
Análise da resolução de problemas nos itens de Ciências da Natureza do Enem e suas implicações para a Educação em Ciências

Alexandre da Silva Ferry¹

 <https://orcid.org/0000-0001-9626-9634>

Resumo

Este artigo analisa como a habilidade de resolução de problemas tem sido abordada no Exame Nacional do Ensino Médio na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Destaca suas principais características e os tipos de itens encontrados nas provas dos anos de 2018 a 2023. Tem-se como referencial teórico a convergência das considerações de George Pólya e de David Jonassen sobre a aprendizagem baseada em problemas. A identificação e análise das questões fez emergir três categorias de itens discutidas e exemplificadas. Conclui-se que a resolução de problemas em Ciências é uma habilidade fundamental. Sua abordagem e avaliação devem ser cuidadosamente planejadas para contribuir com uma avaliação mais autêntica, formativa e alinhada aos objetivos educacionais.

Palavras-chave: Resolução de Problemas. Itens de resposta orientada. Ensino de Ciências. Enem.

Analyzing Problem-Solving in ENEM's Natural Sciences Questions: Implications for Science Education

Abstract

This article examines the incorporation of problem-solving competencies within the National High School Examination's Natural Sciences and their Technologies section, underscoring the primary attributes and types of questions presented in exams from 2018 to 2023. It employs the theoretical framework of George Pólya and David Jonassen on problem-based learning to guide the identification and examination of the test items. This analysis categorizes the questions into three distinct types, each discussed and illustrated within the text. The study concludes that problem-solving in the sciences is an essential skill, necessitating a deliberate approach to teaching and evaluation. Such an approach aims to foster a more authentic and formative assessment that is closely aligned with educational goals.

Keywords: Solving problems. Guided response items. Science teaching. Enem.

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte: alexandreferry@cefetmg.br.

Introdução

A capacidade de resolver problemas é essencial para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes e desempenha um papel fundamental na preparação de indivíduos capazes de enfrentar os desafios da sociedade contemporânea. No contexto da Educação em Ciências, essa habilidade não apenas promove uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos, mas também prepara os alunos para a vida cotidiana, na qual a tomada de decisões informadas e a solução de questões complexas são constantes.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo sobre as abordagens de resolução de problemas na área de Ciências em uma das avaliações em larga escala de grande impacto nas práticas educativas no campo da Educação Científica e Tecnológica: o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). O Enem é uma avaliação em larga escala realizada anualmente pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais *Anísio Teixeira* (Inep), no Brasil, e tem se consolidado como um dos principais instrumentos de avaliação do Ensino Médio no país. Desde sua criação em 1998, o Enem evoluiu de um simples teste de habilidades e competências para se tornar um importante mecanismo de acesso ao Ensino Superior por meio do Sistema de Seleção Unificada (Sisu), além de ser utilizado em programas governamentais de bolsas de estudo, como o Programa Universidade para Todos (ProUni) e o Fundo de Financiamento Estudantil (Fies).

O exame é composto por quatro provas objetivas, abrangendo as áreas de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Ciências Humanas e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, e Matemática e suas Tecnologias, além de uma redação. Seu formato privilegia a interdisciplinaridade e a aplicação do conhecimento em contextos práticos. E seu objetivo é avaliar competências e habilidades essenciais para o exercício da cidadania e para o prosseguimento dos estudos em nível superior.

A proposta deste estudo é explorar as diferentes perspectivas pedagógicas que têm sido adotadas para promover a resolução de problemas na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Também procuramos examinar como essa habilidade tem sido avaliada nesse exame e identificar possíveis considerações e recomendações para a composição de itens baseados em resolução de problemas.

Considerando a relevância da resolução de problemas para o desenvolvimento dos estudantes e as dificuldades das abordagens tradicionais na promoção e no acompanhamento de uma aprendizagem mais efetiva em Ciências, a análise das abordagens pedagógicas adotadas para a resolução de problemas em avaliações em larga escala torna-se relevante para compreender como essa habilidade tem sido explorada nos instrumentos desse tipo de avaliação e entender suas implicações para a Educação em Ciências. Ao examinarmos como ela tem sido avaliada, podemos identificar tendências, lacunas e oportunidades de aprimoramento no ensino de Ciências. Por fim, com base na revisão da literatura sobre a temática em questão, buscamos oferecer considerações e recomendações para a composição de itens de avaliação que valorizem a resolução de problemas, visando a uma melhor adequação aos objetivos educacionais e ao desenvolvimento integral dos estudantes na Educação Básica.

Metodologia do estudo

Este estudo baseou-se em uma abrangente revisão da literatura, realizada com foco em pesquisas publicadas no campo da Educação em Ciências. A busca foi direcionada para selecionar trabalhos que discorressem sobre os conceitos de resolução de problemas em Ciências, suas abordagens pedagógicas, seus referenciais teóricos e sua relação com as avaliações nacionais e internacionais na Educação Básica. A análise crítica e a síntese desses estudos oferecem uma base que nos permite compreender a temática em sua complexidade e diversidade.

Além disso, para complementar o estudo, foram explorados os documentos orientadores do Enem, importantes referências para a compreensão das perspectivas e diretrizes educacionais relacionadas ao ensino de Ciências (Pizarro; Lopes Junior, 2017). A análise crítica desses documentos permitiu enriquecer a compreensão da temática, considerando as abordagens pedagógicas recomendadas e a importância atribuída à habilidade de resolver problemas no contexto da Educação Básica. Sobre os possíveis impactos das avaliações em larga escala nas práticas educativas dos professores de Ciências, Pizarro e Lopes Junior (2017, p. 3) fazem o seguinte questionamento:

O que se sabe hoje é que, aos olhos do professor, a avaliação em larga escala surge em sua rotina de trabalho repleta de sentidos e finalidades. Sujeitos às

políticas oficiais e a um currículo apresentado em escala estadual e, até mesmo federal, o professor faz parte desta avaliação tanto quanto seu aluno. Os resultados dessas avaliações tornados públicos através da mídia e de publicações específicas como matrizes de referência para a análise dos dados gerados, colocam o professor novamente em situação de reflexão sobre o que se pretende com essas avaliações e em que elas podem contribuir para a efetiva qualidade em Educação. Mas, em que medida essas questões podem ser discutidas e qual a relevância deste debate para o ensino de Ciências?

O presente artigo traz essa mesma indagação, com foco na questão da resolução de problemas no âmbito da Educação em Ciências. Com tal foco, ele está estruturado em seções que abordam aspectos específicos do tema proposto. Primeiramente, apresentamos os conceitos fundamentais sobre resolução de problemas nessa área, destacando sua importância para o desenvolvimento educacional e cognitivo dos estudantes. Em seguida, exploramos dois importantes referenciais teóricos para as abordagens fundamentadas na resolução de problemas — Pólya (1995) e Jonassen (2010) —, fazendo a devida contextualização do ensino de Ciências e analisando como essas perspectivas têm sido incorporadas ao contexto educacional.

Em seguida, apresentamos seções dedicadas à análise de uma das principais avaliações nacionais — as provas do Enem —, a fim de compreender como a resolução de problemas tem sido abordada nesses contextos. A categorização dos itens de Ciências da Natureza das provas do Enem analisadas seguiu um fluxograma elaborado com base nos referenciais teóricos sobre a temática da resolução de problemas, apresentado na Figura 2. A leitura e análise das questões das provas do Enem fez emergir três categorias de itens. Complementamos a discussão com exemplos de tópicos enquadrados em cada categoria, enfatizando as diferentes abordagens dos problemas em questão.

Por fim, apresentamos uma síntese do estudo com considerações relevantes para a composição de itens de avaliação baseados em resolução de problemas. Também mencionamos suas implicações para a Educação em Ciências.

Resolução de problemas na Educação em Ciências

A resolução de problemas é uma importante habilidade no contexto da Educação em Ciências e tem sido objeto de estudos em diversos artigos, apresentados nesta seção. De acordo com as perspectivas abordadas, um problema é caracterizado pela presença de uma meta a ser

alcançada, obstáculos a serem superados e uma incerteza sobre como atingir um objetivo (Peduzzi, 1997). No ensino de Física, os problemas são atividades concretas que demandam a aplicação dos conceitos físicos aprendidos para alcançar metas específicas. É fundamental que tais problemas sejam contextualizados e relevantes para a vida dos estudantes, estimulando o pensamento crítico e a aplicação dos conhecimentos adquiridos. Nesse sentido, Peduzzi (1997) cita diversos referenciais teóricos sobre as estratégias de ensino ou abordagens pedagógicas baseadas na resolução de problemas, como a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a da aprendizagem por descoberta de Bruner, a da resolução de problemas de Pólya, referenciais da modelagem matemática e uma teoria de aprendizagem baseada em problemas de Gil-Perez e Martinez-Torregrosa (1987). Esses embasamentos são relevantes para fundamentar as abordagens pedagógicas que valorizam a resolução de problemas, oferecendo subsídios para compreender os processos cognitivos envolvidos na aprendizagem e na resolução de problemas.

Para que um problema seja adequado ao ensino de Física e, por extensão, ao ensino de Ciências da Natureza, é enfatizado por Fávero e Sousa (2001) que ele deve possuir características específicas. Em primeiro lugar, o problema deve ser aberto, ou seja, não pode ter uma resposta única e definitiva, apresentando conflito cognitivo e relevância para a vida do aluno. Além disso, deve ser desafiador, demandando a aplicação de conhecimentos e habilidades para a busca de uma solução, e estar relacionado a situações reais. Para fundamentar as estratégias pedagógicas embasadas na resolução de problemas, Fávero e Sousa (2001) citam vários referenciais teóricos. Entre eles, estão estas teorias: (1) a da aprendizagem significativa de Ausubel, que destaca a importância da conexão entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio do aluno; (2) a da atividade de Leontiev, que enfatiza a influência do contexto social e cultural na construção do conhecimento; (3) a da mediação de Vygotsky, que realça o papel da interação social e da mediação do professor na aprendizagem; (4) a da resolução de problemas de Pólya, que propõe uma metodologia em quatro etapas para a solução de problemas; e (5) a da aprendizagem por descoberta de Bruner, que valoriza a descoberta e a exploração como construtoras de conhecimento. Na perspectiva de Fávero e Sousa (2001), esses referenciais teóricos são fundamentais para embasar práticas pedagógicas que priorizem a resolução de problemas, enriquecendo o ensino de Ciências e promovendo uma aprendizagem mais significativa e efetiva. Adicionalmente, estudos como o de Vianna (2002) ressaltam a importância de que os problemas

sejam apresentados de forma clara e organizada, de maneira que se permita aos estudantes compreendê-los eficazmente e abordá-los de maneira efetiva.

De acordo com Vianna (2002), a resolução de problemas no contexto da Educação em Ciências é caracterizada por questões ou situações desafiadoras que requerem a busca de soluções pelos estudantes, utilizando seus conhecimentos prévios e habilidades de pensamento crítico e criativo. Esses problemas devem ser significativos, relevantes para os interesses e necessidades dos estudantes, e estar relacionados a situações reais ou imaginárias compreensíveis pelos alunos. Para que sejam adequados ao ensino de Ciências, é essencial que sejam abertos, ou seja, permitam diferentes abordagens e soluções, e que sejam apresentados de forma clara e organizada, facilitando a compreensão e a abordagem efetiva pelos estudantes. Segundo Vianna (2002), as estratégias pedagógicas fundamentadas na resolução de problemas são embasadas em vários referenciais teóricos, de modo que se destacam: a teoria construtivista, que valoriza a construção do conhecimento pelo estudante a partir de suas experiências e interações com o ambiente; a teoria da aprendizagem significativa, que enfatiza a importância de relacionar novos conhecimentos com os conhecimentos prévios do aluno; e a teoria da resolução de problemas, que sublinha o desafiar os estudantes a resolver problemas relevantes, utilizando suas habilidades de pensamento crítico e criativo. Além disso, abordagens que enfatizam a interação social e a colaboração entre os estudantes, bem como a utilização adequada de tecnologias educacionais e materiais didáticos, também desempenham um papel importante no processo de aprendizagem baseado na resolução de problemas (Vianna, 2002).

Oliveira, Araújo e Veit (2017) ressaltam a importância dos problemas abertos no ensino de Ciências, que se caracterizam por não apresentarem todos os elementos, permitindo diferentes caminhos de resolução e não possuindo apenas uma resposta correta. Esses problemas envolvem incerteza sobre os conceitos a serem utilizados para a solução, de modo que exigem conhecimento específico e procedimental, além de estarem relacionados a contextos reais. Segundo esses autores, essa abordagem é uma estratégia pedagógica relevante para o ensino de Ciências, pois estimula o desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico, a criatividade e a tomada de decisão fundamentada.

A base teórica dessas estratégias pedagógicas, conforme apresentada por Oliveira, Araújo e Veit (2017), abrange diversos referenciais teóricos relevantes. Entre eles, também se destaca a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, entre outras teorias, como a da atividade de

Leontiev, ao conceber a aprendizagem por meio da interação entre o sujeito e o objeto de conhecimento, mediada por instrumentos e signos culturais, e a teoria dos campos conceituais de Vergnaud, que sugere que o conhecimento é organizado em campos conceituais, estruturas mentais que facilitam a compreensão e resolução de problemas em domínios específicos. Além disso, os autores citam concepções de Paulo Freire, destacam a importância de uma educação crítica e libertadora, que promova a reflexão sobre a realidade social e a transformação da sociedade. Por fim, frisam a teoria da resolução de problemas de David Jonassen e afirmam que a resolução de problemas é uma estratégia adequada para promover a aprendizagem significativa e o desenvolvimento de habilidades e competências nos estudantes (Oliveira; Araujo; Veit, 2017).

Costa e Moreira (1996, 1997, 2001) também realçam a relevância da resolução de problemas no ensino de Ciências e enfatizam que essa atividade promove o desenvolvimento de habilidades cognitivas e pensamento crítico dos estudantes, à semelhança dos outros trabalhos. Segundo esses autores, a resolução de problemas pode ocorrer em diversas situações, por meio seja de um quebra-cabeças simples, seja de situações mais complexas, e envolve a aplicação de conhecimentos e habilidades específicas, inclusive atividades experimentais em Ciências ou Matemática. O enfoque em problemas abertos é salientado por estes permitirem diferentes caminhos de resolução e não possuírem uma única resposta correta. Costa e Moreira (1997) revisam diversos estudos sobre a resolução de problemas em Física e fornecem uma tabela que aborda a base teórica, estratégias/metodologia de pesquisa e resultados de cada estudo. Essas pesquisas propõem diferentes recursos para facilitar a resolução de problemas pelos estudantes, tais como o uso de exemplos e tarefas de resolução de problemas, analogias, modelos mentais e identificação de informações relevantes.

No contexto da resolução de problemas em Física, Costa e Moreira (2001) baseiam-se em referenciais teóricos citados anteriormente, como a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak (1980), enfatizando a importância de conectar novos conhecimentos com os saberes prévios do aluno. Além disso, segundo esses autores, a teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983) é relevante ao destacar a construção de modelos mentais para a compreensão e resolução de problemas em Física. A perspectiva kuhniana também é mencionada; nela, os “problemas típicos” exemplificam uma classe de problemas para a aplicação de princípios e operações. Esses problemas podem ser incorporados a resoluções que promovam a

aprendizagem significativa, desde que trabalhados adequadamente. Outros estudos mencionados na literatura abordam diferentes estratégias de resolução de problemas aplicadas no ensino de Ciências na Educação Básica, como abordagens baseadas em modelos mentais, resolução de problemas autênticos e em grupo. Na perspectiva desse estudo, a incorporação desses referenciais teóricos no ensino de Ciências, com ênfase no trabalho com problemas originais e desafiadores, pode estimular a construção ativa do conhecimento pelos estudantes, desenvolvendo habilidades fundamentais para enfrentar desafios em diversas situações.

O Quadro 1 apresenta uma síntese dessas considerações e indica os referenciais teóricos que fundamentam esses estudos

Quadro 1 – Características e referenciais teóricos das abordagens pedagógicas fundamentadas na resolução de problemas em Ciências

Autor	Definição de problema	Características principais	Referenciais teóricos
Peduzzi (1997)	Desafio ou obstáculo	Situações desafiadoras e relevantes; aplicação de conceitos; diferentes estratégias	Teorias da aprendizagem significativa (Ausubel) e da aprendizagem por descoberta (Bruner)
Fávero e Sousa (2001)	Questão a ser resolvida	Questão aberta, conflito cognitivo, relevante e desafiador; aplicação de conhecimentos e habilidades	Teorias da aprendizagem significativa (Ausubel), da atividade (Leontiev) e da mediação (Vygotsky)
Vianna (2002)	Questão ou situação a ser resolvida	Enunciado desafiador e significativo; relação com situação real ou imaginária; problema aberto e relevante para o estudante	Teorias construtivistas da aprendizagem significativa (Ausubel) e da resolução de problemas (Pólya)
Clement e Terrazan (2012)	Situação surpreendente	Necessidade de mobilização de conhecimentos; impossibilidade de resolução imediata; reflexão e tomada de decisões	Teorias da aprendizagem significativa (Ausubel), da aprendizagem por descoberta (Bruner), da resolução de problemas (Pólya) e da investigação (Dewey)
Oliveira, Araujo e Veit (2017)	Questão a ser resolvida	Mobilização de conhecimentos com diferentes caminhos; impossibilidade de uma única resposta correta; incerteza	Teorias da aprendizagem significativa (Ausubel), da atividade (Leontiev), da modelagem matemática e dos campos conceituais (Verghnaud); concepções de Paulo Freire; abordagem CTS; resolução de problemas (Jonassen)

Costa e Moreira (1996, 1997, 2001)	Situação a ser solucionada	Problema desafiador, relevante, aberto; reflexão e diferentes estratégias; inexistência de respostas imediatas ou automáticas	Teorias da aprendizagem significativa (Ausubel), da aprendizagem por descoberta (Bruner), da resolução de problemas (Pólya) e da investigação (Dewey); perspectiva kuhniana (Kuhn)
------------------------------------	----------------------------	---	--

Fonte: Dados da revisão bibliográfica.

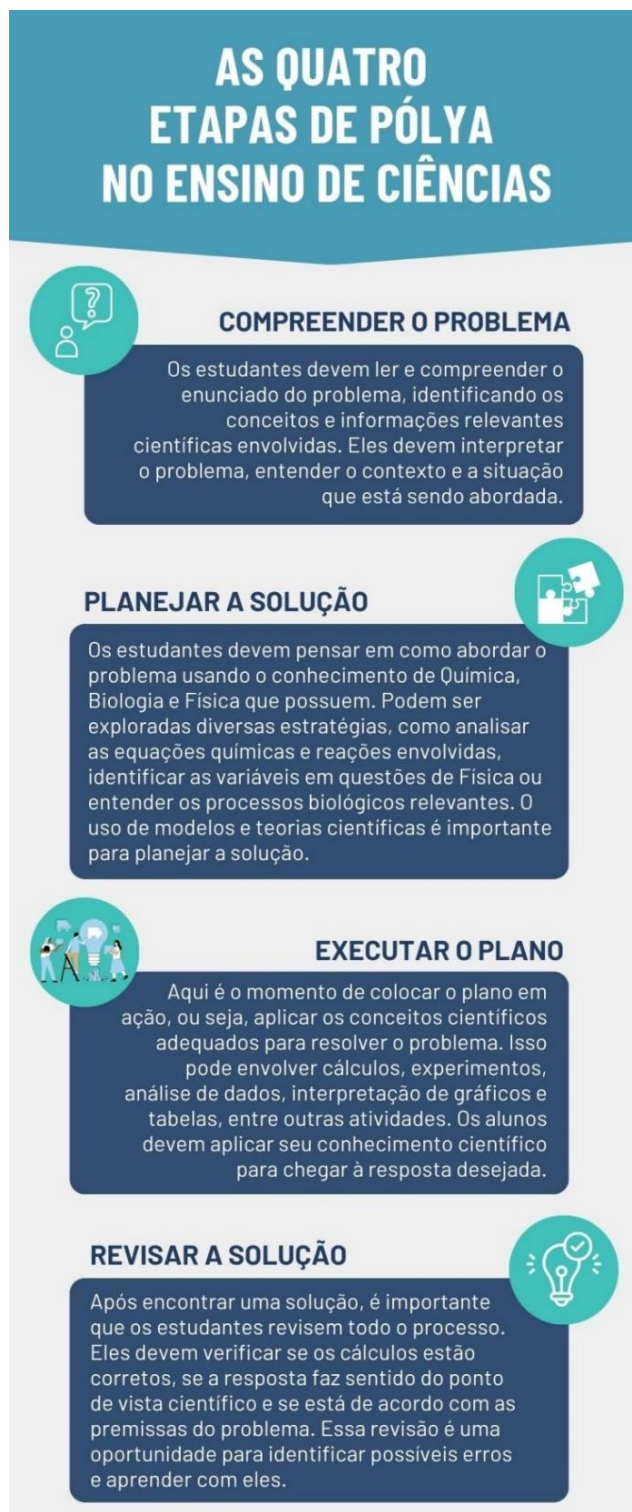
Diante de todas essas considerações, podemos dizer que a resolução de problemas em Ciências envolve a necessidade de mobilizar conhecimentos prévios e aprender novos, lidar com situações surpreendentes e desafiadoras, e requer reflexão e tomada de decisões para estabelecer uma sequência de passos a serem seguidos. Ao promover abordagens pedagógicas que valorizem essa habilidade, o ensino de Ciências pode se tornar mais significativo e motivador para os alunos bem como possibilita o desenvolvimento de competências essenciais para a compreensão dos conceitos científicos e para a atuação no mundo real.

Aprendizagem baseada em resolução de problemas: Pólya x Jonassen

Entre os referenciais teóricos citados na seção anterior, destacamos aqui a contribuição de Pólya com trabalhos publicados desde a década de 1940, sendo um dos pioneiros na temática da resolução de problemas. Esse pesquisador apresentou um método de resolução de problemas que consiste em quatro etapas fundamentais. Estas são conhecidas como “As Quatro Etapas de Pólya”: 1ª) compreender o problema, lendo cuidadosamente seu enunciado e tendo uma compreensão clara do que está sendo solicitado; 2ª) planejar a solução, pensando em diferentes estratégias e abordagens possíveis para resolver o problema; 3ª) executar o plano, colocando a estratégia planejada em ação; e 4ª) revisar o resultado, verificando se a resposta faz sentido, se está correta e se atende ao que foi solicitado no enunciado do problema. Essas etapas podem ser aplicadas em uma ampla variedade de problemas, desde questões matemáticas até problemas do cotidiano que exigem resolução criativa.

O método de resolução de problemas proposto por Pólya (1995) pode ser aplicado de forma adaptada à Educação em Ciências da Natureza, que abrange as disciplinas de Química, Biologia e Física. A Figura 1 ilustra como cada etapa pode ser utilizada nesse contexto:

Figura 1 – As Quatro Etapas de Pólya para a resolução de problemas no ensino de Ciências



Fonte: Infográfico elaborado pelo autor (2023).

Além dessas etapas na resolução de problemas, é importante incentivar a criatividade e a curiosidade dos estudantes nas Ciências da Natureza e suas Tecnologias, encorajando-os a explorar diferentes abordagens para resolver um problema, a realizar experimentos práticos quando possível e a pensar criticamente sobre os resultados obtidos. Também é fundamental que os professores estejam disponíveis para auxiliar os alunos durante todo o processo, incentivando-os a formular perguntas, discutir ideias e construir conhecimentos científicos sólidos. A resolução de problemas nesse contexto ajuda os estudantes a desenvolverem habilidades científicas essenciais, tais como pensamento analítico, tomada de decisão informada e compreensão de conceitos interdisciplinares.

Entre os referenciais citados por Oliveira, Araujo e Veit (2017) na seção anterior, destacamos a teoria de resolução de problemas de David Jonassen, conhecido por suas contribuições significativas para a área de Tecnologia Educacional e *Design* Instrucional. Sublinhamos aqui a obra intitulada *Learning to Solve Problems: A Handbook for Designing Problem-Solving Learning Environments*, de 2004. Nesse livro, Jonassen apresenta um ponto de vista abrangente para projetar ambientes de aprendizagem centrados na resolução de problemas, com ênfase no uso da tecnologia para apoiar a aprendizagem ativa. Sua teoria salienta a importância de fornecer aos alunos oportunidades para resolver problemas autênticos e significativos como meio de promover a aprendizagem efetiva.

As principais contribuições de Jonassen (2010) para a aprendizagem baseada na resolução de problemas são:

1. Relevância e significado: Jonassen (2010) acredita que os alunos aprendem melhor quando estão envolvidos em problemas do mundo real, relevantes e significativos para suas vidas. Ao enfrentar desafios práticos, os alunos têm a oportunidade de aplicar o que estão aprendendo de maneira concreta.
2. Ambientes autênticos: O autor enfatiza a criação de ambientes de aprendizagem que simulam situações reais, como simulações, estudos de caso e projetos autênticos. Isso permite que os alunos experimentem contextos reais de resolução de problemas, tornando a aprendizagem mais envolvente e aplicável.
3. Metacognição e reflexão: Jonassen (2010) valoriza a metacognição, incentivando os alunos a refletirem sobre seus processos de resolução de problemas. Ao pensar

sobre seu próprio pensamento, os alunos podem entender melhor suas estratégias e desenvolver habilidades de solução de problemas mais eficazes.

4. Aprendizagem colaborativa: Ele afirma que, por meio da aprendizagem colaborativa, os alunos trabalham em equipe para resolver problemas. Mediante a discussão e da troca de ideias, os alunos podem enriquecer sua compreensão do conteúdo e aprender com as perspectivas uns dos outros.
5. Uso de tecnologia: Como especialista em Tecnologia Educacional, Jonassen (2010) enfatiza o papel da tecnologia como uma ferramenta para facilitar a aprendizagem e a resolução de problemas. Ele acredita que a tecnologia pode fornecer acesso a informações e apoiar a colaboração e a comunicação entre os estudantes.

Em resumo, Jonassen (2010) enfatiza a importância de tornar a aprendizagem relevante e autêntica, envolvendo os alunos em situações de resolução de problemas do mundo real. Ele valoriza a metacognição, a aprendizagem colaborativa e o uso adequado da tecnologia como elementos fundamentais para melhorar a eficácia da aprendizagem baseada na resolução de problemas.

Embora George Pólya e David Jonassen discutam a resolução de problemas na Educação, além dos aspectos convergentes, suas abordagens apresentam algumas diferenças notáveis:

Semelhanças:

1. Relevância da resolução de problemas: ambos os teóricos reconhecem a importância da resolução de problemas no processo educacional. Pólya enfatiza a habilidade de resolver problemas como uma competência essencial ao desenvolvimento, enquanto Jonassen destaca a aprendizagem baseada na resolução de problemas como uma forma eficaz de aprender.
2. Ênfase no processo: tanto Pólya quanto Jonassen frisam a importância da resolução de problemas, em vez do simples foco na obtenção da resposta correta. Ambos valorizam a reflexão e a metacognição durante a resolução de problemas.
3. Contexto relevante: ambos os teóricos acreditam que o contexto em que os problemas são apresentados é muito relevante. Pólya destaca a importância de entender completamente o problema e suas nuances, enquanto Jonassen valoriza a criação de ambientes autênticos e relevantes para a aprendizagem baseada na resolução de problemas.

Diferenças:

1. Foco disciplinar vs. Abordagem transdisciplinar: Pólya concentra-se no desenvolvimento de estratégias gerais de resolução de problemas, com ênfase em disciplinas específicas, como Matemática. Por outro lado, Jonassen apresenta uma abordagem mais transdisciplinar, enfocando a aprendizagem baseada na resolução de problemas em situações autênticas, relevantes e pertencentes ao mundo real, aplicáveis a diversas áreas do conhecimento.
2. Ênfase no processo vs. Criação de ambientes de aprendizagem: enquanto Pólya foca nas etapas da resolução de problemas, como compreender o problema, planejar a solução, executar o plano e revisar o resultado, Jonassen destaca a importância de criar ambientes de aprendizagem autênticos e significativos que promovam a resolução de problemas e a aplicação do conhecimento em situações reais.
3. Utilização de tecnologia: Jonassen, como pesquisador em Tecnologia Educacional, enfatiza o uso da tecnologia como uma ferramenta para apoiar a resolução de problemas e a aprendizagem significativa. Ele sugere que a tecnologia pode fornecer acesso a informações relevantes, simular cenários complexos, facilitar a colaboração e a comunicação entre os alunos. Por outro lado, Pólya não aborda diretamente o uso da tecnologia. Há que se observar que ele escreveu antes do advento das tecnologias educacionais modernas e, portanto, não abordou diretamente esse aspecto.
4. Aprendizagem colaborativa: Jonassen destaca a aprendizagem colaborativa como uma estratégia importante na resolução de problemas, incentivando os alunos a trabalharem juntos para resolver desafios. Pólya não menciona explicitamente a aprendizagem colaborativa como parte de sua abordagem.

Embora as perspectivas de Pólya e Jonassen apresentem algumas diferenças, ambas contribuem significativamente para as práticas educativas ao enfatizarem a resolução de problemas como uma abordagem pedagógica fundamental. A abordagem de Pólya, embora concentrada principalmente na resolução de problemas no contexto da Matemática, fornece estratégias sólidas e amplamente aplicáveis a outros tipos de problemas, possibilitando aos alunos o desenvolvimento de habilidades de raciocínio lógico e dedutivo. Já a concepção de Jonassen destaca a aprendizagem baseada na resolução de problemas do mundo real e realça a

relevância e a aplicabilidade do conhecimento, além de utilizar a tecnologia como uma ferramenta poderosa para enriquecer a aprendizagem e a colaboração entre os alunos. Ambos os pontos de vista promovem o pensamento crítico, a metacognição e a aprendizagem ativa, de modo que capacitam os alunos a enfrentar desafios eficaz e significativamente nos processos de ensino e aprendizagem.

A resolução de problemas no Enem

O Enem é uma importante avaliação que busca medir o desempenho dos estudantes em quatro áreas do conhecimento, incluindo as Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Nesse contexto, a resolução de problemas se destaca como uma habilidade fundamental, pois permite aos estudantes aplicarem os conhecimentos científicos e tecnológicos em situações práticas e relevantes. A Matriz de Referência da área de Ciências da Natureza do Enem (Brasil, 2009) apresenta habilidades específicas que incentivam os estudantes a enfrentarem desafios do mundo real, relacionados a processos industriais, à comunicação, ao transporte, à saúde, ao meio ambiente e energia, entre outros. Por meio de instrumentos e itens de avaliação criteriosamente elaborados, os estudantes são mobilizados a resolver problemas complexos, demonstrando sua capacidade de análise crítica, seu pensamento sistêmico e sua tomada de decisões embasadas em conhecimentos científicos. Nesse contexto, podemos analisar como algumas habilidades podem ser abordadas e como os estudantes podem ser engajados na resolução de problemas por meio dos itens dessa avaliação.

A Matriz de Referência do Enem é composta por cinco eixos cognitivos comuns a todas as áreas de conhecimento. Dentre eles, no contexto deste estudo, destaca-se o terceiro — “Enfrentar situações-problema (SP)” —, que se refere à habilidade de selecionar, organizar, relacionar e interpretar dados e informações representados de diferentes formas, capacitando os estudantes a tomarem decisões e resolverem situações complexas. Além disso, os outros eixos — “Dominar linguagens (DL)”, “Compreender fenômenos (CF)”, “Construir argumentação (CA)” e “Elaborar propostas (EP)” — complementam a formação dos estudantes e os incentivam a utilizarem a linguagem de forma adequada, compreenderem fenômenos naturais, processos histórico-geográficos, produção tecnológica e manifestações artísticas, bem como construir argumentações consistentes e elaborar propostas de intervenção

na realidade, sempre respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural. Essa abordagem holística proporciona aos alunos um desenvolvimento completo de suas habilidades e os torna capazes de enfrentarem desafios e solucionarem problemas de maneira competente e reflexiva. Ao longo deste texto, exploraremos como o terceiro eixo da matriz, relacionado ao enfrentamento de situações-problema, é abordado na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, sublinharemos a importância desse eixo cognitivo na formação dos estudantes.

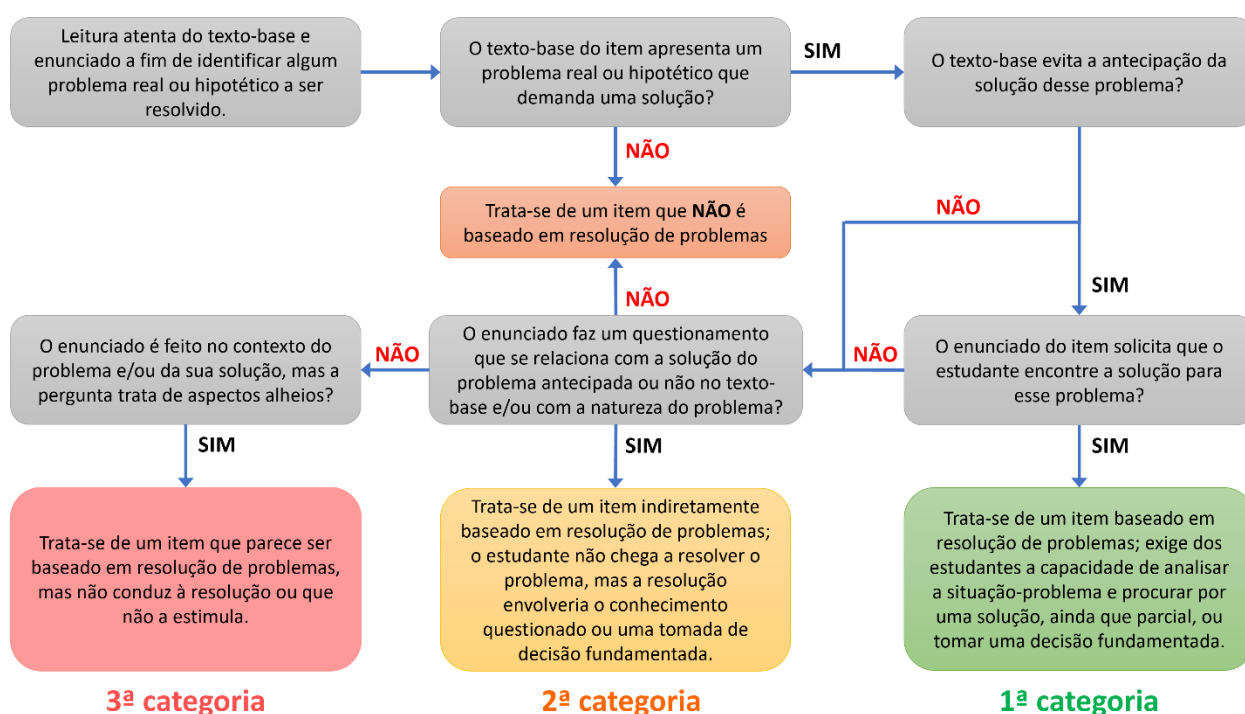
Como a resolução de problemas tem sido abordada nas provas do Enem

O Enem é uma das avaliações mais importantes no contexto educacional brasileiro. A inclusão de questões que demandam habilidades de resolução de problemas é uma estratégia essencial para avaliar a capacidade dos estudantes em aplicar seus conhecimentos em situações práticas e contextualizadas (Silveira, 2020). Nesta seção, apresentamos o levantamento e a categorização dos itens de resposta orientada (questões fechadas com alternativas) da prova da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, constituída pelos componentes curriculares da Biologia, da Física e da Química, que integram os cadernos da aplicação regular do Enem dos últimos seis anos, de 2018 a 2023. Esse recorte temporal foi definido a partir de uma demanda de estudo feita ao autor deste artigo pelo Instituto de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) sobre a temática. Nosso objetivo foi identificar os itens baseados em resolução de problemas dessa área de conhecimento e analisá-los à luz dos referenciais teóricos sobre essa temática, a fim de discutir possíveis tendências e implicações dessa abordagem tanto para a composição da referida avaliação em larga escala quanto para a Educação em Ciências. A identificação e a categorização desses itens foram realizadas seguindo o fluxograma da Figura 2, construído a partir das considerações teóricas apresentadas nas seções anteriores e da emergência das categorias ocorrida durante a leitura e análise dos itens encontrados nos cadernos do exame. Foram atentamente lidos os 45 itens do caderno regular amarelo do segundo dia da primeira aplicação de cada ano, totalizando 270 itens.

A análise dos itens de Ciências da Natureza do Enem para determinar se eles se caracterizavam como itens baseados em resolução de problemas foi conduzida seguindo uma abordagem sistemática, sintetizada no referido fluxograma (Figura 2). Primeiramente, o texto-

base de cada questão foi cuidadosamente lido e compreendido em relação ao contexto e situação apresentados, priorizando identificar se o item realmente apresentava um problema a ser resolvido pelos estudantes. Em seguida, foi avaliada a demanda cognitiva da questão em seu enunciado, observando se ele exigia mais do que a simples memorização de conceitos, mas sim a análise, a interpretação, o raciocínio lógico e/ou a aplicação de conhecimentos em cenários relevantes. Em alguns casos, as opções de resposta foram observadas para verificar se exigiam uma análise criteriosa e a aplicação do conhecimento para a escolha correta.

Figura 2 – Fluxograma para a identificação e a categorização de itens baseados em resolução de problemas



Fonte: Fluxograma elaborado pelo autor (2023).

O Quadro 2 apresenta as posições (os números de identificação) desses itens nos cadernos amarelos dos seis anos de aplicação considerados neste levantamento.

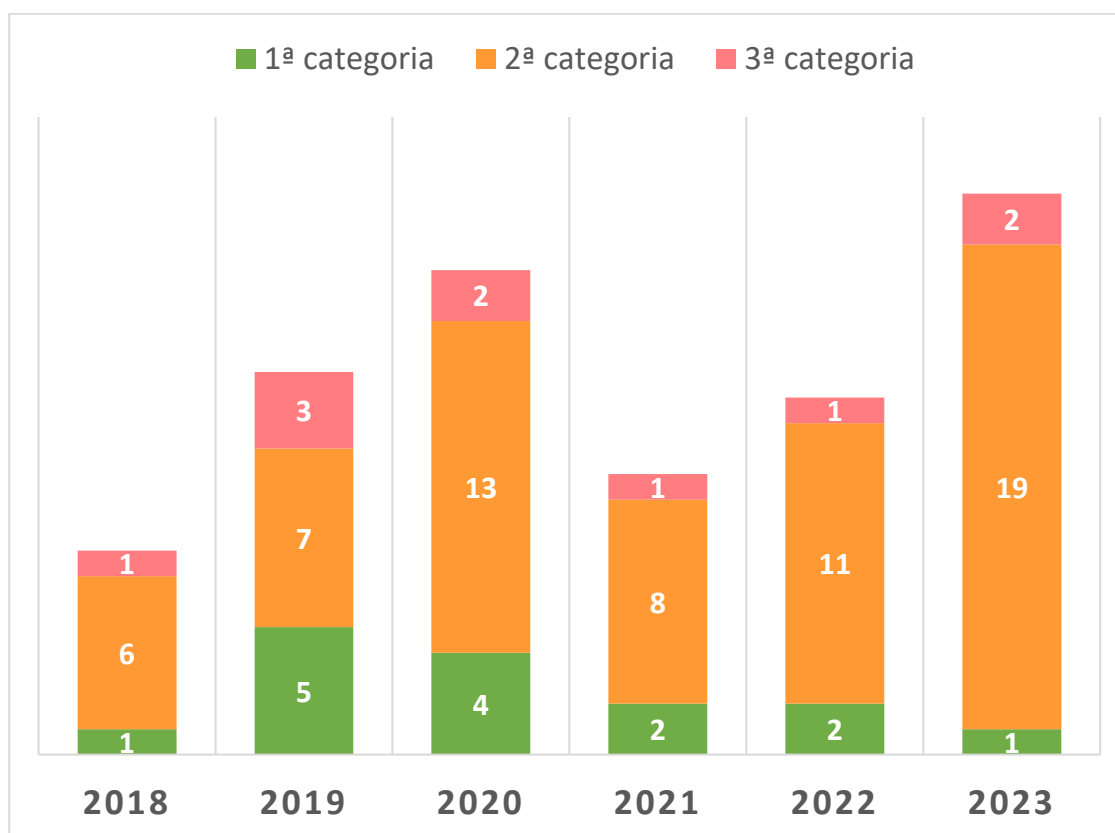
Quadro 2 – Posições dos itens que apresentam problemas reais ou hipotéticos nos textos-base em cada ano da aplicação regular do Enem de 2018 a 2023, nos cadernos amarelos, considerando as três categorias da análise

Ano	Posições dos itens			Total de itens / % da prova de CN
	1ª categoria	2ª categoria	3ª categoria	
2018	98	93, 104, 107, 123, 131, 132	129	8 (18%)
2019	91, 95, 110, 115, 126	94, 96, 99, 104, 111, 130, 134	98, 120, 123	15 (33%)
2020	95, 119, 127, 134	91, 101, 102, 106, 107, 111, 112, 113, 115, 116, 120, 126, 132	105, 123	19 (42%)
2021	122, 133	95, 96, 108, 109, 110, 119, 120, 123	131	11 (24%)
2022	120, 123	92, 97, 103, 106, 116, 121, 122, 125, 127, 129, 135	130	14 (31%)
2023	112	97, 98, 99, 100, 105, 110, 115, 116, 117, 118, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 129, 131, 133	94, 119	22 (49%)
Total	15	64	10	89 (33%)

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

O Gráfico 1 apresenta as quantidades de itens identificados nessas três categorias ao longo dos anos de 2018 a 2023.

Gráfico 1 – Distribuição das quantidades de itens que apresentam problemas reais ou hipotéticos nos cadernos das provas do Enem de 2018 a 2023, considerando as três categorias emergentes deste estudo



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Ao examinar as provas regulares do Enem realizadas nesse período, notamos um considerável esforço para incluir questões que exigissem dos alunos a capacidade de analisar uma situação-problema e aplicar conhecimentos científicos na busca por uma solução para o problema apresentado. Entre os 270 itens dessas 6 edições do exame, encontramos 89 (33%) questões que, em seus textos-base, apresentavam problemas reais ou hipotéticos, seja na composição do contexto da temática abordada no item ou se constituindo como seu próprio contexto.

Entre as 45 questões da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, os itens que apresentavam problemas reais ou hipotéticos variaram de 18 a 49%, com uma média de 38% ao longo dos 6 anos considerados. Isto é, em média, pouco mais de um terço dos itens presentes nas provas dessa área de conhecimento do Enem, de 2018 a 2023, apresentaram problemas que, a princípio, poderiam levar os estudantes a uma resolução para chegar à resposta correta. No entanto, a maior parte desses itens (64 de 89) corresponde aos da segunda categoria, com uma

média próxima de 70% dos itens que abordam problemas reais ou hipotéticos ao longo desses 6 anos de aplicação. Ou seja, quase 3 a cada 4 desses itens não demandavam por parte dos estudantes a resolução do problema apresentado no texto-base, ou por causa de uma antecipação das soluções nos próprios textos, ou por meramente fazerem questionamentos relacionados a essas soluções e/ou à natureza dos problemas descritos. Consideramos que esses itens, enquadrados nessa segunda categoria, são *indiretamente* baseados em resolução de problemas, de modo que o estudante não chega a resolvê-los, mas a resolução envolve o conhecimento questionado no enunciado.

Conforme os dados da pesquisa, as quantidades de itens realmente baseados em resolução de problemas — enquadrados na primeira categoria — ainda são baixas, variando de 1 a 5 itens por edição. Ao todo, apenas 15 itens apresentaram enunciados referentes à busca por uma solução para cada problema em questão. Isto é, apenas 16,9% desses itens, que corresponde a somente a 5,6% de todos os itens das 6 edições do exame, de fato estimularam ou demandaram a resolução de problemas, de modo que a resposta correta a ser assinalada pelos estudantes em cada caso fosse uma solução, ainda que parcial. Tal fato sugere que ainda há muito a se avançar a respeito das práticas de ensino baseadas em resolução de problemas na Educação em Ciências no Brasil, pois essa inexpressiva quantidade de itens com esse tipo de abordagem pode ser um reflexo das práticas educativas baseadas em competências e habilidades menos desafiadoras se comparadas com a complexidade e sofisticação do desenvolvimento da capacidade de resolver problemas e tomar decisões fundamentadas em conhecimento científico.

Outro ponto a ser observado neste levantamento é a terceira categoria de itens que emergiu durante a leitura dos cadernos das provas do exame. Foram encontrados 10 tópicos que, embora correspondam a somente 11,2% das 89 questões em discussão, por apresentarem algum problema no texto-base, além de antecipar sua solução antes do enunciado, envolvem questionamento alheio à resolução do problema. Entendemos que esses itens parecem se basear em resolução de problemas, mas o questionamento feito não conduz à resolução nem a estimula.

Considerando os 79 itens das categorias 1 e 2, foram abordados problemas que abrangiam tópicos de conteúdo explorados nas subáreas da Química (38 itens) em maior quantidade, seguida pela Biologia (26 itens) e, em menor quantidade, pela Física (15 itens). Ao

considerar somente os itens que de fato se baseiam em resolução de problemas, essas quantidades aparecem com diferenças relativamente semelhantes: 7 itens de Química, 4 de Biologia e 4 de Física.

Embora identifiquemos nesses itens a predominância de conhecimentos de alguma subárea das Ciências da Natureza em relação às outras, podemos dizer que a abordagem de resolução de problemas do Enem também se caracteriza, em muitos casos, por sua natureza interdisciplinar, sendo comum, porém de forma pouco expressiva, encontrarmos itens (direta ou indiretamente) baseados em problemas em temáticas da Química Ambiental, da Bioquímica e da Físico-Química. Destaca-se também a autenticidade das temáticas abordadas, que possivelmente incentiva os estudantes a encontrarem soluções para problemas reais, ainda que idealizadas ou adaptadas pelas condições de contorno do item (a extensão, a adequação ao segmento de ensino avaliado, o formato padronizado pelo Inep etc.). Além disso, as questões geralmente incluem representações, esquemas, gráficos, tabelas e informações contextuais que exigem uma análise minuciosa, o que leva ao desenvolvimento da capacidade de análise e tomada de decisões embasadas em evidências.

Ademais, o Enem tem um forte foco nas questões ambientais, de saúde, de energia, de tecnologia, entre outras atuais e pertinentes. Isso reflete a preocupação da prova em avaliar a capacidade dos estudantes em compreender e resolver desafios contemporâneos, conectando o aprendizado a situações concretas e aplicáveis ao contexto social e ambiental. Nesse sentido, a resolução de problemas no Enem não se limita apenas a testar o conhecimento dos estudantes, mas também busca avaliar o desenvolvimento de habilidades fundamentais da educação científica e tecnológica.

Após essas considerações, é notável o esforço de abordar a resolução de problemas nas provas de Ciências da Natureza no Enem, que, de algum modo, refletem no ensino de Ciências como forma de preparar os estudantes para lidar com os desafios da vida real, com a compreensão do mundo natural e das intervenções humanas sobre a natureza. Provavelmente, esse esforço também pode incentivar uma educação científica e tecnológica mais integrada, apropriada e adaptada às necessidades do mundo moderno.

A título de exemplificação, na próxima seção, apresentamos seis questões encontradas nos cadernos analisados que ilustram as três categorias levantadas, a fim de esclarecer as diferenças entre elas e enfatizar como essa abordagem da resolução de problemas pode ser

aplicada em instrumentos de avaliação, considerando possíveis desdobramentos para a Educação em Ciências.

Exemplos de itens encontrados nas provas do Enem

A Figura 3 apresenta 2 exemplos de questões classificadas como itens da primeira categoria — a de itens baseados em resolução de problemas. A primeira questão é o item 95 do caderno amarelo (nº 5) da aplicação regular do ano de 2019; a segunda é o item 119 do caderno de 2020. O primeiro trata da indução de corrente elétrica em arames de cerca em propriedades rurais que leva à possibilidade de choques elétricos. O segundo envolve conhecimentos da Química sobre propriedades físicas e métodos de separação de componentes em misturas. Em ambos os textos-base, é possível identificar problemas que demandam soluções.

Figura 3 – Exemplos de itens baseados em resolução de problema (primeira categoria)

Questão 95

As redes de alta tensão para transmissão de energia elétrica geram campo magnético variável o suficiente para induzir corrente elétrica no arame das cercas. Tanto os animais quanto os funcionários das propriedades rurais ou das concessionárias de energia devem ter muito cuidado ao se aproximarem de uma cerca quando esta estiver próxima a uma rede de alta tensão, pois, se tocarem no arame da cerca, poderão sofrer choque elétrico.

Para minimizar este tipo de problema, deve-se:

- A Fazer o aterramento dos arames da cerca.
- B Acrescentar fusível de segurança na cerca.
- C Realizar o aterramento da rede de alta tensão.
- D Instalar fusível de segurança na rede de alta tensão.
- E Utilizar fios encapados com isolante na rede de alta tensão.

Questão 119

Em seu laboratório, um técnico em química foi incumbido de tratar um resíduo, evitando seu descarte direto no meio ambiente. Ao encontrar o frasco, observou a seguinte informação: “Resíduo: mistura de acetato de etila e água”.

Considere os dados do acetato de etila:

- Baixa solubilidade em água;
- Massa específica = $0,9 \text{ g cm}^{-3}$;
- Temperatura de fusão = $-83 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Pressão de vapor maior que a da água.

A fim de tratar o resíduo, recuperando o acetato de etila, o técnico deve

- A evaporar o acetato de etila sem alterar o conteúdo de água.
- B filtrar a mistura utilizando um funil comum e um papel de filtro.
- C realizar uma destilação simples para separar a água do acetato de etila.
- D proceder a uma centrifugação da mistura para remover o acetato de etila.
- E decantar a mistura separando os dois componentes em um funil adequado.

Fonte: Cadernos amarelos da aplicação regular do Enem de 2019 e 2020, respectivamente.

O texto-base do item 95 descreve uma situação típica ocorrida em cercas metálicas de propriedades rurais que pode levar à ocorrência de choques elétricos (o problema). A leitura do enunciado, que segue a apresentação desse problema no texto-base, solicita que o estudante identifique entre as alternativas qual é a ação necessária para minimizar esse problema, isto é, sua solução.

No item 119 da prova de 2020, o texto-base apresenta uma situação em que um técnico em Química é responsável por tratar um resíduo contendo uma mistura de acetato de etila e água. Não é diretamente indicado qual é o problema a ser resolvido, mas fica implícito que o objetivo é recuperar o acetato de etila, separando-o da água, a fim de evitar o descarte direto no meio ambiente. Ou seja, o enunciado implícito é que o técnico precisa encontrar uma forma de recuperar o acetato de etila da mistura, ou seja, separá-lo da água, o que configura um problema a ser resolvido. Para resolvê-lo, os estudantes devem aplicar conhecimentos sobre técnicas de separação de misturas e as propriedades físicas de seus componentes.

Em ambos os itens, assim como identificamos em todos os itens dessa primeira categoria, além de reconhecer os problemas apresentados nos textos-base, consideramos que não há antecipação de soluções, e os enunciados conduzem os estudantes a encontrarem uma solução possível entre as alternativas.

Os próximos exemplos são de itens enquadrados na segunda categoria da análise: a dos itens indiretamente baseados em resolução de problemas. A Figura 4 apresenta o item 120 da prova de 2021 e o item 127 da prova de 2022. Em ambos há a apresentação de um problema real que demanda uma solução. Porém, no próprio texto-base de cada item, também é exposta uma possível solução para o problema descrito, o que, conseqüentemente, impede de se perguntar, no enunciado, qual é a solução do problema, pois ela já está dada. Contudo, o enunciado questiona sobre algum aspecto da solução ou do próprio problema apresentados.

Figura 4 – Exemplos de itens *indiretamente* baseados em resolução de problema (segunda categoria)

Questão 120 enem2021

O rompimento da barragem de rejeitos de mineração no município mineiro de Mariana e o derramamento de produtos tóxicos nas águas do Rio Doce, ocorridos em 2015, ainda têm consequências para os organismos que habitam o Parque Nacional Marinho de Abrolhos, localizado a mais de 1000 quilômetros de distância. Esse desastre ambiental afetou o fitoplâncton, as esponjas, as algas macroscópicas, os peixes herbívoros e os golfinhos.

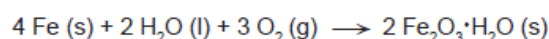
FRAINER, G.; SICILIANO, S.; TAVARES, D. C. Franciscana calls for help: [...]. International Whaling Commission, Conference Paper, jun. 2016 (adaptado).

Concentrações mais elevadas dos compostos citados são encontradas em

- A** esponjas.
- B** golfinhos.
- C** fitoplâncton.
- D** peixes herbívoros.
- E** algas macroscópicas.

QUESTÃO 127

A nanotecnologia é responsável pelo aprimoramento de diversos materiais, incluindo os que são impactados com a presença de poluentes e da umidade na atmosfera, causadores de corrosão. O processo de corrosão é espontâneo e provoca a deterioração de metais como o ferro, que, em presença de oxigênio e água, sofre oxidação, conforme ilustra a equação química:



Uma forma de garantir a durabilidade da estrutura metálica e a sua resistência à umidade consiste na deposição de filmes finos nanocerâmicos à base de zircônia (ZrO_2) e alumina (Al_2O_3) sobre a superfície do objeto que se deseja proteger.

CLEMENTE, G. A. B. F. et al. O uso de materiais híbridos ou nanocompósitos como revestimentos anticorrosivos do aço. Química Nova, n. 9, 2021 (adaptado).

Essa nanotecnologia aplicada na proteção contra a corrosão se baseia no(a)

- A** proteção catódica, que utiliza um metal fortemente redutor.
- B** uso de metais de sacrifício, que se oxidam no lugar do ferro.
- C** passivação do ferro, que fica revestido pelo seu próprio óxido.
- D** efeito de barreira, que impede o contato com o agente oxidante.
- E** galvanização, que usa outros metais de menor potencial de redução.

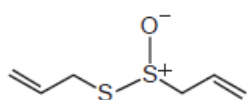
Fonte: Cadernos amarelos da aplicação regular do Enem de 2021 e 2022, respectivamente.

Os dois últimos exemplos são de itens que parecem se basear em resolução de problemas, em decorrência da apresentação de alguma situação-problema em seus textos-base, mas acabam fazendo questionamentos que não integram a resolução nem a estimulam. A Figura 5 apresenta o item 98 da prova de 2019 e o item 131 da prova de 2021. Em ambos também há a apresentação de um problema real que demanda uma solução: o primeiro apresenta como problema a permanência do odor de alho nas mãos e antecipa, no próprio texto-base, uma forma de resolver essa questão; semelhantemente, o segundo item apresenta como problema a dificuldade de oferecer ao óleo sujo de cozinha um destino adequado que evite a poluição ambiental e antecipe como solução um método para seu reaproveitamento.

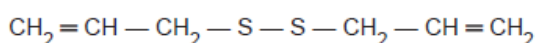
Figura 5 – Exemplos de itens *aparentemente* baseados em resolução de problema (terceira categoria)

Questão 98

O odor que permanece nas mãos após o contato com alho pode ser eliminado pela utilização de um “sabonete de aço inoxidável”, constituído de aço inox (74%), cromo e níquel. A principal vantagem desse “sabonete” é que ele não se desgasta com o uso. Considere que a principal substância responsável pelo odor de alho é a alicina (estrutura I) e que, para que o odor seja eliminado, ela seja transformada na estrutura II.



Estrutura I



Estrutura II

Na conversão de I em II, o “sabonete” atuará como um

- A** ácido.
- B** redutor.
- C** eletrólito.
- D** tensoativo.
- E** catalisador.

Questão 131

enem2021

A simples atitude de não jogar direto no lixo ou no ralo da pia o óleo de cozinha usado pode contribuir para a redução da poluição ambiental. Mas o que fazer com o óleo vegetal que não será mais usado? Não existe um modelo ideal de descarte, mas uma alternativa simples tem sido reaproveitá-lo para fazer sabão. Para isso, são necessários, além do próprio óleo, água e soda cáustica.

LOBO, I. Sabão feito com óleo de cozinha. Disponível em: <http://pga.pgr.mpf.gov.br>. Acesso em: 29 fev. 2012 (adaptado).

Com base no texto, a reação química que permite o reaproveitamento do óleo vegetal é denominada

- A** redução.
- B** epoxidação.
- C** substituição.
- D** esterificação.
- E** saponificação.

Fonte: Cadernos amarelos da aplicação regular do ENEM de 2019 e 2021, respectivamente.

Porém, os questionamentos feitos nos enunciados desses dois itens tratam apenas do conhecimento de nomes processos e categorias de substâncias, configurando-se como meros contextos para as perguntas feitas no enunciado, sem envolver a resolução dos problemas apresentados neles.

Considerações finais

De acordo com as principais características das práticas educativas fundamentadas em resolução de problemas discutidas ao longo do estudo e posteriormente analisadas nos itens de Ciências das provas do Enem, concluímos que as abordagens baseadas em resolução de problemas implicam, obviamente, a existência de um problema a ser resolvido, e não a resposta a exercícios de aplicação associados a tópicos de conteúdos conceituais ou até mesmo procedimentais. Essas abordagens devem envolver a apresentação de situações desafiadoras ou

questões que exigem dos estudantes a busca por soluções. Em circunstâncias ou atividades propostas por professores em sala de aula, como em avaliações escolares promovidas por instrumentos escritos, esses problemas podem ser abertos, ou seja, podem não possuir uma única resposta correta. A análise feita neste artigo sobre as provas do Enem torna evidente que essa abordagem também é possível de ser feita por meio de questões fechadas, de resposta orientada, isto é, com opções pré-determinadas.

Outro relevante aspecto apontado pela literatura e presente nos itens da avaliação em larga escala em questão a respeito dos problemas que os fundamentam é a importância da contextualização e da relevância das temáticas problematizadas: os problemas apresentados devem estar relacionados à vida dos estudantes, conectando-se com situações reais ou imaginárias compreensíveis por eles. A contextualização torna o aprendizado mais significativo e estimula o engajamento dos estudantes na busca pela solução.

A análise dos itens baseados em resolução de problemas, em especial os questionamentos feitos em seus enunciados, permite-nos considerar que tal abordagem fomenta o pensamento analítico e crítico, requerendo a interpretação de dados e a tomada de decisões fundamentada no conhecimento científico abordado. Essas habilidades podem ser desenvolvidas ao longo da resolução de problemas, o que torna essa abordagem uma estratégia útil para aprimorar a capacidade de análise e pensamento dos estudantes.

Além disso, a análise dos itens sugere que a abordagem de resolução de problemas em avaliações como o Enem tende a valorizar a conexão entre os conhecimentos conceituais trabalhados nas Ciências da Natureza com a realidade: os problemas são frequentemente relacionados a situações do mundo real, tornando a resolução mais envolvente e significativa para os estudantes. Essa relação com a realidade favorece a construção de significados e a atribuição de sentidos aos conceitos e procedimentos compartilhados em sala de aula.

Concluimos que, para a composição de avaliações, incluindo as de larga escala, é fundamental que os problemas sejam desafiadores e estimulantes, adaptados ao nível de conhecimento dos estudantes, e que permitam a discussão e reflexão sobre os conceitos envolvidos. Muitos estudos destacam a importância da apresentação de problemas autênticos e vinculados ao contexto real dos estudantes. Essas características proporcionam uma base para o desenvolvimento de práticas educacionais que sejam capazes de promover a resolução de

problemas como uma ferramenta fundamental para a aprendizagem em Ciências na Educação Básica.

As características comuns identificadas nas abordagens baseadas em resolução de problemas podem oferecer uma orientação útil para a elaboração de itens de resposta orientada. A utilização de itens que exijam a aplicação de conceitos aprendidos em sala de aula e que possibilitem a discussão e reflexão sobre os conceitos envolvidos pode fomentar a aprendizagem significativa e a compreensão dos conteúdos.

Para itens fechados, é importante que as questões sejam cuidadosamente elaboradas para proporcionar um grau adequado de desafio e estímulo aos estudantes, garantindo que as respostas corretas não sejam alcançadas por meros automatismos, mas sim por meio da compreensão dos conceitos e da aplicação dos conhecimentos adquiridos. Os itens devem ser estruturados de forma clara e organizada, com opções de resposta que explorem diferentes aspectos da resolução de problemas, permitindo ao aluno demonstrar suas habilidades de pensamento crítico e analítico. Além disso, é importante evitar a formulação de questões com respostas óbvias, de modo que se incentive a análise crítica e a tomada de decisões.

Independentemente do tipo de questão, é recomendável que os itens sejam cuidadosamente revisados para garantir que sejam desafiadores e alinhados aos objetivos educacionais, respeitando o nível de conhecimento dos estudantes e considerando a diversidade de habilidades trabalhadas em sala de aula. A inclusão de problemas baseados em situações reais ou relacionados ao cotidiano dos estudantes pode tornar a avaliação mais significativa e atrativa, promovendo a motivação deles para enfrentar os desafios propostos. Dessa forma, a utilização das características comuns identificadas nas abordagens de resolução de problemas pode enriquecer a elaboração de itens de avaliação, contribuindo para uma avaliação mais autêntica, formativa e alinhada aos objetivos educacionais.

Referências

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Matriz de Referência para o Enem 2009*. Brasília, DF: Inep/MEC, 2009. Disponível em: https://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf. Acesso em: 1 mar. 2024.

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Resolução de problemas de lápis e papel numa abordagem investigativa. *Experiências em Ensino de Ciências*, Cuiabá, v. 7, n. 2, p. 98-116, 2012.

COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 263-277, 2001.

COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. Resolução de problemas I: diferenças entre novatos e especialistas. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 176-192, 1996.

COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. Resolução de problemas IV: estratégias para resolução de problemas. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 153-184, 1997.

FÁVERO, M. H.; SOUSA, C. M. S. A resolução de problemas em Física: revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 143-196, 2001.

GIL-PEREZ, D.; MARTINEZ-TORREGROSA, J. *La resolución de problemas de Física: una didáctica alternativa*. Madrid/Barcelona: Ediciones Vicens-Vives, 1987.

JONASSEN, David H. *Learning to Solve Problems: A Handbook for Designing Problem-Solving Learning Environments*. 1. ed. New York: Routledge, 2010.

JOHNSON-LAIRD, P. N. *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

OLIVEIRA, V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Resolução de problemas abertos no ensino de física: uma revisão da literatura. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 1-17, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0269>

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a resolução de problemas no ensino da Física. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 14, n. 3, p. 229-253, dez. 1997.

PIZARRO, M. V.; LOPES JUNIOR, J. Os sistemas de avaliação em larga escala e seus resultados: o PISA e suas possíveis implicações para o ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 19, p. 1-24, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190119>

PÓLYA, G. *A arte de resolver problemas: um novo aspecto do método matemático*. Tradução e adaptação Heitor Lisboa de Araújo. Rio de Janeiro: Interciência, 1995.

SILVEIRA, L. D. *Avaliação da educação: o uso dos resultados do exame nacional do ensino médio (ENEM) no contexto escolar*. 2020. 168f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Cidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

VIANNA, C. R. Resolução de Problemas. *In*: FUTURO CONGRESSOS E EVENTOS (org.). *Temas em Educação I* - Livro das Jornadas de 2002. Curitiba: Futuro Congressos e Eventos, 2002. p. 401-410.

Submetido: 30.11.2023.

Aprovado: 07.03.2024.