

MATEMÁTICA E QUÍMICA: APROXIMAÇÕES ENTRE RAZÃO E PROPORÇÃO E O ESTUDO DOS GASES IDEAIS

MATHEMATICS AND CHEMISTRY: CONNECTIONS BETWEEN RATIO AND PROPORTION AND THE STUDY OF IDEAL GASES

MATEMÁTICAS Y QUÍMICA: ACERCAMIENTOS ENTRE RAZÓN Y PROPORCIÓN Y EL ESTUDIO DE LOS GASES IDEALES

Erickson Alves da Silva Souza¹
Guilherme Augusto Pianezzer²
Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho³

Resumo

Este trabalho demonstra de que maneira o domínio de razões e proporções em matemática pode contribuir para uma melhor compreensão dos conceitos de gases ideais na química. A questão se justifica pela literatura, que aponta dificuldades no aprendizado de química devido a lacunas de aprendizado em matemática e, mais especificamente, à falta de habilidade em lidar com o raciocínio proporcional. O objetivo central deste trabalho é fornecer a professores de matemática e de química de ensino médio subsídios para proporcionarem uma aprendizagem mais significativa a seus alunos, por meio da modelagem das leis dos gases a partir de sua relação com a proporcionalidade. Realizou-se pesquisa bibliográfica qualitativa, selecionando artigos científicos e trabalhos acadêmicos no Google Acadêmico a respeito da importância da interdisciplinaridade na matemática e dos reflexos e aproximações com o ensino de química. Em seguida, foram consultados livros técnicos de matemática para fundamentar a apresentação de conceitos de razões e proporções no contexto matemático e livros de química para fundamentar a apresentação dos conceitos referentes ao estudo das leis dos gases no contexto químico. Os conceitos de proporcionalidade foram relacionados aos enunciados das leis dos gases a fim de modelá-las, culminando na dedução da equação geral dos gases ideais. O artigo conclui enfatizando a importância da formação dos educadores para fomentar a interdisciplinaridade e sugere a exploração de outros tópicos para pesquisas futuras.

Palavras-chave: interdisciplinaridade; matemática; proporcionalidade; química; gases.

Abstract

This study investigates the impact of mastering ratios and proportions in mathematics on strengthening the comprehension of ideal gas concepts in chemistry. The rationale for this analysis stems from previous literature highlighting the challenges students face in chemistry due to gaps in their mathematical knowledge, particularly in applying proportional reasoning. This study aims to equip high school mathematics and chemistry educators with resources to facilitate more effective learning experiences for their students by demonstrating how gas laws are interconnected with the principles of proportionality. A qualitative literature review was conducted, focusing on scientific articles and academic papers retrieved from Google Scholar. These sources emphasized the significance of interdisciplinary approaches in mathematics and their potential to enhance chemistry education. Additionally, technical mathematics texts were consulted to ensure a strong foundation for understanding ratio and proportion concepts within the mathematical context. Chemistry textbooks were also referenced to provide a solid framework for presenting the study of gas laws in the chemical context. The fundamental principles of proportionality were strategically intertwined with gas law statements, ultimately leading to the successful derivation of the general equation for ideal gases. This process highlights the powerful synergy between mathematics and chemistry, demonstrating how a deep understanding of one can significantly enhance comprehension in the other.

¹ Licenciando em Matemática no Centro Universitário Internacional (UNINTER). E-mail: erickson@uninter.com

² Doutor em Métodos Numéricos em Engenharia pela UFPR. Professor no Centro Universitário Internacional (UNINTER). E-mail: E-mail: guilherme.pianezzer@hotmail.com

³ Doutor em Química pela UNESP. Professor no Centro Universitário Internacional (UNINTER). E-mail: marco.c@uninter.com

Keywords: interdisciplinarity; mathematics; proportionality; chemistry; gases.

Resumen

Este trabajo demuestra de qué manera el dominio de razones y proporciones en matemáticas puede contribuir para una mejor comprensión de los conceptos de gases ideales en la química. La cuestión se justifica por la literatura, que apunta dificultades en el aprendizaje de química debido a brechas de aprendizaje en matemáticas y, sobre todo, a la falta de habilidad en lidiar con el raciocinio proporcional. El objetivo central de este trabajo es brindar a profesores de matemáticas y de química de enseñanza secundaria subsidios para que proporcionen un aprendizaje más significativo a sus alumnos por medio de la modelización de las leyes de los gases a partir de su relación con la proporcionalidad. Se realizó investigación bibliográfica cualitativa, seleccionando artículos científicos y trabajos académicos en el Google Académico respecto a la importancia de la interdisciplinariedad en las matemáticas y de los reflejos y acercamientos con la enseñanza de química. Enseguida, se han consultado libros técnicos de matemáticas para fundamentar la presentación de conceptos de razones y proporciones en el contexto matemático y libros de química para fundamentar la presentación de los conceptos referentes al estudio de las leyes de los gases en el contexto químico. Los conceptos de proporcionalidad fueron relacionados a los enunciados de las leyes de los gases a fin de darles forma, culminando en la deducción de la ecuación general de los gases ideales. El artículo concluye enfatizando la importancia de la formación de los educadores para fomentar la interdisciplinariedad y sugiere la exploración de otros tópicos para futuras investigaciones.

Palabras clave: interdisciplinariedad; matemáticas; proporcionalidad; química; gases.

1 Introdução

A matemática desempenha um papel fundamental na compreensão e na solução de problemas em diversas áreas do conhecimento. Além de enriquecer a prática docente, tornando as aulas mais atrativas e interessantes para os alunos. O estabelecimento de conexões interdisciplinares amplia o repertório deles, contribuindo para que tenham mais ferramentas para intervir na realidade. O aprendizado de razões e proporções é um exemplo de habilidade matemática essencial que pode ser aplicada em diferentes contextos, como na compreensão de fenômenos do cotidiano e na assimilação de conceitos importantes da química.

O uso adequado de razões e proporções permite analisar e interpretar relações quantitativas, identificar padrões e realizar cálculos, auxiliando os estudantes a desenvolver uma visão mais clara e abrangente dos fenômenos e dos conceitos químicos com os quais se relacionam. Nessa linha, surge a problemática norteadora deste trabalho: como o aprendizado de razões e proporções em matemática pode auxiliar na melhor compreensão de conceitos de gases ideais na química? Nesse contexto, o objetivo geral da presente pesquisa é demonstrar de que maneira o domínio de razões e proporções em matemática pode contribuir para uma melhor compreensão dos conceitos de gases ideais na química, permitindo que os estudantes aprimorem suas habilidades de resolução de problemas e de interpretação de resultados.

Como objetivos específicos, tem-se: apresentar os conceitos fundamentais de razões e proporções em matemática; apresentar os principais conceitos e leis relacionados aos gases ideais na química; e mostrar como as razões e proporções podem ser aplicadas no estudo dos

gases ideais. Para isso, o trabalho foi desenvolvido por meio de uma pesquisa bibliográfica qualitativa, utilizando-se livros, artigos científicos e trabalhos acadêmicos pertinentes para embasar os tópicos abordados.

Na primeira parte do trabalho, é feita uma contextualização da importância da interdisciplinaridade no ensino de matemática e dos possíveis benefícios ao ensino da química ao se ter uma maior integração com a matemática. Em seguida, faz-se uma contextualização e exposição dos principais conceitos referentes às razões e proporções, aliados a exemplos pontuais. Finalmente, há uma exposição dos principais conceitos referentes ao estudo dos gases ideais no ensino médio, traçando-se um paralelo com as estratégias de modelagem e com os conceitos matemáticos apresentados na seção anterior. Introduce-se as leis dos gases, propondo modelagens até chegar à dedução da equação geral dos gases ideais.

2 Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica qualitativa, baseada em fontes confiáveis e atualizadas. Foram utilizados livros, artigos científicos e trabalhos acadêmicos para embasar os tópicos abordados. A revisão bibliográfica foi dividida em três partes. Na primeira parte, referente a reflexões sobre princípios de interdisciplinaridade no ensino da matemática, foi realizado por meio do Google Acadêmico um levantamento de artigos científicos e trabalhos acadêmicos que se relacionavam com a temática. Na pesquisa inicial, foram utilizadas as palavras-chave “interdisciplinaridade”, “matemática”, “proporcionalidade” e “química” para selecionar os artigos preliminares da produção escrita. Uma vez selecionados, fez-se em seguida a pesquisa complementar de alguns dos artigos específicos citados neles a fim de compor a produção.

A segunda parte refere-se à discussão de razões e proporções sob o ponto de vista matemático, para fundamentar as proposições apresentadas foram consultados livros didáticos dos autores Lima *et al.* (2005), Iezzi, Hazzan e Degenszajn (2019) e Oliveira (2010). Além disso, foram consultados artigos científicos para enriquecer a discussão apresentada. Na terceira e última parte, referente à relação entre as leis dos gases e a proporcionalidade, além dos livros citados anteriormente como referências da discussão matemática, para fundamentar os conceitos químicos apresentados foram consultados livros dos autores Mahan e Myers (1995), Atkins, Jones e Laverman (2018) e Feltre (2004).

3 Interdisciplinaridade na matemática

A interdisciplinaridade é um conceito fundamental no campo educacional, pois reconhece a importância de estabelecer conexões entre diferentes disciplinas e áreas do conhecimento. Ela promove uma abordagem holística e integrada, permitindo que os alunos compreendam os fenômenos e problemas de maneira mais ampla e profunda. A interdisciplinaridade estimula a aplicação de habilidades e conhecimentos de diversas áreas, permitindo que os estudantes desenvolvam uma visão mais completa e crítica do mundo (Berti, 2007).

O ensino da matemática pode se beneficiar desse conceito ao mesmo tempo que auxilia no aprendizado e no desenvolvimento de outras habilidades e competências. A exploração das habilidades matemáticas em aula por parte dos professores contribui para o desenvolvimento de competências transversais, como pensamento crítico, resolução de problemas e de criatividade (Dantas; Andrade; Sá, 2022). Nesse contexto, uma aproximação natural acontece entre os conteúdos estudados em razão e proporção e a compreensão de conceitos químicos, como no estudo de gases ideais. Aqui, a ideia da proporcionalidade permeia o desenvolvimento teórico por trás das relações entre as grandezas de estado dos gases ideais, enriquecendo a sua compreensão por parte dos alunos, facilitando a interpretação de dados experimentais e a solução de problemas envolvendo transformações gasosas (Wink; Ryan, 2019).

De fato, diferentes autores demonstraram essa importância do ensino de determinados conceitos matemáticos como ferramenta para otimizar o ensino da química. É o caso de Kanwal *et al.* (2022), cujo trabalho demonstrou como o ensino estratégico dos respectivos princípios de matemática relevantes utilizados em determinados assuntos de química, antes do ensino de tais conceitos em si, é mais efetivo para o aprendizado de química pelos alunos do que o método tradicional.

Já Mupanduki (2009) foi além e, em seu trabalho, demonstrou que, mais que se limitar a recortes estratégicos de conceitos matemáticos antes de conceitos químicos, os currículos dessas disciplinas devem ser idealmente integrados. Segundo os dados de sua pesquisa, o ensino integrado de matemática e química promove a melhora acadêmica dos alunos, configurando-se como uma alternativa de concepção de ensino viável e mais efetiva em comparação ao método de ensino tradicional. A aproximação entre as duas áreas favorece, por conseguinte, tanto uma quanto a outra, na medida que permite à matemática se aproveitar da contextualização com temas que lhe são externos e permite à química se aproveitar das ferramentas e habilidades matemáticas (Bizelli, 2003).

A integração entre matemática e química não só é recomendável como imprescindível como vetor de melhoria de aprendizado por parte dos alunos. Para que o ensino integrado de

fato seja efetivo para o aprendizado tanto da matemática quanto da química, é necessário um trabalho ainda mais intenso e próximo pelos professores, a fim de se adaptarem aos saberes, ritmos e expectativas de seus alunos e às necessidades de adaptação de currículo das disciplinas (Mupanduki, 2009). Esse trabalho deve incluir esforços para auxiliar os alunos a fazerem a transferência de conhecimentos entre as diferentes áreas a fim de bem integrá-los com vistas à resolução de problemas práticos e ao entendimento profundo dos conceitos (Wink; Ryan, 2019).

A questão da transferência de aprendizagem se torna particularmente relevante ao levar em conta que Hoban (2011) demonstrou como mesmo os alunos do segundo ano de graduação de química possuem grandes dificuldades em aplicar seus conhecimentos matemáticos em contextos que envolvem conceitos químicos. Isso reforça a necessidade de se refletir sobre maneiras de se trabalhar estratégias que favoreçam a transferência de aprendizagem do domínio matemático para o domínio químico desde os anos escolares, dado o impacto que isso pode ter.

Segundo Lobato e Siebert (2002), a ideia de meramente “ensinar para a compreensão” a matemática na expectativa de que os alunos consigam espontaneamente fazer a transferência é muito genérica para contribuir para a transferência efetiva de aprendizagem. Dessa maneira, para se propor estratégias de ensino de matemática que possibilitem aos alunos a aquisição e o emprego de conhecimentos matemáticos no estudo de química, é fundamental, resgatando Wink e Ryan (2019), que os professores reflitam a respeito da lógica matemática por trás dos cálculos químicos a fim de bem apresentá-la aos alunos.

4 Razão e proporção em matemática

Para Iezzi, Hazzan e Degenszajn (2019), razão é o quociente entre duas quantidades. Em vista disso, a razão entre A e B , com $B \neq 0$, é dada por:

$$\frac{A}{B} \quad (1)$$

Por outro lado, segundo o NCTM, “uma proporção é uma relação de igualdade entre duas razões” (2010, p. 33, tradução nossa). Desse modo, por exemplo, se a razão entre as grandezas A e B é equivalente à razão entre as grandezas C e D , com $B \neq 0$ e $D \neq 0$, podemos escrever a proporção entre elas como:

$$\frac{A}{B} = \frac{C}{D} \quad (2)$$

Nesse caso, dizemos que A está para B assim como C está para D , ou ainda que a razão entre A e B e a razão entre C e D estão na mesma proporção.

A proporção direta é uma relação em que duas grandezas variam de forma proporcional, isto é, quando uma delas aumenta por um fator multiplicativo, a outra aumenta pelo mesmo fator multiplicativo, e quando uma delas diminui por um fator multiplicativo a outra diminui pelo mesmo fator multiplicativo. Desse modo, a razão das duas quantidades permanece constante quando os correspondentes valores das quantidades variam (NCTM, 2010).

Logo, se A e B são grandezas diretamente proporcionais, podemos modelar a relação como:

$$\frac{A}{B} = k \quad (3)$$

Em que:

k : constante de proporcionalidade

Alternativamente, em contextos em que isolar a constante de proporcionalidade não traz benefícios para a interpretação do problema analisado, pode-se propor a seguinte formulação, decorrente da expressão (3):

$$A = k \cdot B \quad (4)$$

Em que:

k : constante de proporcionalidade

Um exemplo clássico de proporção direta é a relação entre distância e tempo no movimento de uma partícula com velocidade constante. Nesse caso, pode-se afirmar que quanto maior for o tempo de viagem, maior será a distância percorrida. Mais ainda, multiplicando o tempo de viagem por um fator multiplicativo n a distância também será multiplicada por n . Nesse caso, a distância e o tempo são grandezas diretamente proporcionais.

Assim, no caso em que a distância percorrida por um veículo é diretamente proporcional ao tempo de duração da viagem, traçando um paralelo com a equação (3), podemos deduzir uma expressão que modela matematicamente a relação de proporcionalidade no exemplo específico proposto:

$$\frac{D}{t} = k \quad (5)$$

Em que:

D : distância

t : tempo

k : constante de proporcionalidade

Nesse contexto, a constante de proporcionalidade k representa a taxa de variação do espaço em relação ao tempo e , portanto, seria a velocidade média do veículo. A proporção inversa, por outro lado, ocorre quando duas grandezas variam de forma inversamente proporcional, ou seja, quando uma delas aumenta multiplicada por um fator n a outra diminui dividida por n , e vice-versa. Consequentemente, nesse caso, o produto das grandezas é constante.

Para representar uma proporção inversa, pode-se utilizar a seguinte notação: se A é uma grandeza inversamente proporcional a B , então é válida a relação:

$$A \cdot B = k \quad (6)$$

Em que:

k : constante de proporcionalidade

Novamente, nos contextos em que não há interesse particular no significado da constante de proporcionalidade, pode-se propor a seguinte formulação alternativa, decorrente da expressão (6):

$$A = k \cdot \frac{1}{B} \quad (7)$$

Em que:

k : constante de proporcionalidade

Essa formulação permite visualizar imediatamente, comparando com a equação (4), o fato de que se A é uma grandeza inversamente proporcional a B , então a grandeza A é diretamente proporcional ao inverso de B .

Um exemplo clássico de proporção inversa é a relação entre velocidade e tempo em um percurso com distância fixa. Se considerarmos que uma partícula percorre uma distância fixa, quanto maior for a velocidade, menor será o tempo necessário para percorrer essa distância. Além disso, multiplicando a velocidade por n , o tempo é dividido por n . Nesse cenário, a velocidade e o tempo são inversamente proporcionais e, então, baseando-se na equação (6), pode-se modelar a relação entre essas grandezas como:

$$V \cdot t = k \quad (8)$$

Em que:

V : velocidade

t : tempo

k : constante de proporcionalidade

Finalmente, pode-se modelar situações com mais de duas grandezas com proporcionalidades direta e inversa. Seja, por exemplo, uma grandeza A inversamente proporcional a B e C e diretamente proporcional a D e E . É válida a relação:

$$A = k \cdot \frac{D \cdot E}{B \cdot C} \quad (9)$$

Reescrevendo de modo a isolar as grandezas da constante de proporcionalidade:

$$\frac{A \cdot B \cdot C}{D \cdot E} = k \quad (10)$$

Em que:

k : constante de proporcionalidade

Dada a validade dos modelos apresentados em (9) e (10), cabe ao docente escolher qual opção melhor convém ao seu plano de ensino. Em todo caso, porém, vale a pena insistir em problemas que modelem mais de uma proporcionalidade e mais de duas grandezas.

Consideremos as grandezas A , B , C e D , tais que A e B são inversamente proporcionais, B e D são diretamente proporcionais e A e C são diretamente proporcionais. As relações de proporcionalidade podem ser modeladas matematicamente como:

$$\frac{A \cdot B}{C \cdot D} = k \quad (11)$$

Em que:

k : constante de proporcionalidade

Combinar proporcionalidades em uma única relação matemática possui grande importância nas ciências experimentais por permitir estabelecer equacionamentos importantes a partir de dados coletados. Além disso, para os alunos, a modelagem matemática das proporcionalidades, em conjunto com o professor, pode constituir importante prática com potencial de aprimorar a capacidade de raciocínio matemático e de interpretação de fenômenos. Sobre isso, considerando o contexto de aprendizado de química, Schmitz, Ritter e Silva propõem:

Para aprender química é necessário possuir algumas habilidades matemáticas, como raciocínio e interpretação, para que se consiga interpretar as situações e utilizar o raciocínio para encontrar formas de resolvê-las. Para que o estudante consiga desenvolver essas habilidades é necessário que o professor o auxilie a sanar suas carências, podendo, para tanto, utilizar estratégias como a interdisciplinaridade e relacionar os conceitos com situações do cotidiano (Schmitz; Ritter; Silva, 2022).

Por outro lado, na conclusão de seu trabalho, Wink e Ryan (2019) pontuam que:

Nosso trabalho empírico mostra que esses esquemas proporcionais estão disponíveis para os alunos raciocinarem em um sentido de domínio geral. Isso sugere, finalmente, que uma etapa fundamental para ajudar os alunos a usarem o raciocínio proporcional corretamente não é simplesmente ensinar a configuração química relevante; deve-se mostrar explicitamente aos alunos como a lógica do raciocínio proporcional é estruturada, como está disponível para eles nas configurações de domínio geral e como deve ser transferida para a química (Wink; Ryan, 2019, tradução nossa).

Nesse sentido, uma maneira de contribuir para as outras ciências é auxiliando os alunos a naturalizarem a inferência e a interpretação das relações de proporção a partir das representações algébricas apresentadas. Assim, considere-se a relação a seguir:

$$\frac{A}{B} \cdot C = k \quad (12)$$

Em que:

k : constante de proporcionalidade

A compreensão de que A é diretamente proporcional a B e inversamente proporcional a C , bem como C é inversamente proporcional a B , pode auxiliar na compreensão do significado de fórmulas presentes na química e na física, para além da mecânica algébrica.

De fato, consideremos a Lei de Hooke na física:

$$F = k\Delta x \quad (13)$$

Em que:

F : módulo da força elástica

Δx : deformação da mola

k : constante elástica da mola

Comparando a fórmula anterior com a expressão (4) é possível concluir que, para uma dada mola, a força aplicada é diretamente proporcional à sua deformação. Dessa maneira, é possível aplicar a noção de proporcionalidade direta nesse contexto, mas tendo em vista que a validade pode se restringir a determinados intervalos de valores, respeitando os devidos limites teóricos físicos (Lima *et al.*, 2005).

O aprendizado de razões e proporções em matemática é fundamental para a compreensão de relações entre grandezas e a resolução de problemas quantitativos. As proporções direta e inversa são conceitos-chave nesse campo, permitindo que os estudantes compreendam como as grandezas variam e se relacionam entre si. Essa compreensão pode ser de grande utilidade para outros domínios de conhecimento.

5 Gases ideais e interconexões com razões e proporções

Na disciplina de química no ensino médio, o estudo dos gases ideais é um dos conteúdos que podem se beneficiar de uma construção de teoria em diálogo com os conceitos de razões e proporções em matemática. Em especial, a modelagem matemática das leis dos gases em conjunto com os alunos utilizando as ideias de proporcionalidade tem o potencial de contribuir para uma aprendizagem mais significativa tanto da matemática quanto da química envolvidas.

Segundo Feltre (2004), as leis dos gases “são leis experimentais que mostram como varia o volume de um gás quando a pressão e a temperatura desse gás variam”. Assim sendo, elas permitem descrever o estado dos gases a partir das grandezas pressão, volume e temperatura, fornecendo a base para a Lei dos Gases Ideais, uma das leis mais fundamentais no estudo da termodinâmica.

A primeira lei dos gases, conhecida como Lei de Boyle, foi estabelecida por Robert Boyle no século XVII. Essa lei afirma que, à temperatura constante, a pressão de um gás é inversamente proporcional ao seu volume. Por exemplo, sob temperatura constante, se o volume de um gás for reduzido pela metade sua pressão dobrará. Desse modo, do ponto de vista da proporcionalidade, tomando como referência a equação (6), pode-se modelar com os alunos a seguinte relação:

$$P \cdot V = k_1 \quad (14)$$

Em que:

P : pressão

V : volume

k_1 : constante de proporcionalidade

A segunda lei dos gases, conhecida como Lei de Charles, foi proposta por Jacques Charles no final do século XVIII. Essa lei estabelece que, à pressão constante, o volume de um gás é diretamente proporcional à sua temperatura. Isso significa que, se a temperatura de um gás for multiplicada por n , seu volume também será multiplicado por n , desde que a pressão seja mantida constante.

A partir da modelagem discutida na seção anterior, tomando como referência a equação (3), pode-se modelar com os alunos a seguinte relação:

$$\frac{V}{T} = k_2 \quad (15)$$

Em que:

V : volume

T : temperatura

k_2 : constante de proporcionalidade

A terceira lei dos gases, conhecida como Lei de Gay-Lussac ou Lei dos Volumes Combinados, foi formulada por Joseph Louis Gay-Lussac no início do século XIX. Essa lei estabelece que, a volume constante, a pressão de um gás é diretamente proporcional à sua temperatura.

A partir da modelagem discutida na seção anterior, tomando como referência a equação (3), pode-se modelar com os alunos a seguinte relação:

$$\frac{P}{T} = k_3 \quad (16)$$

Em que:

P : pressão

T : temperatura

k_3 : constante de proporcionalidade

Finalmente, de acordo com o princípio de Avogadro, sob pressão e temperatura constantes o volume é proporcional ao número de *mols* do gás. Novamente, tomando como referência a equação (3), pode-se modelar com os alunos a seguinte relação:

$$\frac{V}{n} = k_4 \quad (17)$$

Em que:

V : volume

n : número de mols

k_4 : constante de proporcionalidade

A modelagem das leis dos gases em equações a partir da compreensão dos conceitos de proporção direta e inversa permite conclusões imediatas e ricas para a compreensão dos fenômenos. Considere-se, por exemplo, um gás ideal hipotético submetido a uma pressão constante. Pode-se concluir imediatamente que se a temperatura dobrar o volume também dobrará, uma vez que pela Lei de Charles as grandezas são diretamente proporcionais.

Nessa linha, é possível propor a formulação da lei geral dos gases ideais a partir da manipulação das relações de proporcionalidade estabelecidas anteriormente. De fato, combinando em uma única relação as proporcionalidades das leis dos gases expostas anteriormente, de maneira análoga ao que foi feito para obter a expressão (11), chegamos a:

$$\frac{P \cdot V}{T \cdot n} = k_5 \quad (18)$$

Em que:

P : pressão

V : volume

T : temperatura

n : número de mols

k_5 : constante de proporcionalidade

Por adquirir significado teórico físico-químico, a constante de proporcionalidade k_5 é substituída pela letra R e passa a ser denominada de constante universal dos gases ideais:

$$\frac{P \cdot V}{T \cdot n} = R \quad (19)$$

Reorganizando, chegamos na relação mais bem conhecida pelos alunos de ensino médio como equação de Clapeyron, em homenagem ao químico francês Émile Clapeyron:

$$PV = nRT \quad (20)$$

Além da dedução das equações anteriores, a partir do diálogo por meio de dados matemáticos convenientes, é possível apresentar aos alunos uma discussão a respeito das unidades mais frequentemente envolvidas na determinação e na utilização da constante R .

Sabendo-se que 1 mol de gás ideal ocupa um volume de aproximadamente 22,4 L à pressão de 1 atm e temperatura de 273 K, substituindo na equação (19) tem-se:

$$\begin{aligned} \frac{P \cdot V}{T \cdot n} &= R \\ R &= \frac{1 \text{ atm} \cdot 22,4 \text{ L}}{273 \text{ K} \cdot 1 \text{ mol}} \\ R &\cong 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \end{aligned} \quad (21)$$

Dessa forma, para se trabalhar com quantidades das grandezas de estado medidas nas unidades usuais, com P em *atms* (atm), V em litros (L) e T em kelvin (K), o valor de R a se utilizar na equação (20) será de $0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$, aproximadamente.

Por outro lado, considerando as equivalências de que $1 \text{ atm} \cong 1,01325 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ e que $1 \text{ L} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, pode-se escrever ainda:

$$\begin{aligned} R &\cong 0,082 \cdot \frac{1,01325 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \\ R &\cong 8,31 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \end{aligned} \quad (22)$$

Com isso, ao se considerar quantidades das grandezas de estado medidas no sistema internacional de unidades (S.I.) com P em newton por metro quadrado $\left(\frac{N}{m^2}\right)$, V em metros cúbicos (m^3) e temperatura em kelvin (K), o valor de R a ser utilizado será de, aproximadamente, $8,31 \frac{J}{mol.K}$.

Importante notar que R é uma constante atrelada às unidades utilizadas para pressão e volume. Os valores deduzidos em (21) e (22) são os mais frequentemente utilizados em exercícios propostos aos alunos e, por isso, tendem a ser familiares a eles.

6 Considerações finais

A proposta de relacionar saberes de diferentes áreas do conhecimento traz benefícios tanto para alunos quanto para professores. Ao docente, o engajamento e a oportunidade de apresentar de forma mais atraente os conteúdos que se pretende trabalhar. Aos discentes, a oportunidade de enriquecer o repertório e de estabelecer interconexões, tornando o aprendizado mais significativo e prazeroso.

É válido notar, no entanto, que a interdisciplinaridade é um processo que deve começar já na formação dos educadores. É essencial que a formação dos professores favoreça as trocas entre diferentes áreas e fornecer subsídios teóricos para que o diálogo se estabeleça entre os profissionais. Nesse sentido, encaixam-se perfeitamente as palavras de Benedito Oliveira:

Assim, os educadores devem ser formados numa perspectiva em que o conhecimento não é propriedade, mas sim produção histórica da humanidade e, como tal, pode ser apropriado pelos homens e mulheres. Porém, essa apropriação deve ser de forma crítica, num espírito aberto ao avanço da ciência e, consequentemente, da sua e de outras disciplinas (especialidades) (Oliveira, 2006, p. 140).

No contexto da matemática, a modelagem matemática das proporcionalidades tem o potencial de não apenas ensinar o conteúdo, mas despertar nos alunos essa apropriação do conhecimento para fazer avançar sua compreensão da ciência diferentes contextos. Isso permite a compreensão das relações matemáticas para além do “algebrismo”, com conclusões ricas para outras áreas do conhecimento.

Por essa concepção, o estudo dos gases ideais na química é uma das áreas de estudo que podem se beneficiar das habilidades desenvolvidas na matemática. Os enunciados das leis dos gases, que dão base à teoria desenvolvida, podem ser equacionados pelos alunos por meio da boa compreensão da proporcionalidade, permitindo, com o devido tato, chegar à Equação Geral

dos Gases, como se pretendeu demonstrar neste artigo. Um campo rico para exploração em novos trabalhos são as transformações gasosas, seus problemas e suas interpretações gráficas em diálogo com o estudo das razões e proporções e de tópicos de funções em matemática.

Durante o levantamento bibliográfico para este trabalho, verificou-se ainda que a física, em particular, apresenta grande potencial para se beneficiar de um trabalho integrado com a matemática, com potencial para dialogar com o conteúdo de razões e proporções. Trabalhos visando explorar essa proximidade podem ser de grande contribuição para fornecer mais subsídios tanto para o ensino da proporcionalidade como para o de física. Finalmente, destaca-se também que a investigação de estratégias de ensino relacionando proporcionalidade com análise dimensional pode ser fonte de mais pesquisas.

Referências

- ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Trad. Félix Nonnenmacher. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- BERTI, V. P. **Interdisciplinaridade**: um conceito polissêmico. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) — Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- BIZELLI, M. H. S. S. **A matemática na formação do químico contemporâneo**. 2003. Tese (Doutorado em Educação Matemática) — Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.
- DANTAS, E. O.; ANDRADE, T. J. A. S.; SÁ, G. C. B. Conexões da Matemática no Ensino da Química: um estudo interdisciplinar. *In*: PONTES, Carlos José de Farias (org.). **Avanços científicos na área da educação e ensino**. Rio Branco: Stricto Sensu, v. 1, 2022. p. 112-130.
- FELTRE, R. **Química**: físico-química, v. 2. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004.
- HOBAN, Richard. **Mathematical transfer by chemistry undergraduate students**. 2011. Tese (Doutorado em Educação Matemática) — Dublin City University, Dublin, Irlanda, 2011.
- IEZZI, G.; HAZZAN, S.; DEGENSZAJN, D. M. **Fundamentos de matemática elementar** - Volume 11: Matemática comercial, matemática financeira e estatística descritiva. 2. ed. São Paulo: Atual, 2019.
- KANWAL, Wajiha *et al.* Effect of Conceptual Understanding of Mathematical Principles on Academic Achievement of Secondary Level Chemistry Students. **Multicultural Education**, v. 8, n. 3, p. 242-254, 2022.
- LIMA, E. L. *et al.* **Temas e problemas elementares**. 2. ed. Rio de Janeiro: SBM, 2005.
- LOBATO, J.; SIEBERT, D. Quantitative reasoning in a reconceived view of transfer. **The Journal of Mathematical Behavior**, v. 21, n. 1, p. 87-116, 2002.

MAHAN, B. H.; MYERS, R. J. **Química, um curso universitário**. Traduzido da 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

MUPANDUKI, B. T. **The effectiveness of a standards-based integrated chemistry and mathematics curriculum on improving the academic achievement in chemistry for high school students in Southern California**. Tese (Doutorado em Educação) — Azusa Pacific University, Azusa, CA, EUA, 2009.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS (NCTM). **Developing Essential Understanding of Ratios, Proportions & Proporcional Reasoning for teaching mathematics in grades 6-8**. USA: NCTM, 2010.

OLIVEIRA, B. Interdisciplinaridade: uma possibilidade a partir do diálogo entre as disciplinas. **Revista da Faculdade de Educação**, v. 6, n. 1, p. 129-142, 2006. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/ppgedu/article/view/3575/2858>. Acesso em: 4 dez. 2023.

OLIVEIRA, M. R. **Elementos da Matemática**. 2. ed. Fortaleza: Vestseller, 2010.

SCHMITZ, G. L.; RITTER, D.; SILVA, C. C. A importância da matemática no ensino de química: uma análise a partir da Teoria Fundamentada nos Dados. **Revista Cocar**, Belém, v. 17, n. 35, 2022. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/5331/2508>. Acesso em: 4 dez. 2023.

WINK, D. J.; RYAN, S. A. C. The logic of proportional reasoning and its transfer into chemistry. **It's Just Math: Research on Students' Understanding of Chemistry and Mathematics**, p. 157-171, 2019.