot, no intento de delinear de forma mais objetiva os pontos de destaque sobre os problemas.

Tabela 3 – Estatística Descritiva das assertivas A a K

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Mínimo	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	3.0	4.0	1,0	2.0	2.0
Máximo	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Mediana	5.0	4.5	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.5
Percentil (25%)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Percentil (75%)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.75	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Média	4.2	4.2	4.4	4.2	4.3	3.6	4.6	4.6	4.1	4.5	4.1
Desvio Padrão	1.06	0.90	0.85	0.86	1.21	1.13	0.64	0.49	1.12	0.90	1.08

Figura 1 – Boxplot da Estatística Descritiva para as assertivas relacionadas a P1



Fonte: os autores.

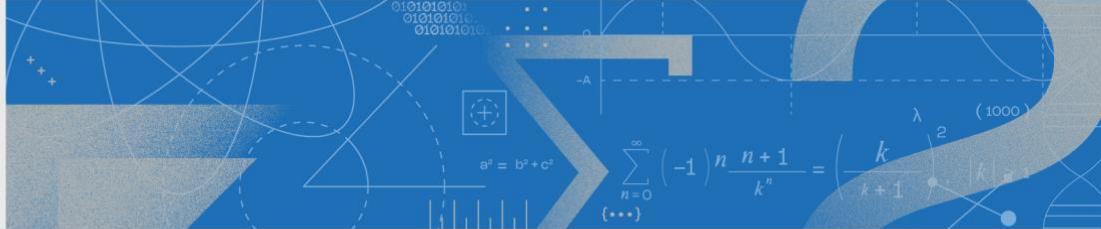
De maneira geral, os indicadores foram bem avaliados pelos 26 participantes, que responderam às assertivas relacionadas à P1, uma vez que a mediana variou entre 4 e 5. A habilidade pensamento crítico (A–F) possui maior variação de escores em relação a criatividade (G – K), sugerindo que os participantes tiveram mais dificuldade em avaliar componentes de PC no primeiro problema. A partir do exposto, traçou-se algumas considerações sobre as habilidades:

Pensamento crítico

A assertiva A – afere o indicador conhecimento (rosa) – possui média 4,2, sugerindo concordância de que a resolução da situação-problema exige domínio dos conceitos de calor e temperatura. O desvio padrão elevado de 1,06 pode ser explicado pelo mínimo de 1, considerado como um *outlier* - discrepância notável e não contabilizada. De maneira análoga, a assertiva B – que afere o indicador cognição ativa (amarelo) – também possui média acima de 4,2, indicando que o problema favorece o desenvolvimento cognitivo do aluno ao comparar o tamanho dos copos com quantidade de café em relação ao calor desprendido.

As assertivas C e D – que aferem o indicador conação (azul) – com médias 4,4 e 4,2 respectivamente, apresentam grau de concordância quanto às motivações para a resolução da tarefa sob dois aspectos: utilizar uma situação cotidiana do traslado da escola e expressões de senso comum como “blusa quentinha” e “o frio entrando” aproximam o aluno do problema e contribuem para a execução da tarefa. A assertiva E – que afere o indicador afetividade (verde) – demonstra escores entre 2 e 5, indicando que 25 % dos participantes oscilam a percepção entre discordar (grau mínimo) e concordar (primeiro quartil) e 25% entre concordar (primeiro quartil) e a mediana. Os demais (50%) oscilam entre 4 e 5, indicando que os participantes acreditam que a opção em colocar nomes de alunos da turma nos personagens dos problemas aumenta seu envolvimento com a tarefa. Assim, como na assertiva A, há um *outlier*, com o mínimo, elevando o desvio padrão para 1,21.

A assertiva F – que afere o indicador sensório-motor (marrom) – apresenta uma média de 3,6, com escores entre 1 e 5, revelando a maior variabilidade de percepção entre todas as assertivas. A oscilação é revelada no boxplot, sendo o mais disperso e assimétrico, refletindo a divisão de opinião entre os participantes, visto que 25% deles estão entre o grau mínimo (1) e primeiro quartil (3), 25% oscilam entre o primeiro quartil (3) e a mediana 4, 25% oscilam na concordância entre a mediana e 4,75 (terceiro quartil) e 25 % oscilam na concordância total entre os escore 4,75 (terceiro quartil) e 5 (grau máximo). O resultado indica que os participantes



não mostraram consenso quanto a presença do componente sensório-motor na habilidade relacionada ao pensamento crítico.

Criatividade

A habilidade criatividade sobressai pela tarefa requerida na letra b), em que foi solicitada a criação de uma paródia. A assertiva G - afere o indicador conhecimento (rosa) – com valor de desvio padrão 0,64, assim como a assertiva H - afere o indicador cognição ativa (amarelo) – com valor de desvio padrão 0,49, representam os menores valores de desvios padrão para os indicadores relacionados a P1, evidenciando que há consenso entre os participantes sobre a pertinência dos conceitos de calor e potencial para processamento de informações e tomada de decisões requeridos no problema. Este fato pode ser corroborado por um escore médio de 4,6 para os indicadores.

A assertiva I – indicador conação (azul) – sugere que a elaborar a paródia motiva os alunos, uma vez que possibilita a eles a escolha da música com base em suas preferências musicais, atribuindo certo grau de decisão na execução da atividade. Com uma mediana de 4, há uma forte percepção dos participantes de que essa questão musical pode ser um motivador para a tarefa. No entanto, o desvio padrão de 1,12 evidencia que há variação nas respostas.

De maneira análoga, na assertiva J – indicador afetividade (verde) – os participantes acreditam que utilizar ritmos e músicas baseado em suas preferências pessoais proporciona envolvimento com a tarefa, uma vez que 75% das respostas dos participantes está entre os escores 4 e 5 e mediana com valor 5.

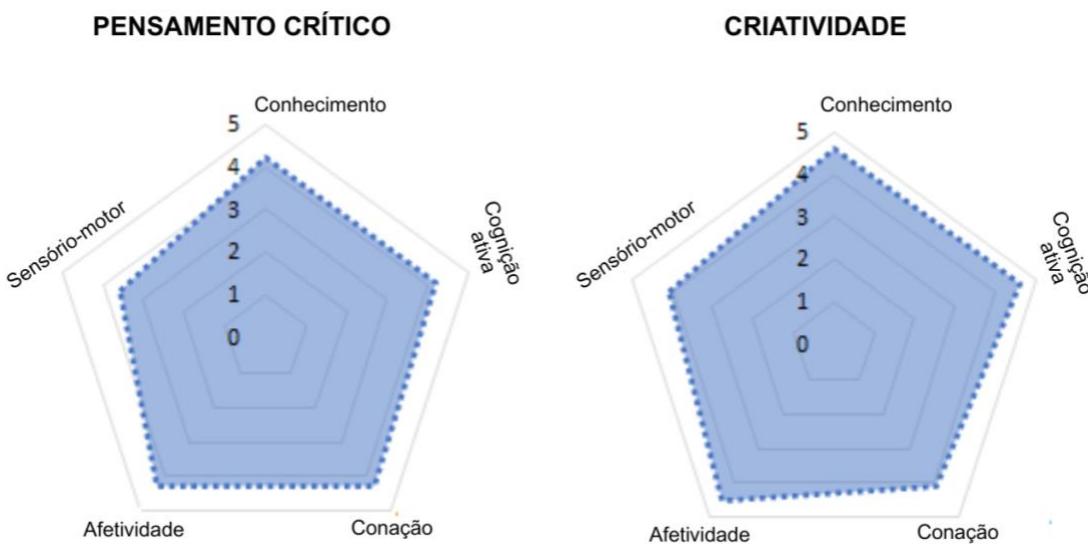
A assertiva K – indicador sensório-motor (marrom) – apresentou mediana elevada de 4,5, sugerindo aceitação desse indicador. Embora 50% dos participantes reconheçam o desenvolvimento do aspectos sensório-motores na apresentação da paródia, a oscilação no boxplot entre o valor mínimo de 2,0 e máxima de 5,0 sugere que há variação de opiniões quanto uma pequena fração de respondentes que pode não sentir o mesmo nível de confiança.

De forma geral, P1 favorece simultaneamente o desenvolvimento das habilidades previstas ao articular uma situação realista e próxima da vivência dos alunos, com a aplicação direta de conceitos de termoquímica. A utilização de concepções alternativas e o movimento de comparação entre os copos de café possibilita aos alunos a crítica e a extração do senso comum, buscando estabelecer relações entre calor e temperatura, o que corrobora ao desenvolvimento do pensamento crítico. A paródia, enquanto releitura cômica de composições musicais, estimula a criatividade ao articular os conhecimentos científicos alinhados ao ritmo

da música escolhida.

Na tentativa de representar um modelo para ilustrar as habilidades e graus de intensidade dos respectivos indicadores para o problema em questão (P1), elaborou-se a Figura 2.

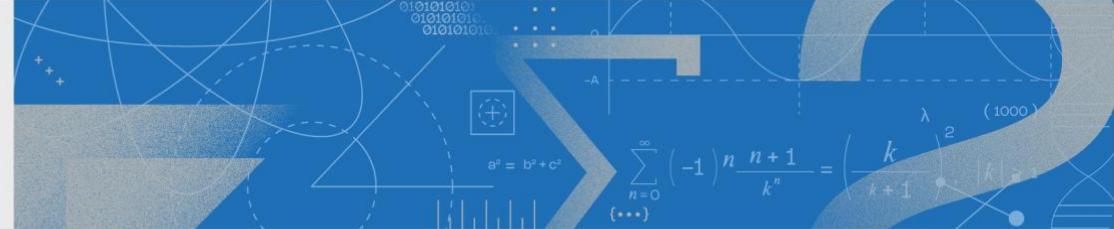
Figura 2 – Modelo de representação das habilidades pensamento crítico e criatividade para P1 de termoquímica



Fonte: os autores.

O modelo de representação do pentágono evidencia como cada habilidade é permeada pelos cinco indicadores genéricos e como sua intensidade varia de acordo com a natureza da tarefa proposta. A ideia é que quanto mais preenchido o pentágono, maior a possibilidade de o problema atender aos indicadores previstos. Observa-se que a criatividade apresentou a cobertura mais equilibrada em relação ao pensamento crítico, com médias maiores em quatro dos cinco indicadores, com exceção ao componente conação.

O segundo problema aborda o conceito de reações endotérmicas e exotérmicas. Para P2, foram previstas três habilidades: pensamento crítico (assertivas L - P), colaboração (assertivas Q - U) e comunicação (assertivas V - Z). As assertivas buscavam analisar a presença dos respectivos indicadores em cada habilidade.

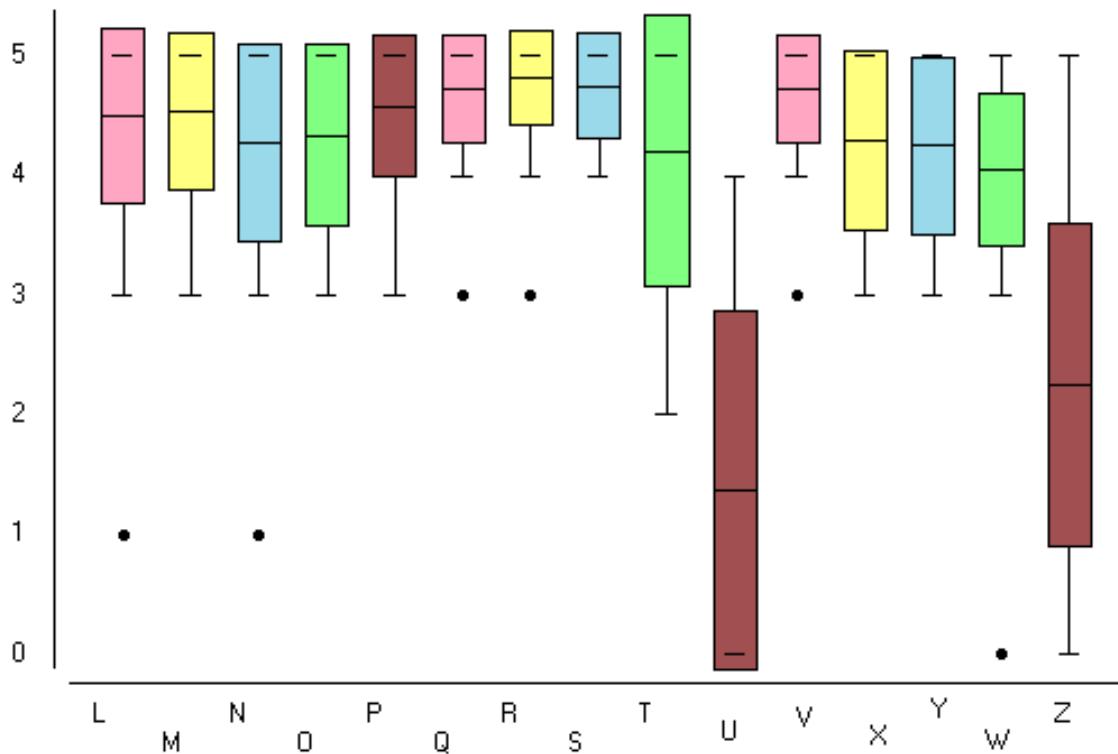
**Tabela 4** – Estatística Descritiva das assertivas L a Z

	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	X	Y	W	Z
Mínimo	1.0	3.0	1. 0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	2. 0	0.0	3.0	3.0	3.0	0.0	0.0
Máximo	5.0	5.0	5. 0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5. 0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Mediana	5.0	5.0	4. 0	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5. 0	1.0	5.0	4.0	4.0	4.0	2.5
Primeiro Quartil (25%)	4.0	4.0	3. 0	4.0	4.0	4.0	4.7 5	4.7 5	4. 0	0.0	4.0	4.0	4.0	4.0	1.0
Terceiro Quartil (75%)	5.0	5.0	5. 0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5. 0	2.2 5	5.0	5.0	5.0	4.5	3.0
Média	4.2	4.5	4. 0	4.3	4.6	4.6	4.7	4.7 5	4. 2	1.4	4.6	4.3	4.2	3.9	2.2
Desvio Padrão	1.2	0.6	1. 2	0.7	0.6	0.6	0.6	0.4 4	1. 1	1.4 9	0.6	0.7	0.7	1.0	1.3

Fonte: os autores.

A Figura 3 detalha como os licenciandos e os professores avaliaram cada indicador após a leitura e a análise do problema, utilizando como parâmetro a média aritmética dos scores atribuídas de 0 a 5.

De maneira geral, nota-se que os indicadores foram bem avaliados pelos 27 participantes, com exceção às assertivas U e Z, ambas relacionadas ao indicador sensório-motor, que apresentaram médias abaixo da metade: 1,4 e 2,3, respectivamente. A habilidade pensamento crítico (L–P) possui maior constância entre os indicadores, enquanto as habilidades colaboração (Q – U) e comunicação (V – Z) apresentaram maior variação de escores, sugerindo que os participantes tiveram mais dificuldade em avaliar os indicadores relacionados a essas habilidades em P2.

Figura 3 – Boxplot da Estatística Descritiva para as assertivas relacionadas a P2

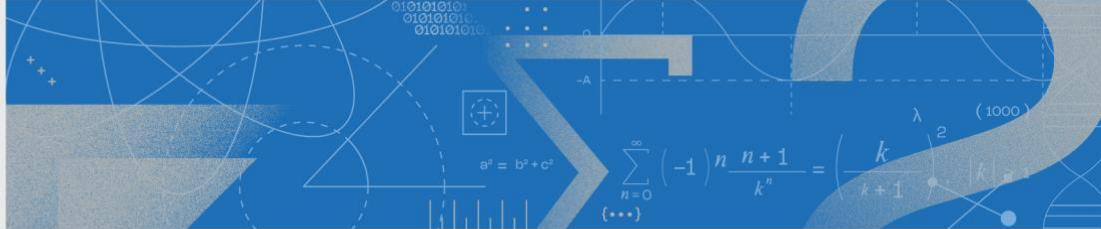
Fonte: os autores.

Pensamento crítico

A assertiva L – afere indicador conhecimento (rosa) – com média 4,2 reflete a pertinência dos conceitos científicos de reações endotérmicas e exotérmicas no problema. No entanto, o desvio padrão elevado 1,2 pode ser explicado pela presença de um *outlier* (com mínimo 1). Já na assertiva M – indicador cognição ativa - ficou evidente que os participantes concordaram que a situação do piquenique e as várias opções de escolhas favorecem a tomada de decisão por parte do aluno. O fato de 75% dos participantes atribuírem concordância com escores entre 4 e 5 corrobora essa ideia. Um espaço conhecido e real, além de se tornar uma motivação, pode favorecer um envolvimento afetivo para a resolução do problema (conação e afetividade). Por fim, houve consenso de que a escrita e a fala são habilidades sensório-motoras factíveis em P2, uma vez que a assertiva P obteve maior grau de concordância entre as assertivas dessa habilidade, com média 4,6.

Colaboração

As assertivas Q, R e S apresentaram menor discrepância entre as respostas e por

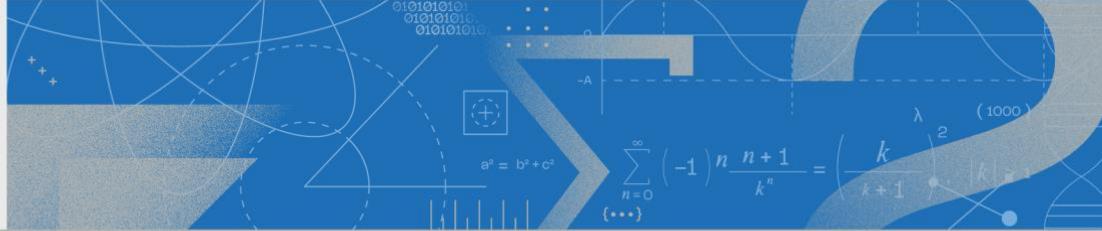


consequência os menores valores de desvio padrão entre as assertivas de P2, 0,6, 0,6 e 0,44 respectivamente, evidenciando que os indicadores relacionados a pertinência de conteúdos científicos, participação cognitiva e motivação, estão presentes no trabalho colaborativo do problema. Na assertiva Q – conhecimento (rosa) – houve concordância sobre a importância de conhecimentos prévios sobre bolsas térmicas, gelo seco e funcionamento da fogueira para que pudessem colaborar entre si na resolução do problema. A assertiva R – cognição ativa (amarelo) – reforça que as sugestões apresentadas em P2 favorecem uma melhor organização de informações e da produtividade em grupo, possibilitando maior discussão e levantamento de hipóteses. No caso da assertiva S – conação (azul) – o boxplot mostra que 25% dos participantes oscilam entre o grau mínimo (4) e o primeiro quartil (4,75). Os demais, 75% concordam plenamente que o trabalho em equipe (não precisar fazer sozinho) é a motivação para o problema. Nesse caso, essa assertiva, com alto grau de satisfação e média 4,75, reitera a importância do compartilhamento de informações com os colegas e apoio para resolver a atividade.

A assertiva T – indicador afetividade (verde) – apresenta variabilidade de opiniões que oscilam entre o grau mínimo 2,0 e máximo 5,0. Este fato sugere que os participantes não vêem da mesma forma que a escolha dos grupos pelos próprios alunos favoreça empatia necessária para a resolução da tarefa. Essa oscilação aumentou o valor do desvio padrão, apesar da média se manter em 4,2. Ou seja, ainda que haja variação de opiniões, o maior percentil está acima de 4,0. Quanto à assertiva U – indicador sensório-motor (marrom) – os participantes discordaram de que não há contribuição desse indicador no aspecto colaborativo, conferindo um valor baixo de score (1,4). Infere-se que a construção de uma assertiva com afirmação negativa pode ter gerado confusão interpretativa entre os participantes, e modificou o espectro do gráfico boxplot com valor mínimo de 0 e máximo de 4,0 e uma mediana de valor 1,0. Decorrente desse resultado, não é possível apontar uma assertividade quanto a contribuição sobre esse indicador, sendo necessária uma investigação mais aprofundada.

Comunicação

A assertiva V – indicador conhecimento (rosa) – assegura concordância dos participantes de que a explanação de um argumento exige certo domínio do conteúdo, conforme o valor de mediana 5,0 e um baixo desvio padrão de 0,6. Estes valores colocam o conhecimento como o mais bem avaliado entre os indicadores relacionados a comunicação. Já a assertiva X – indicador cognição ativa (amarelo) – apresenta mediana 4,0, valor menor que o indicador



anterior, mas que ressalta certo grau de concordância de que a escrita e a oralidade permeiam o processamento de ideias e tomada de decisão. Na mesma perspectiva está a assertiva Y – conação (azul) – que apresenta média elevada (4,3) evidenciando a compreensão de que as características individuais são determinantes para que o aluno comunique suas ideias para o coletivo. O boxplot demonstra que 25% dos participantes oscilam entre o grau mínimo (3,0) e o primeiro quartil (4,0), enquanto os demais estão entre 4,0 e 5,0.

Os indicadores da afetividade e sensório-motor tiveram algumas discrepâncias acerca da opinião dos participantes e, portanto, indicaram os escores mais baixos. A assertiva W – afetividade (verde) – indica que os participantes variam sua opinião quanto ao controle das emoções ser um indicador relevante para a comunicação. É possível observar um boxplot simétrico, indicando que 25% dos participantes estão entre o grau mínimo (3) e o primeiro quartil (4,0), 50% dos participantes transitam entre o escore 4,0 e 4,5 e 25% oscilam entre o terceiro quartil e o grau máximo (5), expresso em uma média 3,9. Ou seja, é um indicador que figura na concordância, mas não na unanimidade. Já a assertiva Z – indicador sensório-motor (marrom) apresenta o boxplot com maior amplitude interquartil, ou seja, mais disperso, com grau mínimo de 0 e máximo de 5,0, com uma mediana de 2,5. Esse resultado indica que a apresentação oral não foi identificada como um indicador sensório-motor relevante.

Percebe-se que P2, como está estruturado, favorece simultaneamente o desenvolvimento das habilidades previstas ao articular um contexto realista e próximo da vivência dos alunos, com a aplicação direta de conceitos de termoquímica. A análise das opções apresentadas no enunciado exige que o estudante mobilize conhecimentos científicos para classificar reações endotérmicas e exotérmicas, levantar hipóteses e tomar decisões fundamentadas, contemplando o pensamento crítico. A resolução coletiva e a necessidade de discutir, negociar e chegar a um consenso estimulam a colaboração, potencializando o compartilhamento de saberes prévios e a construção conjunta de argumentos. Ainda, a etapa de apresentação das conclusões à turma, com justificativa embasada, demanda a organização e a clareza na comunicação oral e escrita, promovendo o exercício dessa habilidade de forma contextualizada.

De maneira análoga ao primeiro problema, houve a elaboração do modelo pentagonal para ilustrar as habilidades e os graus de intensidade dos respectivos indicadores para o problema em questão (P2), conforme a Figura 4.

Figura 4 – Modelo de representação das habilidades pensamento crítico, colaboração e comunicação para o problema P2 de termoquímica



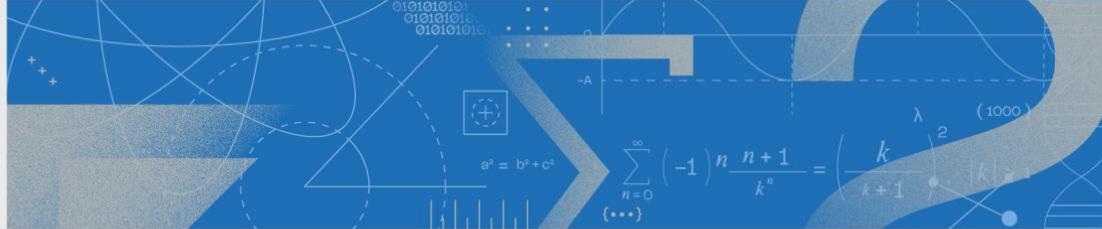
Fonte: os autores.

Ainda, pode-se afirmar que o modelo representativo elaborado para o P2 evidencia que o pensamento crítico apresentou a cobertura mais equilibrada e robusta dos indicadores, seguido pela colaboração e pela comunicação. A representação gráfica em pentágono permite visualizar lacunas, especialmente na incorporação do componente sensório-motor, direcionando ajustes na elaboração de problemas para ampliar o preenchimento desse espaço. A análise integrada revela que a efetividade de uma habilidade não depende de um único indicador, mas do entrelaçamento equilibrado entre eles, cabendo ao professor planejar estratégias que ampliem a presença dos indicadores menos contemplados sem comprometer os já consolidados.

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PROBLEMAS

Foi possível identificar que os dois problemas de termoquímica possibilitaram abordar as habilidades relacionadas aos 4Cs (pensamento crítico, criatividade, colaboração e comunicação). Assim, a elaboração dos problemas, prevendo essas habilidades antecipadamente, permitem explorar os cinco indicadores de referência (conhecimento, cognição ativa, conação, afetividade e sensório-motor), como evidenciado em P1 e P2. Em ambos os problemas foram identificados todos os indicadores, os quais puderam ser representados pelo modelo pentagonal, que explica a distribuição e a intensidade dos indicadores para cada habilidade.

Em P1, as habilidades pensamento crítico e criatividade foram bem avaliadas pelos participantes, com um tênue destaque para o aspecto criativo do problema. Entretanto, ambos

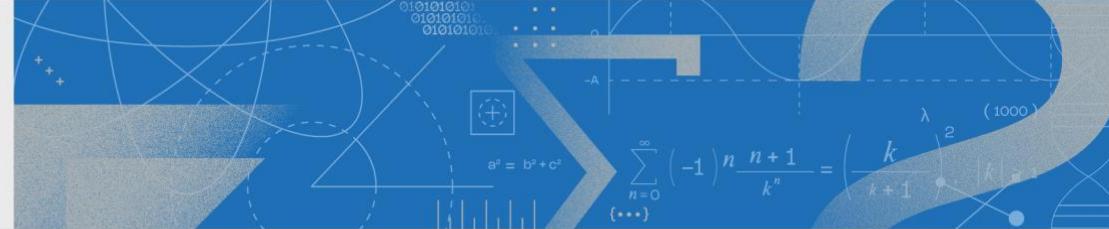


os problemas mantiveram consistência entre as habilidades no modelo pentagonal. No caso de P2, especificamente, espera-se um maior desenvolvimento da habilidade de pensamento crítico, seguido pela colaboração e a comunicação, respectivamente. Pensamento crítico foi a habilidade mais bem avaliada pelos participantes, considerada constante com médias acima de 4 para todos os indicadores, seguido pela colaboração e por último a comunicação.

Dentre os indicadores, tanto em P1 como em P2, o indicador sensório-motor evidenciou variações de escores e percepções em todas as habilidades investigadas. Interpreta-se esse resultado mediante dois argumentos: a dificuldade de compreensão dos participantes sobre o componente sensório-motor e a dificuldade de incorporar este indicador na elaboração dos problemas. O fato é que esse indicador se mostrou desafiador, indicando a necessidade de maior aprofundamento e compreensão dessa lacuna em uma investigação posterior. Como encaminhamentos futuros desta pesquisa, a ideia é implementar os problemas buscando analisar sua viabilidade no desenvolvimento de habilidades relacionadas aos 4C propostas nessa investigação.

REFERÊNCIAS

- Assai, N. D. de S., & Bedin, E. (2024). Resolução de problemas no ensino de química: Uma revisão integrativa. *Revista Diálogo Educacional*, 24(82), 1104–1120.
- Assai, N. D. de S., & Bedin, E. (2025). Problemas em química: Da elaboração à avaliação. In M. I. Tavares (Org.), *Pesquisa em movimento: A educação em ciências na América Latina*. Pedro & João Editores.
- Barros, H. L. de C. (2009). Processos endotérmicos e exotérmicos: Uma visão atômico-molecular. *Química Nova na Escola*, 31(4), 241–245.
- Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. (2018). *Base Nacional Comum Curricular: Educação infantil e ensino fundamental*. Ministério da Educação.
- Echeverría, M. D. P. P., & Pozo, J. I. (1998). Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In J. I. Pozo (Org.), *A solução de problemas: Aprender a resolver, resolver para aprender*. Artmed.
- Hung, W. (2006). The 3C3R model: A conceptual framework for designing problems in PBL. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 5–22.
- Medeiros, D. R., & Goi, M. E. J. (2018). Metodologia de resolução de problemas: Uma revisão de literatura. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, 4(11), 309–328.
- Mortimer, E. F., & Amaral, L. O. F. (1998). Quanto mais quente melhor: Calor e temperatura no ensino de termoquímica. *Química Nova na Escola*, (7), 30–34.



Perrenoud, P. (1999). Construir competências é virar as costas aos saberes? *Revista Pedagógica*, (11), 15–19.

Ribeiro, L. R. de C. (2010). *Aprendizagem baseada em problemas (PBL): Uma experiência no ensino superior*. EdUFSCar.

Santos, S., & Infante-Malachias, M. E. (2008). Interdisciplinaridade e resolução de problemas: Algumas questões para quem forma futuros professores de ciências. *Educação & Sociedade*, 29(103), 557–579. <https://doi.org/10.1590/S0101-73302008000200013>

Silva, F. C. V. (2013). *Resolução de uma situação-problema sobre radioterapia para construção de conceitos de radioatividade no ensino superior de química* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco).

Souza, V. C. de A. (2007). *Os desafios da energia no contexto da termoquímica: Modelando uma nova ideia para aquecer o ensino de química* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais).

Submetido em: 09/12/2025

Aceito em: 21/12/2025