

Construção de sentenças descritoras para itens de química no ENEM para o aprimoramento da prática pedagógica

VINÍCIUS DA SILVA CARVALHO^I
ANDRÉIA FRANCISCO AFONSO^{II}
<http://dx.doi.org/10.22347/2175-2753v16i53.4401>

Resumo

Este artigo apresenta o processo de elaboração de sentenças descritoras para itens de Química do Enem, realizado por professores atuantes no Ensino Médio. Esse processo se desenvolveu em um Curso de Extensão, cujo objetivo foi o de auxiliar os professores na compreensão da correlação entre os parâmetros estatísticos da prova do Enem e a Taxonomia de Bloom. Além disso, buscou-se a integração com aspectos conceituais e cognitivos relativos aos itens, com base em uma metodologia que envolveu análise de métodos quantitativos e qualitativos. Os resultados indicam que as análises de sentenças descritoras podem aprimorar as práticas pedagógicas por proporcionarem uma compreensão mais profunda das habilidades não desenvolvidas pelos estudantes.

Palavras-Chave: Exame Nacional do Ensino Médio; Psicometria moderna; Ciências da Natureza; TRI.

Submetido em: 18/09/2023
Aprovado em: 12/12/2024

^I Instituto Mauá de Tecnologia (IMT), São Caetano do Sul (SP), Brasil; <https://orcid.org/0000-0002-4132-4736>; e-mail: vinicius.carvalho@maua.br.

^{II} Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora (MG), Brasil; <https://orcid.org/0000-0002-0107-2490>; e-mail: andrea.afonso@ufff.br.

Construction of descriptive sentences for chemistry items in Enem for the improvement of pedagogical practice

Abstract

This article examines the process of formulating descriptor sentences for chemistry items on the Enem examination, undertaken by high school educators. This process took place during an Extension Course aimed at helping teachers understand the exam items in correlation with the statistical parameters of the Enem and Bloom's Taxonomy. Furthermore, the initiative aimed to integrate conceptual and cognitive dimensions of the items, employing a methodology grounded in the analysis of both quantitative and qualitative methods. The results indicate that analyzing descriptor sentences can enhance teaching practices by providing a deeper understanding of the skills not yet developed by students.

Keywords: Exame Nacional do Ensino Médio; Modern psychometry; Natural Sciences; TRI.

Construcción de oraciones descriptivas para ítems de química en Enem para el mejoramiento de la práctica pedagógica

Resumen

En este artículo se presenta el proceso de elaboración de oraciones descriptoras para los ítems de química del Enem, llevado a cabo por docentes que trabajan en la Escuela Media. Este proceso se desarrolló en un Curso de Extensión, cuyo objetivo fue ayudar a los docentes a comprender la correlación entre los parámetros estadísticos de la prueba Enem y la Taxonomía de Bloom. Además, se buscó la integración con los aspectos conceptuales y cognitivos relacionados con los ítems, a partir de una metodología que involucró el análisis de métodos cuantitativos y cualitativos. Los resultados indican que el análisis de oraciones descriptoras puede mejorar las prácticas pedagógicas, al proporcionar una comprensión más profunda de las habilidades no desarrolladas por los estudiantes.

Palabras clave: Examen Nacional de Escuela Secundaria; Psicometría moderna; Ciências de la naturaleza; TRI.

Introdução

Desde a década de 1960, a avaliação educacional externa e em larga escala vem passando por transformações que reverberam nos sistemas educacionais e, conseqüentemente, na prática docente em sala de aula. Uma dessas mudanças está baseada na inserção de competências nas matrizes de referência, que abrangem múltiplos conhecimentos e habilidades. Por meio das competências, espera-se avaliar a formação educacional e profissional com um enfoque no desenvolvimento humano e na cidadania (Marinho-Araujo; Rabelo, 2015).

Identifica-se, na matriz de referência do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), oito competências da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Essas competências formam um conjunto de 30 habilidades (Brasil, 2009), que avaliam conceitos de Química, isoladamente, ou de forma integrada com conhecimentos específicos da Biologia e/ou da Física. Um exemplo de habilidade específica de Química é: "7- Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico tecnológicas" (Brasil, 2009, p. 10).

Nesse sentido, ao examinarmos a habilidade citada anteriormente, percebemos que o Enem, por meio de seus itens, pode estimular o desenvolvimento de diferentes habilidades. Tais habilidades abrangem diversos fenômenos (cotidianos, industriais e da natureza), explorando, ainda, o domínio da linguagem científica e das situações-problemas por parte do estudante (Costa-Beber; Maldaner, 2015).

Dessa forma,

[...] o Enem [...] dispõe aquilo que é considerado essencial e indispensável à formação dos estudantes, cujos resultados são os pilares para as reflexões e reformas pedagógicas (currículo, ensino, aprendizagem e gestão) no âmbito do ensino médio (Sousa Sobrinho, 2023, p. 5).

Assim, os itens do Enem podem proporcionar discussões relevantes para o ensino e para a aprendizagem de Química, uma vez que o possível caminho cognitivo realizado pelos estudantes, ao respondê-los, pode ser delineado a partir da elaboração. Esses itens, aliados a outros dados relativos à proficiência dos estudantes e à ancoragem do item na escala^{III}, permitem ao gestor promover um diálogo com

^{III} Dados disponibilizados pelo banco do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

os docentes sobre as habilidades já desenvolvidas e sobre as que demonstram um maior grau de dificuldade por parte dos estudantes.

Para facilitar a compreensão dos dados obtidos a partir do banco do INEP, uma interpretação pedagógica pode ser realizada pelos gestores e professores das disciplinas em questão. Ela consiste no cruzamento de: i) dados psicométricos (parâmetros 'a', 'b' e 'c' da Teoria de Resposta ao Item e a ancoragem); ii) análise da sentença descritora; e iii) da habilidade do item do Enem a ser analisado. Cada item é atrelado a uma habilidade e essa associação é apresentada por uma planilha divulgada pelo banco de dados do INEP.

Na próxima seção, será apresentada uma breve relação da dificuldade do item com o modelo logístico de três parâmetros 'a', 'b' e 'c' da Teoria de Resposta ao Item (TRI), em consonância com a Taxonomia de Bloom. Essa relação foi o objeto de estudo de um Curso de Extensão oferecido a professores de Química atuantes no Ensino Médio. Com base nas análises realizadas pelos participantes desse curso, cuja fundamentação se deu pela Taxonomia de Bloom revisada (Anderson; Krathwohl, 2001), foi possível identificar que ações cognitivas mais simples, como a lembrança e a compreensão de informações, tendem a gerar itens de menor dificuldade. Observou-se, também, que ações mais complexas, como a avaliação crítica e a análise de dados, aumentam o nível de desafio.

A compreensão da relação entre a dificuldade do item (parâmetro b) e a Taxonomia de Bloom, integrada a aspectos conceituais e cognitivos dos itens, culminou na criação de sentenças descritoras pelos docentes. Com o objetivo de descrever os elementos mobilizados pelos professores de Química participantes do referido Curso de Extensão, analisaremos, na seção a seguir, os itens do ENEM de números 106 e 115 componentes da edição de 2017.

A dificuldade do item de Ciências da Natureza obtido pelo modelo logístico de três parâmetros na Teoria de Resposta ao Item

A Teoria de Resposta ao Item (TRI) é uma teoria do traço latente, cuja aplicação permite a verificação da habilidade e do desempenho do avaliado. Segundo Andrade, Tavares e Valle (2000), a TRI é considerada modelo logístico mais sofisticado até o momento, pelo fato de se basear em três parâmetros para estimar a proficiência dos estudantes. Por meio dela, há a possibilidade de comparação do desempenho dos estudantes a cada ano, entre regiões e entre escolas. Assim,

avaliações que se valem desse modelo possibilitam que gestores e professores acompanhem os resultados de seus estudantes ao longo de um período. Os resultados dessas avaliações, portanto, são indicadores que auxiliam tais profissionais a buscarem meios para a superação de dificuldades.

Pasquali e Primi (2003, p. 102) compreendem a teoria do traço latente como:

Uma família de modelos matemáticos que relaciona variáveis observáveis (itens de um teste, por exemplo) e traços hipotéticos não-observáveis ou aptidões, estes responsáveis pelo aparecimento das variáveis observáveis ou, melhor, das respostas ou comportamentos emitidos pelo sujeito que são as variáveis observáveis.

Carlos (2017) ainda aponta que esse modelo deve levar em consideração a natureza dicotômica ou não dicotômica do item, a possibilidade de haver mais de uma população envolvida e se os itens avaliam mais de uma habilidade. Os itens que avaliam apenas uma habilidade são dicotômicos e aplicados a um único tipo de população, como no caso do Enem, que avalia os estudantes concluintes do Ensino Médio (Andrade; Tavares; Valle, 2000).

Os parâmetros desse modelo são:

- O denominado 'a', relacionado à discriminação do item. Quanto maior esse parâmetro, melhor será a distinção entre as probabilidades de dois indivíduos com diferentes proficiências acertarem o item.

- O 'b', que informa sobre a dificuldade do item, pois indica a proficiência do estudante. Portanto, um item com maior nível de dificuldade exige nível elevado de proficiência.

- O parâmetro 'c', que indica a possibilidade de um estudante com baixa proficiência acertar o item (Pasquali, 2020).

Para Luckesi (2018), a leitura de dados estatísticos pode e deve ser um recurso fundamental para o gestor de uma ação, pois revela o retrato do resultado obtido, servindo como meio para motivar uma investigação avaliativa. A partir dessa identificação, uma intervenção junto aos professores de Química atuantes na Educação Básica foi planejada. Essa ação teve como motivação o fato de haver gestores e professores de Química que apresentam dificuldades ao analisarem itens e questões, assim como de compreenderem a apropriação de resultados, mesmo que reconheçam a importância desses instrumentos de avaliação.

Alinhada aos parâmetros da TRI está a Taxonomia de Bloom para uma interpretação pedagógica mais ampla dos itens do Enem.

Categorização do conhecimento

A Taxonomia de Bloom foi criada em 1956 por Benjamin S. Bloom e outros pesquisadores, com a finalidade de facilitar a comunicação e classificar os objetivos do sistema educacional, uma vez que alguns professores julgavam que os estudantes deveriam internalizar o conhecimento, outros, que alcançassem o cerne ou a essência do conhecimento, ou, ainda, que o compreendessem (Ferraz; Belhot, 2010).

Essa taxonomia é organizada em três domínios, sendo eles: o cognitivo, o afetivo e o psicomotor. O domínio cognitivo, tema tratado com mais evidência nesse texto, inclui objetivos vinculados à memória, ao reconhecimento e ao desenvolvimento das capacidades e habilidades intelectuais. Esse domínio é fundamental para a implementação de avaliações, para as reflexões sobre o currículo e para a interpretação dos resultados referentes às capacidades intelectuais dos estudantes, partindo do menor nível de complexidade - Conhecimento - seguindo para um nível mais avançado - Avaliação (Bloom; Engelhart; Furts; Hill; Krathwohl, 1977).

As definições significativas e aplicadas para os conteúdos da Química, são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Definições dos domínios cognitivos em Bloom *et al.* (1977)

Domínio cognitivo	Conceito
Conhecimento	Os objetivos deste nível dão ênfase aos processos psicológicos da memória e podem estar presentes na evocação de conhecimentos específicos e universais, de métodos e processos, ou de um padrão, estrutura ou composição.
Compreensão	Representa um nível mais baixo de entendimento, ou seja, o avaliado conhece o que está sendo comunicado e pode fazer uso do material sem, necessariamente, relacioná-lo a outro ou perceber suas implicações em outros contextos.
Aplicação	Compreende o uso de abstrações em situações particulares ou concretas. Nesse sentido, as abstrações podem se apresentar em um trabalho como princípios técnicos, ideias e teorias que podem ser recordados ou aplicados em outro trabalho. É a capacidade de predizer o efeito de uma modificação em determinado sistema modificado.

Continua

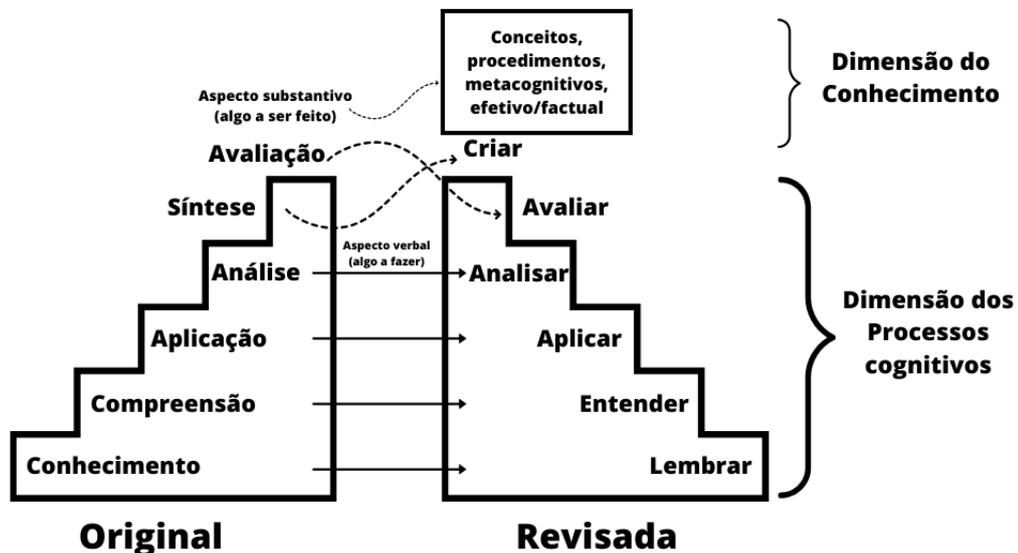
<i>Conclusão</i>	
Domínio cognitivo	Conceito
Análise	Indica o desdobramento de uma comunicação em seus elementos ou partes constituintes, de modo que a hierarquia relativa de ideias seja clara e/ou as relações entre as ideias expressas estejam explícitas.
Síntese	Entende-se como a combinação de elementos e partes, de modo a formar um todo. Envolve o processo de trabalhar com peças, partes, elementos, informações fragmentadas, de modo que seja capaz de as dispor para combiná-las e constituir um padrão ou estrutura que antes não estava evidente.
Avaliação	Julgamentos a respeito do valor do material e dos métodos para certos propósitos. Julgamentos quantitativos e qualitativos acerca da medida em que o material e métodos satisfazem os critérios. Uso de um padrão de avaliação. Os critérios podem ser predeterminados ou definidos pelo estudante.

Fonte: Bloom, Engelhart, Furts, Hill e Krathwohl (1977, p. 170-179).

Aproximadamente 40 anos depois da produção da primeira Taxonomia, em 1956, profissionais de diversas áreas do conhecimento, tais como psicólogos, educadores, especialistas em currículos, testes e avaliação, supervisionados por David Krathwohl, que também esteve na construção do primeiro instrumento, realizaram uma revisão da Taxonomia (Anderson; Krathwohl, 2001).

A Figura 1 esquematiza este processo:

Figura 1 - Comparação dos níveis cognitivos entre a taxonomia original de Bloom e a revisada



Fonte: Bloom, Engelhart, Furts, Hill e Krathwohl (1977); Anderson e Krathwohl (2001).

Na revisão da Taxonomia de Bloom, apresentada por Ferraz e Belhot (2010), a nova estrutura se divide em uma parte que é a Dimensão Conhecimento e outra, que é a Dimensão dos Processos Cognitivos (Quadro 2).

Quadro 2 - Definições dos domínios cognitivos em Ferraz e Belhot (2010)

Domínio cognitivo	Conceito
Lembrar	Relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdo. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação e reproduzir (ou recordar) está relacionado à busca por uma informação relevante, memorizada.
Entender	Relacionado a estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. A informação é entendida quando o aprendiz consegue reproduzi-la com suas "próprias palavras".
Aplicar	Relacionado a executar ou usar um procedimento numa situação específica e pode, também, abordar a aplicação de um conhecimento em uma situação nova.
Analisar	Relacionado a dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes, e entender a inter-relação existente entre as partes.
Avaliar	Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos, ou de eficiência e eficácia.
Criar	Significa colocar elementos em conjunto com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo, utilizando conhecimentos e habilidades previamente adquiridos. Envolve o desenvolvimento de ideias novas e originais, produtos e métodos por meio da percepção da interdisciplinaridade e da interdependência de conceitos.

Fonte: Ferraz e Belhot (2010, p. 429).

Segundo Carlos (2017), a revisão da Taxonomia possibilita melhor entendimento sobre o desenvolvimento do conhecimento por parte do estudante, oportunizando ao docente a adoção mais assertiva de planejamento e estratégias metodológicas e avaliativas. Do ponto de vista técnico, no que tange à construção de um teste, o autor entende que a taxonomia é, também, um recurso significativo para especialistas em avaliação de larga escala, ao produzirem questões, itens e matrizes de referência. As matrizes de referência são o ponto de partida para a elaboração das sentenças descritoras dos itens componentes de um teste. Elas definem quais competências e habilidades devem ser avaliadas e estabelecem os

parâmetros conceituais e cognitivos que orientam a formulação dos itens, delimitando os seus níveis de complexidade.

No processo de elaboração das sentenças descritoras dos itens, as matrizes de referência desempenham um papel central, pois é a partir desses documentos que os elaboradores conseguem identificar os conteúdos abordados e as habilidades específicas que devem ser mensuradas.

Barbosa, Matos e Soares (2023, p. 4) definem uma sentença como aquela que

[...] descreve o que um item de teste pretende avaliar, ao indicar a operação mental acionada pelo estudante, o objeto de conhecimento relacionado a ela e, também, o contexto em que o desempenho é avaliado. Uma sentença pode apresentar, ainda, informações complementares aos três elementos descritos.

Ao redigirem as sentenças descritoras, os professores teriam a oportunidade de refletir sobre os planejamentos de suas aulas, especialmente no que se refere à abordagem dos conceitos avaliados, assim como ao currículo escolar. Portanto, a construção das sentenças descritoras envolve o nível cognitivo necessário para a aprendizagem, um conceito da área de conhecimento a ser avaliada e o contexto sob o qual se deseja verificar o conhecimento aplicado. Assim, oferecem possibilidades diferentes de construção de itens, de forma integrada e contextualizada, aptas a verificar o pensamento científico desenvolvido pelo estudante em relação a determinado conhecimento e processo cognitivo (Barbosa, 2020).

Portanto, a investigação da construção de sentenças descritoras pelos professores de Química da Educação Básica durante um Curso de Extensão poderia fornecer informações sobre os processos de ensino e de aprendizagem de um determinado componente curricular. Para verificar essa hipótese, um percurso metodológico foi delineado e será descrito a seguir.

Metodologia e tratamento de dados

A pesquisa realizada teve uma abordagem qualitativa, uma vez que possui “o poder de analisar os fenômenos com consideração do contexto. [...] e utiliza de maneira mais adequada os valores culturais e a capacidade de reflexão do indivíduo” (Leite, 2008, p. 100).

Além da abordagem qualitativa, essa investigação pode, ainda, ser classificada como uma pesquisa-ação, que segundo Thiollent (2005, p. 14)

[...] é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

O estudo ocorreu em duas etapas, sendo, a primeira, a obtenção do parâmetro b, que indica a dificuldade do item e que é fornecido pela base de dados do INEP. Na segunda etapa foram formuladas proposições de sentenças descritoras de itens pelos professores participantes do curso.

Pasquali (2023) caracteriza a análise de itens como um componente crucial no âmbito educacional, categorizando-a em dois métodos complementares: o teórico, que se baseia em uma análise qualitativa, e o empírico ou estatístico, que envolve a dimensão quantitativa. Essa abordagem integrada permitiu uma análise mais abrangente dos itens, conciliando aspectos psicométricos e pedagógicos.

Para acesso ao parâmetro b, realizamos o *download* da base do Enem, entre os anos de 2013 a 2017, de forma a conhecer os microdados em formato ASCII. Ela contém *inputs* (canais de entrada) para leitura por meio dos *softwares* *Statistical Analysis System (SAS)* e *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*^{IV}. Esses *softwares* decodificam as informações presentes no banco de dados. A seleção do período de 2013 a 2017 se deu em função de ser este o período anterior a implementação da Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio. Consideramos que no período de cinco anos, teríamos um melhor panorama dos itens e de seus respectivos dados estatísticos.

Como parte do estudo, selecionamos os itens que avaliam conceitos químicos e que foram apontados pelo levantamento estatístico como os de parâmetro 'b' mais elevados e mais baixos, nas edições de 2013 a 2017. A execução dessa etapa é pertinente, uma vez que "uma das principais características da TRI é que ela tem como elementos centrais os itens, e não a prova como um todo" (Andrade; Tavares; Valle, 2000, p. 3).

Os itens selecionados foram objeto de estudo de professores que participaram do Curso de Extensão "A química sob a ótica estatística do Enem", que contou com, pelo menos, um representante de cada estado brasileiro. O curso obteve mais de oitenta inscrições, que foram efetivadas por meio de formulário eletrônico divulgado

^{IV} SAS (*Statistical Analysis System*) e SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) são ferramentas utilizadas na avaliação educacional para análise de dados estatísticos.

pela Universidade Federal de Juiz de Fora^v. Por conta do elevado número de inscritos, dividimos os participantes em duas turmas. Com carga horária total de vinte horas, as atividades ocorreram de forma remota, por meio da plataforma *Google Meet Business Standard*. As atividades tiveram duração de dez semanas, sendo ministradas por duas horas às sextas-feiras na Turma A e por duas horas no sábado, pela manhã, na Turma B. Após a desistência de alguns participantes, trinta participantes concluíram o projeto.

Uma das atividades propostas no curso foi a criação de sentenças descritoras pelos participantes para os itens 106 e 115 do Caderno Azul, correspondentes à modalidade de Ensino Regular da edição de 2017. Para que essa atividade fosse realizada, houve, previamente, uma explicação sobre o parâmetro 'b', que indica a dificuldade do item, e uma discussão sobre os possíveis aspectos que podem interferir nos valores desse dado estatístico, como por exemplo: o nível cognitivo da Taxonomia de Bloom (Quadro 2) e os aspectos contextuais e conceituais presentes no texto base. Após a identificação desses aspectos, as habilidades correspondentes aos itens analisados foram apresentadas, proporcionando aos professores a base necessária para iniciar a criação de sentenças descritoras consideradas mais adequadas. Essas habilidades estão relacionadas na matriz de referência do Enem (Brasil, 2009).

Resultados e discussão

Ouve-se, por vezes, em ambientes escolares que alguns itens do ENEM avaliam mais de uma habilidade ou que, até mesmo, avaliam mais de uma disciplina. Entretanto, cabe considerar que, em uma avaliação externa e em larga escala, os itens são pré-testados e submetidos a uma estatística rigorosa para a identificação de problemas diversos, tais como: a presença de mais de uma habilidade, erro no gabarito, problema no suporte, alternativa atrativa, influência de cultura local, entre outros, haja vista que se trata de uma avaliação unidimensional (Pasquali, 2023). Considerando esse criterioso crivo, o item avalia uma situação-problema que mobiliza os conhecimentos factual, conceitual, procedimental ou epistemológico, por meio de diferentes processos cognitivos e contextos. A complexidade dos itens

^v Acesso em: <https://www2.ufjf.br/noticias/2022/09/06/ufjf-oferece-curso-gratuito-para-professores-de-quimica-da-educacao-basica/>

utilizados no ENEM está relacionada a todas essas características e, por isso são elementos pedagógicos que carecem de observação pomenorizada.

O Quadro 3 apresenta a associação da dificuldade (Parâmetro 'b') dos itens 106 e 115 da edição de 2017 com suas habilidades, para que os números fossem traduzidos em informações pedagógicas pelos docentes participantes do curso.

Quadro 3 - Relação da sentença descritora com a dificuldade do item

Edição	Item	Habilidade	Parâmetro b
2017	106	Aplicar o conhecimento científico para explicar que a coleta de espécies ao raiar do dia garante maiores quantidades de óleos essenciais, devido à volatilização das substâncias de interesse.	768,8
2017	115	Compreender a propriedade densidade no processo de separação das substâncias durante a centrifugação de materiais.	529,2

Fonte: Os autores (2024).

Análise da sentença descritora dos itens 106 e 115 da edição de 2017

O item 106, apresentado a seguir (Figura 2), demonstrou ser o que exigiu maior proficiência dos estudantes concluintes do Ensino Médio na edição de 2017.

Figura 2 - Item 106 do caderno azul da edição de 2017 do Enem

Na Idade Média, para elaborar preparados a partir de plantas produtoras de óleos essenciais, as coletas das espécies eram realizadas ao raiar do dia. Naquela época, essa prática era fundamentada misticamente pelo efeito mágico dos raios lunares, que seria anulado pela emissão dos raios solares. Com a evolução da ciência, foi comprovado que a coleta de algumas espécies ao raiar do dia garante a obtenção de material com maiores quantidades de óleos essenciais.

A explicação científica que justifica essa prática se baseia na

- A** volatilização das substâncias de interesse.
- B** polimerização dos óleos catalisada pela radiação solar.
- C** solubilização das substâncias de interesse pelo orvalho.
- D** oxidação do óleo pelo oxigênio produzido na fotossíntese.
- E** liberação das moléculas de óleo durante o processo de fotossíntese.

Fonte: INEP (2017).

A base de dados do Enem aponta que esse item avaliou a habilidade H3: “Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas” (Brasil, 2009, p. 8). Para a interpretação dessa habilidade, os professores demonstraram certa dificuldade, devido à presença do verbo “confrontar”, presente na matriz de referência do Enem, divulgada em 2009. Para o confronto de ideias, é necessário um conhecimento mais amplo por parte dos estudantes, sendo esse o nível cognitivo mais elevado da Taxonomia de Bloom, comparado a “Avaliar” e, portanto, considerado mais difícil de ser desenvolvido.

A partir do item 106, os docentes extraíram informações que pudessem explicar o valor mais alto do parâmetro ‘b’, a nível conceitual, contextual e de desenvolvimento cognitivo, indicando que os estudantes tiveram dificuldade na resolução. Para responder corretamente esse item, era esperado que os estudantes compreendessem que os óleos essenciais são substâncias voláteis (ligações intermoleculares fracas do tipo dipolo induzido e apolares) e que, por isso, são responsáveis pelo cheiro característico das plantas (Solomons; Fryhle; Snyder, 2018).

Devido à alta volatilidade (baixo ponto de ebulição) dos óleos essenciais, o melhor período para realizar a coleta, neste caso, se dá em condições de baixa temperatura, pois à medida que a temperatura aumenta, as substâncias são liberadas pelas plantas na fase gasosa e, conseqüentemente, as quantidades serão menores. Essa explicação deve ser estruturada pelos estudantes a partir dos dados fornecidos pelo item.

A aplicação do conhecimento em situações diversas ainda não é uma realidade nas aulas de Química da Educação Básica, uma vez que “o ensino de Química, na maioria das escolas da Educação Básica, ainda é tradicional e não tem a realidade do aluno como um ponto de partida para o aprendizado” (Mota, Santana; Costa, 2023, p. 3). Esse pode ser um dos motivos pelo qual o parâmetro ‘b’ foi alto (768,8) em relação ao outro item analisado.

Além disso, identificamos o contexto no qual o problema estava inserido (se pessoal, local, regional ou global) e a dimensão do conhecimento envolvida (conceitual, procedimental ou atitudinal). Assim, identificadas as características do item que podem ter levado ao valor indicado do parâmetro ‘b’ (Quadro 3), os professores participantes do curso reescreveram a habilidade do item 106 da forma que consideraram ser a mais adequada a ser trabalhada junto aos estudantes do

Ensino Médio. A sentença descritora foi reescrita da seguinte forma: *Aplicar o conhecimento científico para explicar que a coleta de espécies ao raiar do dia garante maiores quantidades de óleos essenciais devido à volatilização das substâncias de interesse.*

Bloom, Engelhart, Furts, Hill e Krathwohl (1977), a primeira fonte para compreender os domínios cognitivos, afirmam que, para se estabelecer uma aplicação, deve-se apresentar ao estudante um problema desconhecido, ou conhecido (mas com uma nova perspectiva ainda não examinada pelo aprendiz). Em Ferraz e Belhot (2010), o processo cognitivo "Aplicar" está relacionado a executar ou utilizar um procedimento em uma situação específica, que pode ser nova ou não. No decorrer do processo, os professores questionaram se haveria possibilidade de o processo cognitivo em questão ser "Avaliar". Ferraz e Belhot (2010) reforçam que "Aplicar" significa executar um procedimento em uma situação específica, já "Avaliar" envolve julgamento e explicação. No entanto, como as alternativas preestabelecidas pelo autor indicavam conclusões para a situação-problema apresentada, obteve-se a conclusão de que o estudante não realiza movimento cognitivo de "Avaliar" para responder ao item. Assim, foi decidido que o domínio do instrumento permanecesse em "Aplicar", sem avançar para "Avaliar".

Em relação ao objeto de conhecimento, esse item está relacionado ao estudo da volatilidade, que é uma propriedade física de líquidos, ou seja, a capacidade de passar do estado líquido para vapor. Sobre o ensino do conceito, Santos (2014, p. 49) afirma que:

Para que os alunos entendam o que são as propriedades coligativas, é necessário que o professor fale sobre o significado de pressão de vapor, volatilidade e diagrama de fases de uma substância. Ilustrar o quadro com diagrama de fases de água e explicar, por exemplo, porque a água pode ferver sem aquecer. Indagá-los sobre o que entendem sobre pressão de vapor. Realizar um comparativo de volatilidade exemplificando com alguns líquidos e relacionando a volatilidade com pressão de vapor.

Portanto, a dificuldade do item pode estar associada à compreensão do conceito, que, frequentemente, não é apresentado de forma contextualizada, como mostra o excerto anterior extraído do trabalho de Santos (2014).

O Quadro 4 apresenta a justificativa da criação da sentença descritora pelos professores de Química.

Quadro 4 - Análise da sentença descritora criada pelos professores de Química para o item 106

Sentença descritora: <i>Aplicar o conhecimento científico para explicar que a coleta de espécies ao raiar do dia garante maiores quantidades de óleos essenciais devido à volatilização das substâncias de interesse.</i>	
Aplicar	Executar um procedimento em uma situação específica.
Explicar que a coleta de espécies ao raiar do dia	Inserir o contexto ambiental e biológico, o que requer a compreensão (segundo nível da Taxonomia de Bloom) dos princípios envolvidos na coleta de substâncias naturais.
Devido à volatilização das substâncias de interesse	Requer a compreensão do processo químico envolvido, ligando o conteúdo específico de Química à sua aplicação no mundo real.

Fonte: Os autores (2024).

Portanto, a construção da sentença descritora considerou os níveis de cognição da Taxonomia de Bloom ("Aplicar" e "Compreender"), o conteúdo científico (processos de volatilização e extração de óleos essenciais) e o contexto real de aplicação. Esses aspectos foram discutidos e refletidos em conjunto pelos participantes, assegurando uma análise pedagógica robusta e alinhada aos objetivos educacionais.

Ainda a respeito da contextualização e aplicação de conceitos químicos em uma determinada situação, discorreremos sobre o item com proficiência mais consolidada pelos estudantes concluintes do Ensino Médio da edição de 2017: o 115. Esse item avaliou a habilidade H7 da matriz de referência do Enem: "Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida" (Brasil, 2009, p. 8). Essa também é uma habilidade que busca a mobilização do conhecimento científico em diferentes situações.

A Figura 4 retrata o item 115:

Figura 3 - Item 115 do caderno azul da edição de 2017 do Enem

As centrífugas são equipamentos utilizados em laboratórios, clínicas e indústrias. Seu funcionamento faz uso da aceleração centrífuga obtida pela rotação de um recipiente e que serve para a separação de sólidos em suspensão em líquidos ou de líquidos misturados entre si.

RODITI, I. *Dicionário Houaiss de física*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005 (adaptado).

Nesse aparelho, a separação das substâncias ocorre em função

- A** das diferentes densidades.
- B** dos diferentes raios de rotação.
- C** das diferentes velocidades angulares.
- D** das diferentes quantidades de cada substância.
- E** da diferente coesão molecular de cada substância.

Fonte: INEP (2017).

Nesse item, o objeto de conhecimento é o método de separação de misturas, conhecido como centrifugação. A centrifugação é um processo de separação que envolve a aplicação de uma força centrífuga a uma mistura de partículas em suspensão em um líquido (Brown; Lemay; Bursten; Murphy; Woodward; Stoltzfus, 2018). Essa força faz com que as partículas se movam em direção a um ponto central, resultando na separação dos componentes da mistura, com base em suas densidades ou tamanhos. Para responder o item, o aluno deveria mobilizar o conhecimento de conteúdo sobre a propriedade densidade nos diversos contextos em que a centrifugação é empregada, incluindo a ciência, a medicina e a indústria.

Cabe ressaltar que os métodos de separação de misturas são assuntos abordados desde o Ensino Fundamental, consolidando-se no Ensino Médio. Logo, essa aprendizagem se dá em espiral, ou seja, aquela em que os estudantes constroem um conhecimento mais amplo, ao longo do processo de escolarização (Brasil, 2018).

Em análise, os professores concluíram que a sentença descritora que representa a habilidade avaliada neste item era:

Quadro 5 - Análise da sentença descritora criada pelos professores de Química para o item 115

Sentença descritora: <i>Compreender a propriedade de densidade no processo de separação de substâncias durante a centrifugação de materiais.</i>	
Compreender	Indica que o item busca que o estudante demonstre uma compreensão conceitual, correspondente ao segundo nível da Taxonomia de Bloom, que envolve interpretar e explicar conceitos, mais do que apenas memorizá-los.
A propriedade de densidade	O conceito de "densidade" é o conteúdo específico do item, uma propriedade física fundamental para entender o comportamento das substâncias no processo de centrifugação.
No processo de separação de substâncias	Contextualiza o conceito, destacando a importância de compreender o princípio científico por trás de um procedimento laboratorial comum.
Centrifugação de materiais	Conecta a teoria à prática experimental, reforçando a relação entre o conhecimento conceitual e à sua aplicação (Anderson; Krathwohl, 2001). Os estudantes precisam compreender como a densidade influencia o processo de separação, sem necessariamente executá-lo.

Fonte: Os autores (2024).

Na edição de 2017 do ENEM, a média de proficiência dos alunos concluintes no eixo de Ciências da Natureza foi de 508,4. Nesse contexto, o parâmetro 'b' (dificuldade) de um item específico, com valor de 529,16, apresentou-se elevado. Embora este valor tenha sido o mais baixo entre os itens que avaliaram conceitos de química na referida edição, esse valor indica que o item foi classificado como difícil. Isso significa que apenas alunos com níveis de habilidade significativamente altos tinham maior probabilidade de respondê-lo corretamente. Tal característica sugere que a resolução do item pode ter sido um desafio excessivo para a maioria dos estudantes concluintes do Ensino Médio, o que levanta questões sobre a adequação de sua dificuldade em relação ao público-alvo.

Rossi, Massarotto, Garcia, Anselmo, Marco, Currello, Terra e Zanini (2008) confirmam que, embora o conceito de densidade possa parecer trivial para alunos no final da Educação Básica, na prática, sua compreensão integral pode ser complexa e é, frequentemente, subestimada. Eles sinalizam que a assimilação plena deste conceito pressupõe a integração de habilidades conceituais e analíticas que devem estar bem desenvolvidas e inter-relacionadas no repertório cognitivo do

aluno. Caso estas habilidades não apresentem uma lógica consolidada, podem emergir obstáculos significativos no processo de ensino e de aprendizagem.

Considerações Finais

Este estudo abordou a construção de sentenças descritoras para itens de Química no Enem, utilizando o parâmetro 'b' na análise dos possíveis aspectos que levaram aos valores desses dados estatísticos. Esses fatores são: o conceito abordado, o contexto presente na situação-problema e o nível cognitivo da Taxonomia de Bloom exigido na resolução dos itens analisados. Após discussões sobre essas características, os professores participantes do Curso de Extensão "*A química sob a ótica estatística do Enem*" identificaram pontos que poderão ser abordados nas aulas de Química, visando minimizar as dificuldades no processo de aprendizagem. Como forma de consolidar as discussões empreendidas, esses participantes construíram sentenças descritoras, que os levaram a uma interpretação pedagógica dos itens.

A construção das sentenças descritoras demonstrou ser uma ferramenta valiosa para traduzir as informações quantitativas do parâmetro 'b' em dados pedagógicos aplicáveis à sala de aula. A análise revelou que itens com maior complexidade cognitiva exigem dos alunos a aplicação de conceitos científicos em contextos práticos, enquanto itens de menor dificuldade estão associados à compreensão de conceitos já amplamente trabalhados ao longo do processo de escolarização.

Concluimos que os aspectos estatísticos da TRI aliados às reflexões pedagógicas baseadas na Taxonomia de Bloom podem contribuir, significativamente, para a melhoria das práticas de ensino e avaliação na Educação Básica. Ao utilizarem esses dados, os professores podem adaptar suas aulas para trabalhar as lacunas identificadas, potencializando o aprendizado dos estudantes e alinhando o ensino às demandas das avaliações em larga escala, como o Enem. Assim, o estudo demonstra que a construção de sentenças descritoras oferece uma devolutiva pedagógica relevante para o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem. Logo, consideramos que outras oportunidades para discussão sobre itens do Enem e de outras avaliações externas e em larga escala são necessárias para que se identifique as reais dificuldades dos estudantes e que, conseqüentemente, essas demandas sejam supridas.

Referências

- ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. (ed.). *Taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Nova York: Longman, 2001.
- ANDRADE, D. F.; TAVARES, H. R.; VALLE, R. C. *Teoria da resposta ao item: conceitos e aplicações*. São Paulo: SINAPE, 2000.
- BARBOSA, L. A. M. N. *Descrição e medida da competência leitora no ensino fundamental*. 2020. 140 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, 2020.
- BARBOSA, L. N.; MATOS, D. A. S.; SOARES, J. F. Descrição da competência leitora no ensino fundamental. *Estudos em Avaliação Educacional*, São Paulo, v. 34, 2023. DOI: <https://doi.org/10.18222/eae.v34.9183>. Disponível em: <https://publicacoes.fcc.org.br/eae/article/view/9183>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- BLOOM, B. S.; ENGELHART, M. D.; FURST, E. J.; HILL, W. H; KRATHWOHL, D. R. *Taxionomia de objetivos educacionais: domínio cognitivo*. 6. ed. Rio Grande do Sul: Editora Globo, 1977.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>. Acesso em: 21 jan. 2024.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Matriz de referência para o ENEM*. Brasília, DF: MEC/INEP, 2009.
- BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E.; MURPHY, C. J.; WOODWARD, P. M.; STOLTZFUS, M. W. *Química: a ciência central*. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2018.
- CARLOS, P. R. O. *Avaliações externas de grande escala*. Joinville: Clube de Autores, 2017.
- COSTA-BEBER, L. B; MALDANER, O. A. Um estudo sobre as características das provas do novo Enem: um olhar para as questões que envolvem conhecimentos químicos. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 44-52, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20150007>. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_1/08-EQF-49-13.pdf. Acesso em: 10 mar. 2024.
- FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & produção*, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2010000200015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/bRkFgcJqbGCDp3HjQqFdqBm/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 mar. 2024.

INEP. *Exame Nacional do Ensino Médio 2017: caderno 7 azul*. Brasília, DF: INEP, 2017. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2017/2017_PV_impresso_D2_CD7.pdf. Acesso em: 2 mar. 2018.

LEITE, F. T. *Metodologia científica: métodos e técnicas de pesquisa (monografias, dissertações, teses e livros)*. 3 ed. São Paulo: Ideias & Letras, 2008.

LUCKESI, C. C. *Avaliação em educação: questões epistemológicas e práticas*. São Paulo: Cortez, 2018.

MARINHO-ARAUJO, C. M.; RABELO, M. L. Avaliação educacional: a abordagem por competências. *Avaliação*, Campinas, SP, v. 20, n. 2 p. 443-466, 2015. DOI: <https://doi.org/10.590/S1414-40772015000200009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aval/a/gz8crLXnbW33bgZN5P4zjMp/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 2 mar. 2018.

MOTA, S. de A.; SANTANA, B. dos S.; COSTA, O. M. B. Concepções dos alunos da terceira série sobre a química e o cientista: um estudo qualitativo. *Revista de Estudos em Educação e Diversidade*, [S. l.], v. 4, n. 11, p. 1-13, 2023. DOI: <https://doi.org/10.22481/reed.v4i11.14048>. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/reed/article/view/14048>. Acesso em: 10 mar. 2023.

PASQUALI, L.; PRIMI, R. Fundamentos da teoria da resposta ao item: TRI. *Avaliação Psicológica*, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 99-110, 2003.

PASQUALI, Luiz. *Psicometria: teoria dos testes na psicologia e na educação*. 5. ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2023.

PASQUALI, Luiz. *TRI: teoria de resposta ao item: teoria, procedimentos e aplicações*. Curitiba: Editora Appris, 2020.

ROSSI, A. V.; MASSAROTTO, A. M.; GARCIA, F. B. T.; ANSELMO, G. R. T.; MARCO, I. L. G.; CURRALERO, I. C. B.; TERRA, J.; ZANINI, S. M. C. Reflexões sobre o que se ensina e o que se aprende sobre densidade a partir da escolarização. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 30, p. 55-60, 2008.

SANTOS, F. M. *Inserção de laboratório de química no ensino médio: proposta de aulas experimentais*. 2014. 104 f. TCC (Licenciatura em Química) -Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B.; SNYDER, S. A. *Química orgânica: v. 1 e 2*. 12. ed. Barueri: LTC, 2018.

SOUSA SOBRINHO, A. O que dizem as pesquisas sobre o Enem? Uma revisão do tipo estado da arte. *Somma: rev. Cient. Inst. Fed. de Educ., Ciên. e Tecno. do Piauí*, Teresina, v. 9, n. 1, p. 1-15, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51361/somma.v9i1.207>. Disponível em: <https://revistas.ifpi.edu.br/index.php/somma/article/view/207>. Acesso em: 10 mar. 2023.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 14. ed. São Paulo: Cortez, 2005.