



Inter-relação matemática-química: discutindo estequiometria no enem

Mathematical-chemical interrelationship: discussing stoichiometry in the Enemy

Francisco Antonio Mabson Henrique Lopes¹ y Darlei Gutierrez Dantas Bernardo Oliveira¹

Recepción: 12-08-2020

Aceptación: 07-01-2021

Resumo

A estequiometria é um dos conteúdos de Química que necessariamente recorre aos conceitos matemáticos para resoluções de problemas. A necessidade de realizar transformações de unidade, a relação molar de reagentes e produtos de uma reação requer a capacidade de operacionalizar a adição, subtração, multiplicação ou divisão. Assim, compreendendo a existência dessa inter-relação entre a Matemática e a Química, objetiva-se neste estudo apresentar a importância da abordagem interdisciplinar entre ambas as áreas no processo de ensino-aprendizagem por meio da resolução de questões de estequiometria do ENEM. Metodologicamente, o trabalho se constitui a partir de uma pesquisa bibliográfica exploratória, na qual foram revisadas as questões de Química das últimas cinco edições do ENEM. Após a identificação, selecionaram-se questões de estequiometria para resolução, de modo a compreender a importância dos conhecimentos da Matemática para tais situações. Assim, constatou-se que ao longo dos cinco anos 18,5% das perguntas de Química necessitam de conhecimentos matemáticos, entre essas, 45% são questões de estequiometria. Portanto, partindo das constatações observadas nas questões, compreende-se que é indispensável à abordagem interdisciplinar nos processos de ensino-aprendizagem, sobre tudo no ensino de estequiometria, de modo que os discentes tenham a capacidade de aplicar alguns conceitos matemáticos em problemas envolvendo a Química.

Palavras-chave

Interdisciplinaridade; Ensino de Química; Ensino-aprendizagem.

Abstract

Stoichiometry is one of the contents of Chemistry that necessarily uses mathematical concepts to solve problems. The need to perform unit transformations, the molar ratio of reagents and products of a reaction requires the ability to operationalize addition, subtraction, multiplication or division. Thus, understanding the existence of this interrelation between Mathematics and Chemistry, the objective of this study is to present the importance of the interdisciplinary approach between both areas in the teaching-learning process through the resolution of issues of stoichiometry of ENEM. Methodologically, the work is based on an exploratory bibliographic research, in which the Chemistry questions from the last five editions of ENEM were reviewed. After identification, stoichiometry questions were selected for resolution, in order to understand the importance of mathematical knowledge for such situations. Thus, it was found that over the five years, 18.5% of Chemistry questions require mathematical knowledge, among which, 45% are stoichiometric questions. Therefore, based on the findings observed in the questions, it is understood that it is essential to the interdisciplinary approach in the teaching-learning processes, especially in the teaching of stoichiometry, so that students have the ability to apply some mathematical concepts in problems involving Chemistry.

Keywords

Interdisciplinarity; Chemistry teaching; Teaching-learning.

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Brasil. Contacto: mabsonlopes21@gmail.com.

Introdução

Quando se trata de educação escolar, é certo que o mundo em que muitos de nós nos formamos intelectualmente e pessoalmente, é uma realidade que não se encaixa no processo de ensino-aprendizagem contemporâneo, visto que antigamente o ensino era centrado no professor e atualmente, este é voltado para o aluno. No entanto, mesmo diante de diversas distinções significativas, que abrangem desde culturas até práticas sociais, o processo de ensino-aprendizagem parece ser o único a não ter acompanhado o tempo histórico, permanecendo praticamente inalterado. Aldana (2008) destaca que a ideia de ensinar e aprender persiste em "transmitir" e absorver o conhecimento, com foco no conteúdo, o que infelizmente alcançou a Era da Informação. Essa prática caminha na contramão da compreensão do conhecimento e pensamento científico, uma vez que a Ciência não é um processo acabado, cumulativo e linear, mas sim um processo com quebras e descontinuidades que precisa a todo instante ser testado, formulado, realizado e aceito.

Na prática do ensino uma das diversas heranças ainda hoje adotada na educação é a falta da interdisciplinaridade, seja por meio da comunicação durante o processo de ensinar ou por meio de avaliação, seja ela escrita ou oral. Dessa forma, essa ausência interdisciplinar no ensino vai contra alguns objetivos e orientações de documentos normativos atuais para a Educação Básica como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (2017), que visa a formação cidadã do indivíduo mediante a fragmentação do processo de ensino-aprendizagem por meio da contextualização, interdisciplinaridade, transversalidade e integralidade.

Assim, é visto que há uma igualdade de opiniões entre docentes e pesquisadores em educação quando se tratam da importância de interdisciplinarizar as disciplinas buscando integrá-las e contextualizar os conteúdos (Augusto & Caldeira, 2007). De acordo com Santomé (1998) a interdisciplinaridade está relacionada a modificação de disciplinas, uma vez que passam a ser dependentes umas das outras, tornando-se interativas, resultando consequentemente em intercomunicação entre conteúdos e transformações metodológicas.

Dessa forma, é importante que os professores, especificamente os de Química, procurem se apropriar da BNCC de modo a habilitar a ligação entre a Química e as demais disciplinas, principalmente com a Matemática, pois, como destacado por Rodríguez (2011), a Matemática é a base de todas as Ciências e, por isso, é importante a constante relação entre a Química e a Matemática em todos os níveis educativos.

Ser professor de Química vai muito além da compreensão e do estímulo que são dados aos alunos para que alcancem o entendimento da Ciência. Na verdade, é importante que o professor de Química correlacione os conteúdos dessa disciplina com a Física, Biologia e Matemática, sempre que necessário. Dessa forma, Quezada (2018) afirma que ser professor de Química é ser professor de Matemática, pois diante de diversas situações tem de se ensinar fundamentos da base Matemática que são necessários para compreensão dos conteúdos. Isso ocorre constantemente, por exemplo, ao se estudar o conteúdo de estequiometria, no qual o aluno é posto frente a conceitos como massa de substâncias, quantidade de matéria, concentração molar, densidade, balanceamento pelo método algébrico, entre outros inúmeros conceitos que frequentemente associam-se a Matemática.

Com base nos estudos de Raviolo e Lerzo (2016) os alunos apresentam um seguimento de dificuldades na assimilação de conhecimento de estequiometria, os quais são listados a seguir, sendo que neste trabalho elas são relacionadas com possíveis deficiências de aprendizagem da base Matemática.

- Os alunos confundem quantidades químicas diferentes (mol, concentrações, volumes, massas) que entram em jogo na resolução de problemas (Frazer & Servant, 1987). Esse fato possivelmente se deve a pouco ou nenhum domínio do sistema de unidades da Matemática básica;
- Não compreendem fórmulas químicas em termos de partículas e o significado de coeficientes estequiométricos, mesmo quando ajustados corretamente nas equações químicas (Yarroch, 1985). O primeiro contato com fórmulas e relações de proporção se dá em conteúdos de Matemática, quando o aluno inicia o estudo de Química espera-se que possua certa familiaridade em relacionar e aplicar diferentes tipos de fórmulas;
- Não distinguem massa e átomos em uma reação Química, ou tem problemas com a conservação de átomos e moléculas em uma transformação Química (Mitchell & Gustone, 1984). Mais uma vez apresentam falta de compreensão de sistemas de unidades e da relação Matemática.
- Não sustentam que o reagente limitante é a substância que tem o menor coeficiente estequiométrico na equação química balanceada (Huddle & Pillay, 1996). Nesse caso, na Matemática, o aluno pode não apresentar domínio nas operações básicas da Matemática e em conhecimentos relacionados a medidas de proporção.
- Não compreendem completamente a equação química e sua relação com a situação empírica. Alguns estudantes, a partir da composição inicial do sistema, falham em determinar o estado final de dada equação química (Arasasingham, Taagepera, Potter & Lonjers, 2004). Diante disso, o aluno pode apresentar dificuldade nas operações básicas da Matemática e em conhecimentos de proporção.

À vista disso é de grande valia que haja um maior envolvimento dos professores dessas duas disciplinas, uma vez que estarão buscando maior significado para o processo de ensino-aprendizagem à medida que efetivam a interdisciplinaridade. Pois, sendo estas disciplinas básicas que compõe parte do currículo do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, os educadores defrontam-se constantemente com julgamentos negativos, como falta de compressão e conteúdos desinteressantes (Borges & Colombo, 2019).

Dessa forma, Costa-Beber e Maldaner (2015) afirmam que buscando induzir melhorias na qualidade da Educação Básica, o novo Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) tem proposto a preparação educacional das novas gerações com base em pesquisas educacionais contemporâneas. Nesse sentido, tendo o sistema educacional do Ensino Médio vinculado a processos seletivos para o Ensino Superior, tem despertado a superação de dificuldades no que se refere ao desenvolvimento cognitivo do aluno, bem como o aumento da qualidade do processo de ensino-aprendizagem.

Ainda de acordo com autores supracitados, o novo ENEM tem induzido não somente a substituição dos vestibulares tradicionais, mas também a necessária reestruturação dos currículos do Ensino Médio, buscando incessantemente melhorar a qualidade da educação. Sob o olhar das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, isso tem se tornado possível porque o Exame tem proposto diferenças significativas em comparação com os vestibulares tradicionais, sobretudo ao apresentar questões fundamentadas nos princípios da contextualização e interdisciplinaridade, além de exigirem compreensão, explicação, resolução de problemas em abordagens multidimensionais, soluções e construção de argumentos que podem envolver diferentes áreas de conhecimento.

Assim, com base nas características das questões que compõe o Exame e principalmente na interdisciplinaridade entre a Química e a Matemática, a presente pesquisa tem como objetivo apresentar a importância da abordagem interdisciplinar entre a Química e a Matemática no processo de ensino-aprendizagem por meio da resolução de questões de estequiometria das cinco últimas edições do ENEM (2015-2019).

Metodologia

A elaboração dessa investigação apropriou-se de uma pesquisa quali-quantitativa. Essa abordagem se faz necessária, uma vez que possibilita a compreensão de situações relacionadas à natureza dos dados obtidos. Para Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa quanti-qualitativa corrobora na interpretação do objeto estudado, a relação entre os fenômenos, além da quantificação dos dados coletados.

A pesquisa trata-se de um estudo do tipo bibliográfico. De acordo com Gerhardt e Silveira (2009) a pesquisa bibliográfica contribui significativamente no processo de desenvolvimento do trabalho, visto que proporciona ao pesquisador constatações iniciais sobre o objeto estudado, além disso, facilita o acesso de informações expressivas sobre a temática trabalhada.

Assim sendo, com o propósito de ressaltar a importância da abordagem interdisciplinar entre a Matemática e a Química, este estudo faz uma análise exploratória nas questões das últimas cinco edições do ENEM (2015-2019). Dessa forma, foram selecionadas questões de Química, mais especificamente de estequiometria dos respectivos anos mencionados, a fim de identificar a frequência e o modo como o Exame vem interligando essas duas áreas do conhecimento nos últimos cinco anos de aplicação.

Inicialmente, selecionou-se a cor do caderno de questões que seria realizada a análise, tendo em vista que a única diferença entre os cadernos são as ordens das perguntas, optou-se pelos de cor azul. A pesquisa seguiu-se em identificar as questões de Química presentes na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, posteriormente, foram selecionadas as questões que necessitavam de algum conhecimento básico da Matemática para serem solucionadas, dentre estas foram escolhidas todas as questões de estequiometria.

Após a seleção das questões de estequiometria, realizou-se uma discussão sobre a relação da Matemática e a Química, à luz de pesquisadores como: Zatti, Agranionih e Enricone (2010); Parente e Novais (2017); Bonatto, Barros, Gemeli, Lopes e Frison (2012). Por fim, buscou-se solucionar uma questão para cada edição do Exame (2015-2019), sendo elas respondidas de forma detalhada destacando-se os pontos de sua resolução em que foi necessária a utilização da Matemática.

Resultados e discussões

Na Tabela 01 observa-se a quantidade de questões de Química em sua totalidade identificadas no ENEM nos seus últimos cinco anos de aplicação. Sendo quantificadas questões que necessitavam dos conhecimentos básicos da Matemática e questões de estequiometria, que de modo geral engloba a base Matemática, sendo assim, questões que envolvem o caráter interdisciplinar.

TABELA 01 – Questões de Química do ENEM 2015-2019. Fonte: Arquivo Pessoal (2020).

Ano do Exame	Total de Questões de Química	Total de questões que necessitam da Matemática	Questões de Estequiometria
2015	24	6	3 (55; 71; 76)
2016	20	5	2 (58; 68)
2017	22	4	2 (104; 102)
2018	21	3	2 (92; 114)
2019	21	2	Nenhuma
Total	108	20	9

Assim, percebe-se que diante das 108 questões de Química identificadas entre os anos de 2015 a 2019 da aplicação do ENEM, 18,5% necessitavam de conhecimentos matemáticos. Entre essas questões mencionadas, 45% são questões de estequiometria. Nesse contexto, a estequiometria é uma das áreas da Química que necessita de interpretação, no sentido de identificar as contribuições da Matemática para resoluções. Essa constatação ressalta a importância da associação que as duas áreas representam no processo de ensino-aprendizagem. Assim, tendo o domínio básico da Matemática é potencializada a capacidade de resolver problemas de determinados assuntos em Química, como os da estequiometria, pois os conhecimentos químicos e matemáticos estão intimamente relacionados para essa área da Química.

Ainda na tabela 01, um aspecto importante observado é que as questões de química que necessitam de conhecimentos matemáticos diminuíram ao longo dos anos de aplicação do ENEM. Essa constatação pode ser explicada por Sousa e Silva (2019) que analisaram as questões de Química referente aos anos de 2012-2018, os autores constaram uma diminuição nas questões de Química Geral, enquanto que áreas como Químicas Orgânicas e Inorgânicas mantiveram-se relativamente constante o número de questões. Assim, fica evidente que questões com necessidade do conhecimento matemático não foram tão exploradas na aplicação do Exame nos últimos anos.

Dessa forma, frente à necessidade do aluno compreender e relacionar alguns conceitos químicos com a Matemática, a aprendizagem interdisciplinar se apresenta como uma das propostas pedagógicas mais viáveis. No âmbito escolar, a interdisciplinaridade apropria-se dos conhecimentos de diversas disciplinas, como Matemática e Química, na perspectiva de solucionar os problemas existentes e compreendê-los com uma visão diversificada, isto é, saber quais contribuições cada área pode oferecer e formar um só saber alinhado a dois ou mais saberes (Parente & Novais, 2017; Bonatto, Barros, Gemeli, Lopes & Frison, 2012).

Em termos práticos, a aprendizagem interdisciplinar possibilita ao aluno a capacidade de entender como as Ciências são conectadas. Para isso, é preciso que ele juntamente com os professores (professores de diferentes disciplinas) construa o conhecimento de um modo que envolva e necessite do conhecimento teórico da disciplina, isto é, resolver os problemas a partir de uma visão interdisciplinar.

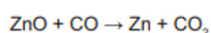
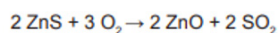
Seguindo essa linha de pensamento, a Figura 1 destaca a situação problema identificada na questão 76 do ENEM 2015, seguida de sua resolução na qual se observa a importância da relação das duas áreas discutidas até aqui.

Nessa questão, é necessário que o aluno seja capaz de relacionar o conteúdo com as diversas situações que lhe são cometidas, pois essa proposta vem resultando em

aprendizagens satisfatórios em conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais por parte dos alunos (Fernandes & Campos, 2013; Santos, Almeida & Campos, 2011).

QUESTÃO 76 ◇◇◇◇◇

Para proteger estruturas de aço da corrosão, a indústria utiliza uma técnica chamada galvanização. Um metal bastante utilizado nesse processo é o zinco, que pode ser obtido a partir de um minério denominado esfalerita (ZnS), de pureza 75%. Considere que a conversão do minério em zinco metálico tem rendimento de 80% nesta sequência de equações químicas:



Considere as massas molares: ZnS (97 g/mol); O₂ (32 g/mol); ZnO (81 g/mol); SO₂ (64 g/mol); CO (28 g/mol); CO₂ (44 g/mol); e Zn (65 g/mol).

Que valor mais próximo de massa de zinco metálico, em quilogramas, será produzido a partir de 100 kg de esfalerita?

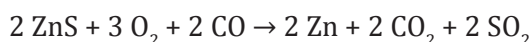
FIGURA 1 – Questão 76 do ENEM do ano 2015 (caderno azul). Fonte: Inep (2015).

Resolução:

Pelo enunciado da questão, temos que a esfalerita apresenta 75% de pureza, logo para 100 g de esfalerita tem-se

$$75\% = \frac{75}{100} \times 100\% \text{ de ZnS} = 0,75 \times 100 \text{ kg} = 75 \text{ kg de ZnS}$$

Em seguida, somando as duas equações químicas, tem-se a equação global da reação



Com base nessa equação percebe-se que a proporção entre a esfalerita e o zinco metálico é 1:1. Sendo assim, 97 g/mol de ZnS reage produzindo 65 g/mol de Zn, fazendo uma regra de três, tem-se que a quantidade de Zn será

$$\begin{array}{rcl} 97 \text{ g/mol de ZnS} & - & 65 \text{ g/mol de Zn} \\ 75 \times 10^3 \text{ g de ZnS} & - & x \\ x = \frac{75 \times 10^3 \text{ g de ZnS} \times 65 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ de Zn}}{97 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ de ZnS}} & = & 50,25 \times 10^3 \text{ g de Zn} = 50,25 \text{ kg de Zn} \end{array}$$

Considerando um rendimento de 80%

$$\begin{array}{l} 80\% \text{ de Zn} = \frac{80}{100} \times 50,25 \text{ Kg de Zn} \\ x = 40,2 \text{ kg de Zn} \end{array}$$

Para resolução da questão observada, é imprescindível conhecimentos de proporção e unidades de medidas, pois será necessário fazer uma transformação de unidade de massa, kg para g, e de quantidade de matéria para quantidade em massa, mol para g. Além disso, são imprescindíveis os conhecimentos de porcentagem e, consequentemente, multiplicação

e divisão, ao passo de que pelo enunciado, a pureza do minério mediante o processo é de 75% e o rendimento da reação de conversão de ZnS em Zn é de 80%.

Nessa mesma perspectiva, para melhor compreensão e fixação da importante relação entre Química e Matemática, em especial no ensino médio, prossegue-se com a resolução de mais uma questão. Assim, na Figura 2 está destacada a questão 68 do exame de 2016, seguida de sua resolução e discussão.

QUESTÃO 68

Para cada litro de etanol produzido em uma indústria de cana-de-açúcar são gerados cerca de 18 L de vinhaça que é utilizada na irrigação das plantações de cana-de-açúcar, já que contém teores médios de nutrientes N, P e K iguais a 357 mg/L, 60 mg/L e 2 034 mg/L, respectivamente.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, n. 1, 2007 (adaptado).

Na produção de 27 000 L de etanol, a quantidade total de fósforo, em kg, disponível na vinhaça será mais próxima de

FIGURA 2 – Questão 68 do ENEM do ano 2016 (caderno azul). Fonte: Inep (2016).

Resolução:

A questão informa que 1 litro de etanol (C_2H_5OH) produz 18 litros de vinhaça, logo 27000 litros de etanol produzem

$$x = \frac{1 \text{ L de } C_2H_5OH \quad - \quad 18 \text{ L de Vinhaça}}{27 \times 10^3 \text{ L de } C_2H_5OH \quad - \quad x} \\ x = \frac{27 \times 10^3 \text{ L de } C_2H_5OH \times 18 \text{ L de Vinhaça}}{1 \text{ L de } C_2H_5OH} = 48,6 \times 10^4 \text{ L de vinhaça}$$

Em seguida, busca-se saber a quantidade aproximada de fósforo (P) disponível na vinhaça, sabendo que cada litro de vinhaça contém 60 mg de P, sendo assim

$$x = \frac{60 \text{ mg de P} \quad - \quad 1 \text{ L de vinhaça}}{x \quad - \quad 48,6 \times 10^4 \text{ L de vinhaça}} \\ x = \frac{60 \text{ mg de P} \times 48,6 \times 10^4 \text{ L de vinhaça}}{1 \text{ L de vinhaça}} = 29,16 \times 10^6 \text{ mg de P} = 29,16 \text{ kg de P}$$

Pelo panorama da questão supracitada é nítida a presença da Matemática na sua resolução, pois há a necessidade de fazer relações da quantidade fornecida de etanol com o que é produzido (por L de etanol). A transformação de unidade também remete aos conceitos de Matemática na resolução do problema, sendo importante compreender os processos de proporção, multiplicação e divisão, ou seja, duas das quatro operações básicas da Matemática.

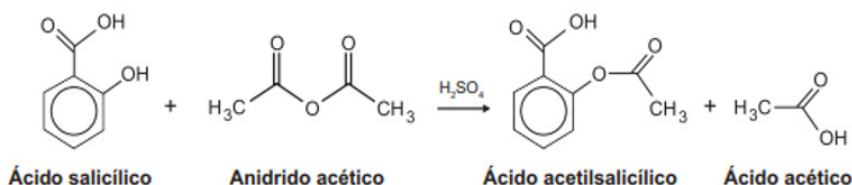
A deficiência em resolver operações de divisão, multiplicação, adição e subtração pode comprometer o entendimento e a capacidade de solucionar problemas da estequiometria. Zatti *et al.* (2010) destacam que esses problemas com a Matemática podem ser observados desde as séries fundamentais. Em uma pesquisa desenvolvida nas escolas públicas

da cidade de Erechim-RS, uma das causas da deficiência na Matemática básica são as dificuldades atenção e/ou de memorização. Diante disso, compreende-se que esses alunos também teriam dificuldades de solucionar questões de estequiometria propostas no ENEM, podendo assim comprometer o seu desempenho.

Na Figura 3 observa-se a questão 122 do Enem de 2017. No contexto da pergunta é feito uma abordagem sobre quantas gramas do Ácido Salicílico são necessários para produzir 900 mil comprimidos de Ácido Acetilsalicílico de acordo com a reação ilustrada.

QUESTAO 122

O ácido acetilsalicílico, AAS (massa molar igual a 180 g/mol), é sintetizado a partir da reação do ácido salicílico (massa molar igual a 138 g/mol) com anidrido acético, usando-se ácido sulfúrico como catalisador, conforme a equação química:



Após a síntese, o AAS é purificado e o rendimento final é de aproximadamente 50%. Devido às suas propriedades farmacológicas (antitérmico, analgésico, anti-inflamatório e antitrombótico), o AAS é utilizado como medicamento na forma de comprimidos, nos quais se emprega tipicamente uma massa de 500 mg dessa substância.

Uma indústria farmacêutica pretende fabricar um lote de 900 mil comprimidos, de acordo com as especificações do texto. Qual é a massa de ácido salicílico, em kg, que deve ser empregada para esse fim?

Resolução:

Pelas informações presente na questão, sabe-se que o rendimento de AAS após a purificação é de 50%, o equivalente a.

$$50\% \text{ de AAS} = 0,5 \text{ g de AAS por comprimido}$$

Correspondente a 500 mg de AAS presente em 1 comprimido, como especificado na questão. Assim 900 mil comprimidos renderá

$$x = \frac{9 \times 10^5 \text{ comprimido} \times 0,5 \text{ g de AAS}}{1 \text{ comprimido}} = 4,5 \times 10^5 \text{ g de ASS}$$

Com base na equação disposta na questão à proporção entre ácido salicílico ($C_7H_6O_3$) e o ácido acetilsalicílico (AAS) é 1:1. Contudo, o rendimento do AAS é de 50%, logo a proporção entre os dois composto é na verdade 1:½. Sendo assim 138 g/mol de ácido salicílico reagem produzindo 180 g/mol de ASS. Fazendo uma regra de três, tem-se que a quantidade de $C_7H_6O_3$ para produzir $4,5 \times 10^5$ g de AAS, será

$$\begin{array}{rcl}
 138 \text{ g de } C_7H_6O_3 & - & 90 \text{ g de AAS} \\
 x & - & 4,5 \times 10^5 \text{ g de AAS} \\
 x = \frac{138 \text{ g de } C_7H_6O_3 \times 4,5 \cdot 10^5 \text{ g de AAS}}{90 \text{ g de AAS}} \\
 x = 69 \times 10^4 \text{ g de } C_7H_6O_3 = 690 \text{ kg de } C_7H_6O_3
 \end{array}$$

FIGURA 3 – Questão 122 do ENEM do ano 2017 (caderno azul). Fonte: Inep (2017).

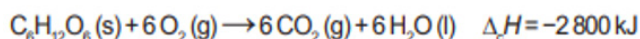
Com relação à proposta da questão, além da compreensão dos conceitos de Química e Matemática o aluno precisa ter a capacidade de interpretação. A compreensão dos fenômenos químicos é muito importante para resoluções de questões dessa natureza, pois é a partir desse pensar químico que o aluno consegue extrair as informações presentes na questão fomentando a capacidade de interpretar. Nas provas do ENEM, mais especificamente na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, é comum encontrar problemas desse tipo, no qual é preciso relacionar diferentes áreas para que se tenha êxito na resolução dos questionamentos.

Diante disso, nota-se a importância de inter-relacionar os conteúdos das disciplinas no processo de ensino-aprendizagem. Isso se percebe mais claramente nas Ciências Exatas e da Natureza, a sua construção ao longo do tempo se deu, principalmente, por solucionar e responder determinados problemas existentes, relacionando sempre a Química, Física, Biologia e Matemática entre si (Parente & Novais, 2017).

Outro exemplo disso é identificado na Figura 4, que destaca a questão 114 de estequiometria do ENEM 2018, nela estão envolvidos conhecimentos relacionados à Química e Matemática, isto é, relações estequiométricas e consequentemente operações matemáticas, mas também o conhecimento acerca de processos biológicos.

QUESTÃO 114

Por meio de reações químicas que envolvem carboidratos, lipídeos e proteínas, nossas células obtêm energia e produzem gás carbônico e água. A oxidação da glicose no organismo humano libera energia, conforme ilustra a equação química, sendo que aproximadamente 40% dela é disponibilizada para atividade muscular.



Considere as massas molares (em g mol⁻¹): H = 1; C = 12; O = 16.

LIMA, L. M.; FRAGA, C. A. M.; BARREIRO, E. J. *Química na saúde*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010 (adaptado).

Na oxidação de 1,0 grama de glicose, a energia obtida para atividade muscular, em quilojoule, é mais próxima de

Resolução:

Identifica-se inicialmente a necessidade de determinar a massa molar da glicose (C₆H₁₂O₆), uma vez que pela equação disposta na questão, 1 mol de glicose libera 2800 kJ de energia. Assim,

$$\text{C} = 6 \times 12 = 72 \text{ g/mol}$$

$$\text{O} = 6 \times 16 = 96 \text{ g/mol}$$

$$\text{H} = 12 \times 1 = 12 \text{ g/mol}$$

Somando, obtêm-se de glicose.

Pelo enunciado, sabe-se que de toda energia liberada apenas 40% dessa é aproveitada, o equivalente a

$$40\% = \frac{40}{100} \times 2800 \text{ kJ} = 1120 \text{ kJ}$$

FIGURA 4 – Questão 114 do ENEM do ano 2018 (caderno azul). Fonte: Inep (2018).

Logo, para 1 g de glicose, a energia obtida para atividade muscular será

$$\begin{array}{rcl} 180 \text{ g de } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 & - & 1120 \text{ kJ} \\ 1 \text{ g de } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 & - & E \\ E = 6,2 \text{ kJ} \end{array}$$

Assim, percebe-se que na resolução, além da Matemática, envolve também a Biologia ao destacar o processo de atividade muscular através da energia liberada da oxidação da glicose. Portanto, a problematização envolvida da referida pergunta evidencia a inter-relação dos conceitos de Química, Biologia e Matemática, pois para identificar quanto de energia são gastas na oxidação de 1 g de glicose para uma atividade muscular é necessário realizar cálculos de adição, multiplicação e divisão.

Por fim, na busca realizada na prova do ENEM de 2019 não foram identificadas questões que abordassem especificamente a estequiometria. No entanto, as questões aqui descritas e solucionadas são suficientes para destacar o quanto a Química e a Matemática está alinhada e não devem ser trabalhadas de forma isolada (Bonatto *et al*, 2012).

Considerações finais

Com a análise, resolução e discussão das questões do ENEM (2015-2019), foi possível constatar a aproximação dos objetivos descritos na BNCC com as propostas das perguntas do exame. Nesse contexto, as interdisciplinaridades presentes nas questões de Ciências Exatas e da Natureza remetem a importância de aplicar essa proposta metodológica nos processos de ensino-aprendizagem. Essa proposta interdisciplinar pode envolver os professores de Química e Matemática, de modo que o aluno ao realizar uma operação matemática consiga associá-la com as relações estequiométricas exigidas para resolução de problemas.

Com isso, o ensino interdisciplinar, além de contribuir para uma melhor formação do aluno, corrobora também, para um bom desempenho em uma avaliação de caráter interdisciplinar, visto que o aluno estará sendo estimulado a exercitar seus conhecimentos Químicos, Matemáticos, Biológicos e Físicos de maneira conjunta.

Diante disso, é imprescindível que as metodologias de ensino atuais não sejam aplicadas de modo tradicional, mas que o aluno seja o sujeito da aprendizagem, isto é, capaz de trazer soluções para situações problemas propostas pelo professor, por exemplo, levando em consideração o conhecimento prévio do aluno, envolvendo as diversas áreas de conhecimento na qual está submetido diariamente no período escolar. Assim, cabe a escola, a organização institucional e formação pedagógica no sentido de ser coerente com o que os documentos oficiais da educação preconizam, indicando a necessidade de melhoria nas práticas de ensino, de modo a levar o ensino conjunto entre os professores de áreas de conhecimentos comuns.

Portanto, esse fato se faz urgente, tendo em vista que as questões do ENEM, a porta de entrada no Ensino Superior, trabalham as diversas áreas do conhecimento de forma interdisciplinar e/ou contextualizada. Como visto nesta pesquisa, alguns conhecimentos Químicos estão interligados e dependem diretamente de uma boa base Matemática. Essa compreensão básica passa, principalmente, na capacidade de saber operacionalizar a adição, subtração, multiplicação e divisão; proporção e porcentagem.

Referências

- Aldana, B. G. M. (2008). Enseñanza de la investigación y epistemología de los docentes. *Educación y Educadores*, 11(2): 61-68. <http://www.scielo.org.co/pdf/eded/v11n2/v11n2a04.pdf>.
- Arasasingham, R., Taagepera, M., Potter, F. & Lonjers, S. (2004). Using knowledge space theory to access student understanding of stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 81, 1517-1523.
- Augusto, T. G. S. & Caldeira, A. M. A. (2007). Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de ciências da natureza. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, 12(1), 139-154. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/481>.
- Bonatto, A., Barros, C. R., Gemeli, R. A., Lopes, T. B., & Frison, M. D. (2012, julho). Interdisciplinaridade no ambiente escolar. *Anais do Seminário de Pesquisa em Educação na Região Sul*, Caxias do Sul-RS, Brasil, 9. <https://docplayer.com.br/331050-Interdisciplinaridade-no-ambiente-escolar.html>.
- Borges, R & Colombo, K. (2020). Abordagem teórico-experimental entre Química e Matemática, utilizando práticas laboratoriais. *Química Nova na Escola*, 42 (2), 1-9. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160195>.
- Brasil. (2002). Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC. <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>.
- Brasil. (2018). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF.
- Costa-beber, L. B & Maldaner, O. A. (2015). Um Estudo sobre as Características das Provas do Novo ENEM: Um Olhar para Questões que envolvem Conhecimentos Químicos. *Química Nova na Escola*, 37 (1), 44-52. <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20150007>.
- Fernandes, L. S., & Campos, A. F. (2013). A abordagem de ligação química numa perspectiva de ensino por situação-problema. *Enseñanza de las ciencias*, Extra, 3211-3215. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/308304>.
- Frazer, M. & Servant, D. (1987). Aspects of stoichiometry, where do students go wrong? *Education in Chemistry*, 24, 73-75.
- Gerhardt, T. E. & Silveira, D. T. (2009). Métodos de pesquisa. (1 ed.). Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- Huddle, P. y Pillay, A. (1996). An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African University. *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (1), 65-77. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199601\)33:1%3C65::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199601)33:1%3C65::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-N).

- Mitchell, I. & Gustone, R. (1984). Some student conceptions brought to the study of stoichiometry. *Research in Science Education*, 14, 78-88. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02356793>.
- Parente, N. P. O. & Novais, J. S. (2017). Conceitos de interdisciplinaridade segundo professoras(es) de Ciências em Santarém - Pará. *Revista Exitus*, 7 (2), 217-236. <https://doi.org/10.24065/2237-9460.2017v7n2ID308>.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2ª ed. Universidade Feevale – Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, 2013. <https://bit.ly/3c10BNC>.
- Quezada, C. T. (2018) . Relaciones de la química con matemática y lenguaje: propuesta de aprendizaje en um entorno virtual. *Educación química*, 29 (2), 51-61. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.2.63707>.
- Raviolo, A & Lerzo, G. (2016). Enseñanza de la estequiometría: uso de analogías y comprensión conceptual. *Educación química*, 27 (3), 195-204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2016.04.003>.
- Rodríguez, M. (2011). La matemática y su relación con las ciencias como recurso pedagógico. *Números, Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 77, 35–49. http://sinewton.org/numeros/numeros/77/Articulos_01.pdf.
- Santomé, J. T. (1998). Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado. Porto Alegre: Artmed.
- Santos, V. T. Almeida, M. A. V. & Campos, A. F. (2011). Concepções de professores de química do ensino médio sobre a resolução de situações-problema. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 5 (3), 25-37. <https://bit.ly/34v5sCM>.
- Sousa, K. R. P. & Silva, M. D. B. (2019). Análise das questões de Química presente no eixo de Ciências Exatas de da Natureza e suas tecnologias do ENEM nos anos de 2012 a 2018. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, 16(29), 2181-2191. <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/336>.
- Yarroch, W. (1985). Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (5), 449-459. <https://doi.org/10.1002/tea.3660220507>.
- Zatti, F. Agranionih, N. T. & Enricone, J. R. B. (2010) . Aprendizagem matemática: desviando as dificuldades de cálculo dos alunos. *Perspectiva*, 34 (128), 115-132. https://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/128_142.pdf.