

Uma Análise da Interdisciplinaridade entre Química e Matemática em Livros Didáticos de Matemática do Ensino Médio



2018 | Volume 2 | Nº 1

Vera Lúcia Faulstich¹
Neslei Noguez Nogueira²
Vinicius Carvalho Beck³

RESUMO

O objetivo deste trabalho é descrever e analisar exemplos, problemas ilustrativos e propostos que abordam balanceamento químico em livros didáticos de Matemática. Como referencial teórico adotamos a discussão sobre interdisciplinaridade desenvolvida por Hilton Japiassu. Nos cinco livros que possuíam o balanceamento químico entre os exemplos e exercícios. Concordamos com a literatura no que se refere ao fato de a modelagem matemática das reações químicas dar maior significado ao estudo de sistemas lineares, e acrescentamos que poderia ser mais explorada nos livros didáticos de Matemática. Podemos dizer que tem sido recorrente nos livros didáticos de Matemática a associação entre sistemas lineares e balanceamento de reações químicas, havendo um tímido movimento de interdisciplinaridade conectando as duas áreas, já que a finalidade normalmente está muito vinculada estritamente a área da Química, dificultando uma abordagem que utilize as duas áreas como um meio, e contribuindo para que a Matemática seja abordada meramente como ferramenta.

Palavras-chave: *Balanceamento químico, Sistemas lineares, Interdisciplinaridade.*

INTRODUÇÃO

Uma das grandes conquistas das últimas décadas foi a distribuição gratuita de livros didáticos nas escolas. O acesso a um material de estudo de qualidade é uma das condições necessárias, embora não seja suficiente, para o aprendizado dos estudantes, principalmente quando estes não possuem recursos socioeconômicos para adquirir livros.

Certamente são muitos os fatores que determinam a qualidade de um livro didático, sendo a contextualização e a interdisciplinaridade alguns deles. A forma como o autor apresenta a conexão de uma área específica do conhecimento com outras áreas contribui para motivar o leitor, no sentido de justificar a importância daquilo que é apresentado. Estes fatores de qualidade do livro didático além de motivar o aluno a estudar também contribuem para a formação do estudante como ser humano.

Um exemplo é o que acontece nos livros didáticos de Matemática do Ensino Médio examinados durante a pesquisa, a qual origina este artigo, com relação à forma de apresentar os sistemas lineares. Muitos desses livros, ao invés de explicar as técnicas de cálculo de sistemas lineares, apenas com exemplos numéricos e matriciais, optam por apresentar como ilustração ou exercício proposto o balanceamento de reações químicas.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense - Campus Pelotas – Visconde da Graça

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense - Campus Pelotas – Visconde da Graça

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense - Campus Pelotas – Visconde da Graça

> Uma Análise da Interdisciplinaridade entre Química e Matemática em Livros Didáticos de Matemática do Ensino Médio



2018 | Volume 2 | Nº 1

Sendo assim, a questão central deste trabalho é: como situações da Química envolvendo balanceamento de reações são abordadas em livros didáticos de Matemática do Ensino Médio?

Seguindo nossa questão de pesquisa, o objetivo deste trabalho é descrever e compreender exemplos, problemas ilustrativos e propostos que abordam balanceamento químico em livros didáticos de Matemática.

A justificativa para a realização deste trabalho é o fato de que várias pesquisas que abordam a mesma temática têm enfatizado a questão da contextualização mas pouco a da interdisciplinaridade, sem discutir mais detalhadamente as soluções matemáticas apresentadas, e como estas soluções podem ser resolvidas a partir dos conteúdos abordados nas seções em que tais situações são apresentadas nos livros didáticos.

REVISÃO DE LITERATURA

Em nossas buscas iniciais, realizadas no Scielo (2016), uma biblioteca eletrônica que possibilita o acesso à diversos periódicos, teses, e dissertações, procuramos trabalhos que tivessem relação com a temática de situações químicas no livro didático de Matemática, inserindo no campo de busca as expressões "balanceamento químico" e "livro didático". Não foram encontrados trabalhos que contribuíssem para esta revisão.

Em seguida, recorreremos aos buscadores comuns da internet. Nesta nova busca, não encontramos de imediato trabalhos diretamente relacionados com o tema, mas pelo menos conseguimos estudos que abordavam o livro didático de Matemática.

O objetivo do artigo de Moraes, Bellemain e Lima (2014) foi investigar a abordagem da grandeza volume nos livros didáticos de Matemática do Ensino Médio do Programa Nacional do Livro Didático do ano de 2012. Os resultados obtidos pelos autores indicaram uma ênfase nas situações de medição, no uso de fórmulas e no aspecto numérico do volume. As situações de produção e de comparação ficaram a margem, o que prejudica a compreensão pelos alunos das relações pertinentes entre o sólido, a grandeza e a medida.

Embora o trabalho de Moraes, Bellemain e Lima (2014) não possua uma relação direta com situações químicas, ele nos fornece um importante ponto de partida para a constituição do nosso referencial metodológico, já que a coleta de dados se aproxima muito do presente trabalho.

Seguimos nossa busca por trabalhos que abordassem Química no livro de Matemática, porém nos deparamos com outros trabalhos sobre o livro didático, com foco em outros assuntos. Começamos a buscar por trabalhos que tivessem como tema a resolução de sistemas lineares, que seria o assunto mais provável onde se encontraria balanceamento químico no livro de Matemática, e assim começamos a encontrar alguns resultados mais interessantes nas buscas.



O objetivo do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Borba (2011) foi mostrar na prática de sala de aula que existem inúmeras ferramentas computacionais que podem auxiliar na manipulação de matrizes abrindo um caminho mais interessante ao aluno para construir o conhecimento sobre as matrizes e sistemas lineares. Como resultado o autor concluiu que o uso de ferramentas computacionais permite a superação dos obstáculos operacionais apresentados, por exemplo, pelos sistemas lineares 3×3 e de ordem mais alta, permitindo maiores possibilidades para abordar os conceitos envolvidos, em detrimento dos procedimentos de cálculo manual demasiados.

O objetivo da dissertação de Rufato (2014) foi mostrar a importância do estudo de sistemas de equações lineares no Ensino Médio através de exemplos da rotina diária dos alunos. Como utilizou o conteúdo de Sistemas Lineares em diferentes situações conhecidas pelos alunos, tais como aplicações em circuitos elétricos, balanceamento de equações químicas e análises quantitativas de práticas desportivas, o autor conseguiu proporcionar, através de experiências conhecidas pelos estudantes, a construção do conhecimento acerca do assunto que estava sendo investigado. Dessa forma, Rufato (2014) comprovou o maior interesse dos alunos pela Matemática ao mostrar as diferentes aplicações do conteúdo em suas vidas.

No trabalho de Magnago, Martins e Fajardo (2008), o objetivo foi discutir o tema Reações Químicas utilizando modelagem matemática. A conclusão final dos autores foi que a modelagem matemática de reações químicas pode ser utilizada para abordar vários aspectos dos sistemas lineares, dando significado às variáveis do problema, apresentando de forma mais natural e gradual ao estudante a estrutura dos sistemas lineares. No Ensino Médio, pode-se trabalhar esse tema de forma interdisciplinar envolvendo as áreas de Matemática e Química, pelo o que sugere o autor.

Em todos os textos da revisão bibliográfica acima, os autores buscaram em suas conclusões sugerir formas de melhorar o ensino e a construção do conhecimento matemático, sobretudo no que se refere ao ensino de sistemas lineares no Ensino Médio.

REFERENCIAL TEÓRICO

Como referencial teórico adotamos o conceito desenvolvido por Hilton Japiassu (1976), onde o autor coloca que quanto mais se diversificam às disciplinas do conhecimento, mais elas perdem o contato com a realidade humana. Japiassu (1976) chama a isto de patologia do saber, chegando a traçar uma semelhança entre o câncer físico com o do saber humano. Para o autor, a interdisciplinaridade é o remédio para a doença do saber: onde somos especialistas em um pequeno ramo do conhecimento.

A interdisciplinaridade se define e se elabora por uma crítica das fronteiras das disciplinas, de sua compartimentação, proporcionando uma grande esperança de renovação e de mudança no domínio da metodologia das ciências humanas. Poderíamos dizer que o objetivo geral a ser alcançado não é outro senão o de descobrir, nas ciências humanas, as leis estruturais de sua constituição e de seu funcionamento (JAPIASSU, 1976, p. 54 e 55).

> Uma Análise da Interdisciplinaridade entre Química e Matemática em Livros Didáticos de Matemática do Ensino Médio



2018 | Volume 2 | Nº 1

O ensino interdisciplinar envolve o estudo de conceitos teóricos, a prática individual a ser exercida com treino contínuo mental, bem como a prática coletiva na qual todos estejam abertos ao diálogo reconhecendo o que lhes falta. A relação entre as áreas e os sujeitos que colaboram para alcançar a finalidade constituem a substância da interdisciplinaridade enquanto caminho metodológico para atender uma determinada finalidade.

METODOLOGIA

Segundo informações do website do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE, 2016), o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) é um projeto governamental que visa prover livros para escolas da Educação Básica. As coleções aprovadas são reutilizadas durante um período de três anos, sendo substituídas por outras a cada triênio.

O Ministério da Educação (MEC) abre um edital onde apresenta as regras que atendem a legislação vigente do Ensino Médio e a critérios de abordagem dos conteúdos, metodologia de ensino e aprendizagem, contextualização, linguagem e aspectos gráfico-editoriais.

Os últimos dois triênios do PNLD são o atual (2015-2016-2017, sigla PNLD 2015) e o triênio 2012-2013-2014 (sigla PNLD 2012). No triênio 2009-2010-2011 existia um programa específico para os livros do Ensino Médio, chamado Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM). Estas últimas coleções serão denominadas, daqui em diante como PNLEM 2009.

O Guia de Livros Didáticos (BRASIL, 2014), com o objetivo de orientar a utilização das coleções aprovadas no PNLD 2015, traz aos professores as resenhas das seis coleções aprovadas para uso nas escolas. Neste documento há uma descrição resumida de cada livro e uma avaliação das características de cada uma das obras aprovadas.

Analisamos inicialmente três coleções aprovadas no PNLD 2015, mas pelo fato dessas coleções apresentarem poucos exemplos de balanceamento químico, incluímos também mais três livros do PNLD 2012 e cinco do PNLEM 2009.

Para organizar o trabalho de análise, foi construído um código para cada livro consultado. Todos começam pela letra P, fazendo referência ao PNLD, seguido dos dois últimos algarismos do ano em que este foi implantado, e por último, o nome do primeiro autor. Assim, encontramos uma forma de nos referir a cada livro sem ambiguidade.



Tabela 1 – Livros didáticos consultados

Código	Primeiro autor	PNLD	Possui situação química?	Referência
P15-Dante	Dante	2015	Sim	Dante (2014)
P15-Iezzi	Iezzi	2015	Não	Iezzi <i>et al.</i> (2013)
P15-Souza	Souza	2015	Sim	Souza (2013)
P12-Barroso	Barroso	2012	Sim	Barroso (2010)
P12-Souza	Souza	2012	Sim	Souza (2010)
P12-Smole	Smole	2012	Não	Smole e Diniz (2010)
P-09-Barreto	Barreto Filho	2009	Não	Barreto Filho e Silva (2009)
P-09-Dante	Dante	2009	Sim	Dante (2009)
P-09-Giovanni	Giovanni	2009	Não	Giovanni e Bonjorno (2005)
P-09-Paiva	Paiva	2009	Não	Paiva (2005)
P-09-Youssef	Youssef	2009	Não	Youssef <i>et al.</i> (2005)

Fonte: Autoria própria

As obras citadas na Tabela 1 foram consultadas em escolas da rede estadual e federal, e também em uma biblioteca pública municipal. Os exemplos referentes ao balanceamento químico foram todos encontrados como aplicações de sistemas lineares, e a maioria deles no volume 2 de cada coleção. Cada exemplo ou problema onde constatamos a presença de balanceamento de reações químicas foi digitalizado para posterior análise.

Nos dedicamos a estudar somente os cinco livros que possuíam o balanceamento químico entre os exemplos e exercícios. Apesar de termos consultado todas as coleções da Tabela 1, não temos por objetivo fazer qualquer comparação entre elas, queremos somente nos deter em analisar o exercício ilustrativo ou proposto em cada coleção que possuía balanceamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui apresentamos os resultados obtidos durante a leitura transversal dos livros didáticos de Matemática listados na Tabela 1 e a análise qualitativa de cada situação envolvendo balanceamento químico nas passagens sobre sistemas de equações lineares encontradas nos livros. As situações analisadas seguem a ordem da Tabela 1, apenas não apresentamos a análise do livro P15-Souza porque a situação encontrada é idêntica à situação do livro P12-Souza. Por isso, optamos por apresentar apenas a análise de P12-Souza, já que autor utilizou o mesmo problema nos dois livros.

Resultados da Análise de P15-Dante

A Figura 1 apresenta a situação presente no livro P15-Dante, no qual o autor considera uma equação química não balanceada e propõe o desafio aos alunos de descobrir os coeficientes do balanceamento através do sistema de equações lineares que o próprio autor já disponibiliza construído no exercício. A única situação referente a balanceamento químico proposta no livro foi este exercício de



fixação e revisão dos conceitos desenvolvidos no livro para resolução de equações lineares. O autor solicita aos alunos, no item **a**, que resolvam o sistema de equações lineares, e no item **b** que seja calculado o menor número inteiro de átomos para acontecer o balanceamento químico correto.

Figura 1 – Desafio de P15-Dante

23. **DESAFIO EM DUPLA** *Química*

Considerem a reação química não balanceada:

$$\underset{\text{cálcio}}{\text{Ca}} + \underset{\substack{\text{ácido} \\ \text{fosfórico}}}{\text{H}_3\text{PO}_4} \rightarrow \underset{\substack{\text{fosfato} \\ \text{de cálcio}}}{\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8} + \underset{\substack{\text{gás} \\ \text{hidrogênio}}}{\text{H}_2}$$

Essa equação pode ser balanceada fazendo:

$$x\text{Ca} + y\text{H}_3\text{PO}_4 \Rightarrow z\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 + w\text{H}_2$$

dando origem ao sistema

$$\begin{cases} x = 3z \\ 3y = 2w \\ y = 2z \\ 4y = 8z \end{cases}$$

a) Resolvam o sistema. $S = \{(3\alpha, 2\alpha, \alpha, 3\alpha), \alpha \in \mathbb{R}\}$

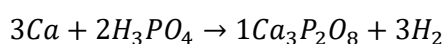
b) Determinem o menor número inteiro de átomos de cálcio, hidrogênio, fósforo e oxigênio, com o qual ocorre o balanceamento.
cálcio: 3; hidrogênio: 6; fósforo: 2; oxigênio: 8.

Capítulo 6 • Sistemas lineares 121

Fonte: Adaptado de Dante (2014, pág. 121)

O autor forneceu já construída a representação algébrica da equação química, na forma de sistema linear. Como as duas últimas equações propostas são múltiplas então a quarta equação é equivalente à terceira, ficando o sistema linear com apenas três equações e quatro incógnitas. Trata-se de um sistema indeterminado, com uma variável livre, o que significa que é possível escolher qualquer uma das incógnitas para atribuir um valor e resolver o sistema. Para cada valor atribuído haverá um novo balanceamento químico da equação, porém todos múltiplos entre si. O autor trouxe para a linguagem matemática o problema de balanceamento químico. Em termos de simbologia, o autor utiliza letras para significar valores desconhecidos que busca descobrir.

Apenas para esclarecer o fato de este ser um sistema com uma variável livre, apresentamos a resolução do sistema para as variáveis x, y, w , e encontramos $x = 3z$, $y = 2z$ e $w = 3z$. Pode-se atribuir qualquer número real para z . Com $z = 1$, por exemplo, temos $x = 3$, $y = 2$, $w = 3$. A equação química ficará sempre balanceada para qualquer z pertencente aos números reais. A resposta para o menor número de átomos na equação é justamente quando $z = 1$. Neste caso, a equação química fica:





Isto significa que a configuração que resolve o balanceamento com o menor número de átomos é 3 Cálcios, 6 Hidrogênios, 2 fósforos e 8 oxigênios. O único método proposto pelo livro didático para este exercício foi a resolução formal escrita.

Resultados da Análise de P12-Barroso

A Figura 2 apresenta uma situação presente no livro P12-Barroso, no qual a autora ilustra o conceito de sistema de equações lineares utilizando balanceamento químico como estratégia de resolução do sistema. A única situação referente a balanceamento químico foi esta do exemplo ilustrativo que inicia a seção sobre sistemas de equações lineares, não havendo proposta de problemas para o estudante resolver com esse tipo de situação.

Figura 2 – Exemplo de P12-Barroso

3 Sistema de equações lineares

Frequentemente nos deparamos com situações-problema cuja resolução pode ser iniciada com a tradução de seus dados, para a linguagem matemática, por meio de um sistema de equações.

Leia, como exemplo, a situação a seguir.

Uma equação química está balanceada quando o número de átomos dos reagentes é igual ao número de átomos dos produtos. Podemos fazer o balanceamento pelo método algébrico: resolvendo um sistema de equações lineares.

Considere a reação de combustão do gás metano, representada pela equação:

$$\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

reagentes	produtos
Número de átomos carbono (C): 1	Número de átomos carbono (C): 1
hidrogênio (H): 4	hidrogênio (H): 2
oxigênio (O): 2	oxigênio (O): 3

Para balancear a equação, multiplicamos cada substância por uma incógnita,

$$a\text{CH}_4 + b\text{O}_2 \rightarrow c\text{CO}_2 + d\text{H}_2\text{O},$$

e formamos um sistema de equações lineares:

- carbono $a = c$
- hidrogênio $4a = 2d$
- oxigênio $2b = 2c + d$

$$\Rightarrow \begin{cases} a = c \\ 4a = 2d \\ 2b = 2c + d \end{cases}$$

Fonte: Adaptado de Barroso (2010, pág. 271)

A autora não apresenta explicitamente a solução do sistema que utiliza como exemplo ilustrativo. Ela simplesmente construiu a representação algébrica da equação química, que na realidade, é um sistema linear indeterminado. Em termos de simbologia, percebe-se que a autora utiliza letras para significar valores desconhecidos que busca descobrir, ou seja, as incógnitas do sistema.



Resultados da Análise de P12-Souza

Nos livros P12-Souza e P15-Souza o autor apresenta o mesmo exercício de balanceamento químico nos dois livros didáticos. Em ambos os livros, o problema é apresentado em apenas um momento do capítulo sobre sistemas lineares, logo após as atividades propostas aos alunos.

Na Figura 3 está o problema, tal como é proposto pelo autor nos dois livros. Optamos por apresentar aquele que está presente no livro P12-Souza. O autor explica utilizando uma contextualização histórica, o que é a massa atômica e exemplifica como calcular a massa atômica de uma molécula através da soma das massas de seus átomos. O exercício traz algumas relações entre Matemática e Química, no qual métodos matemáticos são usados para obtenção de massas atômicas desconhecidas em reações químicas. O autor propõe quatro atividades:

Figura 3 – Problema de P12-Souza


22 Contexto

De acordo com a ciência moderna, o átomo pode ser considerado a unidade fundamental de um elemento químico. O conceito de átomo é um dos mais importantes da Química e por meio dele é possível explicar diversos fenômenos da natureza.

Durante muito tempo, este conceito permaneceu apenas em teorias filosóficas. A teoria atômica dos gregos, por exemplo – que afirmava que toda matéria era composta por átomos – não tinha como base o resultado de experimentos. A partir dos séculos XVIII e XIX, o conceito de átomo adquiriu caráter científico, a partir de experimentos realizados por cientistas como Antoine Lavoisier (1743-1794) e John Dalton (1766-1844).

No início do século XIX, Dalton desenvolveu a teoria que atualmente recebe o seu nome, teoria atômica de Dalton, baseado em dados obtidos a partir de diversas experiências químicas e em resultados de estudos de outros cientistas, como Lavoisier.

Dalton abordou em sua teoria, dentre outros aspectos, a massa do átomo. Atualmente, ela é expressa em unidades de massa atômica, sendo representada pela letra u e tendo como referência a massa do **isótopo** mais abundante do carbono, denominado carbono-12 (^{12}C). Uma unidade de massa atômica corresponde a $\frac{1}{12}$ da massa desse isótopo do carbono. A massa atômica auxiliou na obtenção de fórmulas químicas e tem sido utilizada na construção da tabela periódica dos elementos, importante para os químicos organizarem informações.



John Dalton

Isótopo - o isótopo de um elemento químico possui átomos com o mesmo número de prótons, porém com diferente número de nêutrons.

Ainda de acordo com essa teoria, a combinação de dois ou mais átomos forma uma molécula. Assim, a massa de uma molécula pode ser determinada adicionando-se as massas de seus átomos componentes. Para determinar, por exemplo, a massa de uma molécula de SO_2 (dióxido de enxofre), que é composta por 1 átomo de enxofre e 2 de oxigênio, deve-se adicionar a massa atômica do enxofre, que corresponde a 32,1 u, a duas vezes a massa atômica do oxigênio, que corresponde a 16 u, ou seja, $1 \cdot 32,1 \text{ u} + 2 \cdot 16 \text{ u} = 64,1 \text{ u}$.

a) Sabendo que a massa de uma molécula de C_2H_4 (etileno) corresponde a 28 u, e a massa de uma molécula de C_4H_{10} (butano) corresponde a 58 u, determine a massa atômica do carbono (C) e do hidrogênio (H).

b) Conhecendo apenas a massa de uma molécula de $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ (ácido butírico), que corresponde a 88 u, produzido quando a manteiga se deteriora, e de uma molécula de $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_2\text{N}_2$ (cafeína), que corresponde a 194 u, é possível determinar a massa atômica do C, H, O e N (nitrogênio)? Justifique.

c) Com base na resposta do item a, nas informações presentes no item b e no exemplo apresentado no enunciado desta atividade, determine a massa atômica do nitrogênio.

d) Pesquise acerca de outras teorias atômicas posteriores à proposta por John Dalton. Em seguida, escreva algumas diferenças entre elas.

Fonte: Adaptado de Souza (2010, pág. 172)

> Uma Análise da Interdisciplinaridade entre Química e Matemática em Livros Didáticos de Matemática do Ensino Médio



2018 | Volume 2 | Nº 1

No item **a** temos o primeiro caso de exercício de sistema possível determinado nos estudos feitos até aqui. Escrevemos a representação algébrica do sistema linear através do uso das equações formadas pela soma das massas atômicas dos elementos que compõem a molécula e sua massa molecular total. O sistema linear do item **a** resulta em:

$$\begin{cases} 2C + 4H = 28 \\ 4C + 10H = 58 \end{cases}$$

Isolando-se o Carbono da primeira equação, simplificando a segunda equação dividindo-a por 2 e substituindo C na segunda, obtemos $C = 12$ e $H = 1$. Como só há uma única solução, então este é um sistema possível e determinado. Resolvemos pelo Método da Substituição, mas ressaltamos que existem outras formas de resolução, tais como o Método de Adição, o Teorema de Cramer, métodos numéricos da Álgebra Linear, dentre outros. Escolhemos o Método da Substituição porque esse nos parece o mais natural para o aluno de Ensino Médio, no contexto em que o problema foi proposto.

Já no item **b** o autor restringe o horizonte de soluções do aluno ao utilizar a expressão “conhecendo apenas duas massas moleculares”, o que gera um sistema linear de duas equações e quatro incógnitas, apresentando várias possibilidades de resposta por ser um sistema possível e indeterminado. Referendando-se teoricamente na definição de massa atômica, sabemos que a massa atômica do elemento possui um único valor.

No item **c** o autor sugere utilizar o conhecimento já obtido no item **a** e os dados do item **b**, para obter o sistema:

$$\begin{cases} H = 1 \\ C = 12 \\ 4C + 8H + 2O = 88 \\ 8C + 10H + 2O + 4N = 194 \end{cases}$$

Substituindo-se os valores de H e C na terceira equação obtém-se o Oxigênio=16. Em seguida, substituindo na quarta obtém-se Nitrogênio=14. Assim, temos a solução do sistema.

Não analisamos com mais profundidade o item **d** por se tratar de um problema que envolve mais conhecimentos específicos de Química, não abordando diretamente a questão dos sistemas lineares.

O autor induziu o aluno a construir a representação algébrica das equações químicas já na forma balanceada por se tratarem da formação da molécula química, que na realidade também forma um sistema linear. A estratégia utilizada pelo autor foi trazer para a linguagem matemática o problema de descobrir o peso atômico dos elementos já balanceados que formam o peso total das moléculas



informadas. Em termos de simbologia, o autor utilizou as próprias letras que representam cada elemento químico na busca dos valores desconhecidos que buscava descobrir.

Resultados da Análise de P09-Dante

O livro P09-Dante apresenta duas situações de balanceamento químico, uma como exemplo de aplicação, no qual o autor apresenta a resolução completa a fim de ilustrar ao estudante o método de resolução, e outra como um problema proposto. Na Figura 4 apresentamos o exemplo de P09-Dante.

Figura 4 – Exemplo apresentado em P09-Dante

10 Aplicações

Vejamos alguns exemplos de aplicações:

1ª) Quando se escreve uma equação química, é importante verificar sempre se o número de átomos de cada elemento é o mesmo em ambos os lados da equação, ou seja, se ela está balanceada. Para realizar o balanceamento, temos de colocar um número (denominado coeficiente estequiométrico) antes dos símbolos. Esses coeficientes usados no balanceamento de uma equação química devem ser sempre os menores números inteiros possíveis, pois não dá para imaginar $\frac{1}{2}$ molécula de algum elemento químico. Veja como exemplo o balanceamento da equação da água.

A equação $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ não está balanceada; note que a quantidade de oxigênio em ambos os lados não é a mesma.

Se os coeficientes estequiométricos forem respectivamente x , y e z , temos que:

$$x\text{H}_2 + y\text{O}_2 \rightarrow z\text{H}_2\text{O}$$

ou seja, $\begin{cases} 2x = 2z & \text{(hidrogênio)} \\ 2y = z & \text{(oxigênio)} \end{cases}$

O sistema é SPI e admite mais de uma solução $\{x, y, z\}$, porém nos interessa a menor solução inteira. A solução genérica desse sistema é $\{2\alpha, \alpha, 2\alpha\}$, portanto temos a menor solução inteira para $\alpha = 1$.

Assim, $x = 2$, $y = 1$ e $z = 2$ e a equação balanceada é: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$.

Vamos obter os quatro coeficientes estequiométricos para o balanceamento da equação

$$\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
$$xC_2H_6 + yO_2 \rightarrow zCO_2 + wH_2O$$
$$\begin{cases} \delta x = z \\ \delta x = 2w \\ 2y = 2z + w \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \delta x & - z & = 0 \\ \delta x & & - 2w & = 0 \\ & 2y - 2z - w & = 0 \end{cases}$$

→ escalonamento → SPI → $S = \left\{ \left(\frac{\alpha}{3}, \frac{5\alpha}{2}, 2\alpha, \alpha \right) \right\}$;

então a menor solução inteira precisa de $\alpha = 6$:

$$S = \{12, 15, 12, 6\}$$

Portanto, a equação balanceada é

$$2C_2H_6 + 15O_2 \rightarrow 12CO_2 + 6H_2O$$

Fonte: Adaptado de Dante (2009, pág. 279)

> Uma Análise da Interdisciplinaridade entre Química e Matemática em Livros Didáticos de Matemática do Ensino Médio



2018 | Volume 2 | Nº 1

O autor traz a resolução completa na forma de exercício ilustrativo de uma das aplicações práticas do uso de sistemas de equações lineares para resolver o balanceamento de duas reações químicas. A primeira é bem simples, com poucos átomos, enquanto a segunda, por apresentar mais incógnitas e mais equações no sistema linear, apresenta maior dificuldade e exige estratégias mais complexas por parte do aluno. Nota-se que o autor se preocupou não apenas em explicar o método matemático empregado, mas também os conceitos químicos envolvidos criando um exemplo ilustrativo completo de aplicações de métodos matemáticos em reações químicas.

As duas equações químicas exemplificadas pelo autor eram de um sistema possível indeterminado com uma variável livre. Em termos de simbologia, ele utiliza letras do alfabeto para significar valores desconhecidos dos coeficientes químicos, de forma que a variável livre seja o menor número inteiro pertencente aos números reais que gere o balanceamento com coeficientes inteiros.

O autor mostrou o conjunto solução de cada equação química explicitado na forma da correspondência de igualdade das letras com a variável escolhida, mostrou o menor número inteiro para a variável, recalculou o conjunto solução de ambas as equações e as reescreveu no formato de equação química com coeficientes balanceados para a resposta de menor número inteiro do sistema possível indeterminado.

Assim como nas outras situações analisadas, notamos que o autor utiliza apenas a resolução formal escrita para resolver o problema, sem orientar o estudante a respeito de outras estratégias, como cálculo mental, soluções computacionais, tentativa e erro, dentre outros, sem prever resoluções mais espontâneas, além da resolução escrita e formal.

Discussão dos Resultados

Não encontramos exemplos que sugerissem o uso de ferramentas computacionais. Conforme proposto por Borba (2011), o uso de ferramentas computacionais possibilita a resolução com maior número de incógnitas e equações, com menor chance de erros e com otimização do tempo de resolução.

O uso do balanceamento químico fornece aplicação prática ao aluno de um conceito matemático que, a princípio, se apresenta muito formalmente. É importante estimular diferentes estratégias, pois segundo Rufato (2014), as aplicações práticas são estimulantes para o aprendizado do aluno.

Concordamos com Magnago, Martins e Fajardo (2008) no que se refere ao fato de a modelagem matemática das reações químicas dar maior significado ao estudo de sistemas lineares, e acrescentamos que tal modelagem poderia ser mais explorada nos livros didáticos de Matemática, assim como as estratégias de resolução poderiam não ser focadas unicamente no cálculo formal escrito.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Voltando à questão de pesquisa: como situações da Química envolvendo balanceamento de reações são abordadas em livros didáticos de Matemática do Ensino Médio? Constatamos, a partir da análise dos dados do estudo, que os livros didáticos de Matemática do Ensino Médio apresentam o balanceamento químico como uma forma de mostrar aplicações da Matemática em outras áreas, às vezes como exemplo, às vezes como problema proposto. É comum a apresentação de sistemas de equações possíveis indeterminados, principalmente nos exemplos. Constatamos em todos os livros analisados, que é estimulada sempre a estratégia de resolução formal e escrita pelos autores, que não costumam estimular o cálculo mental como uma possibilidade.

O que observamos na leitura transversal dos livros didáticos analisados é que eles trazem poucos casos abordando as situações de balanceamento de reações químicas. Todos os casos foram encontrados no capítulo de equações lineares, apresentados no volume único ou no volume 2 das coleções, sendo que alguns autores repetiram as mesmas situações em coleções de anos diferentes.

Acreditamos que um estudo no sentido inverso poderia ser realizado, ou seja, poderia ser investigada a seguinte questão de pesquisa: como situações da Matemática envolvendo sistemas de equações lineares são abordadas em Livros Didáticos de Química do Ensino Médio? Além disso, uma pergunta que fica em aberto: como seria possível realizar a Interdisciplinaridade, tendo em vista que muitos conteúdos são aprendidos em momentos diferentes. Por exemplo, é possível aprender satisfatoriamente balanceamento químico sem o conhecimento de sistemas lineares? E o contrário?

Por fim, podemos dizer que tem sido recorrente nos livros didáticos de Matemática a associação entre sistemas lineares e balanceamento de reações químicas, havendo um tímido movimento de interdisciplinaridade conectando as duas áreas, já que a finalidade normalmente está muito vinculada a área da Química, dificultando uma abordagem que utilize as duas áreas como um meio, e contribuindo para que a Matemática seja abordada apenas como ferramenta. De certa forma, as tentativas de Interdisciplinaridade nos livros didáticos de Matemática não se afastaram muito da noção de pluridisciplinaridade.

REFERÊNCIAS

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Matemática Aula por Aula** - volume 2. 2 ed. Editora FTD, 2009. [PNLEM 2009]

BARROSO, Juliane Matsubara (org.). **Conexões com a Matemática** - Volume 2. 1º ed. São Paulo: Editora Moderna, 2010. [PNLD 2012]

> Uma Análise da Interdisciplinaridade entre Química e Matemática em Livros Didáticos de Matemática do Ensino Médio



2018 | Volume 2 | Nº 1

BECK, Vinicius carvalho. **Os Problemas Aditivos e o Pensamento Algébrico no Ciclo de Alfabetização**. 2015. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande - RS. 74p.

BORBA, Elizandro Max. **Uma proposta para o ensino de matrizes com o apoio de tecnologia**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS. 44p.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto Alegre: Porto Editora, 1994.

BRASIL. **Guia de livros didáticos: PNLD 2015: Matemática: Ensino Médio**. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Brasília, 2014.

DANTE, Luiz Roberto. **Matemática** – volume único. 1 ed. São Paulo: Editora Ática, 2009. [PNLEM 2009]

DANTE, Luiz Roberto. **Matemática: contexto e aplicações, Manual do Professor - Volume 2**. 2 ed. São Paulo: Editora Ática, 2014. [PNLD 2015]

FNDE. **Website do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação - FNDE**. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

GARNICA, A. V. M. História Oral e Educação Matemática. In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Org.) **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Editora Autêntica, 2004.

GIOVANNI, José Ruy; BONJORNO, José Roberto. **Matemática Completa**– volume 2. 2 ed. São Paulo: Editora FTD, 2005. [PNLEM 2009]

> Uma Análise da Interdisciplinaridade entre Química e Matemática em Livros Didáticos de Matemática do Ensino Médio



2018 | Volume 2 | Nº 1

IEZZI, Gelson; DOLCE, Osvaldo; DEGENSZAJN, David; PÉRIGO, Roberto; ALMEIDA, Nilzede.

Matemática: ciência e aplicações- Volume 2. 7 ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2013. [PNLD 2015]

JAPIASSU, Hilton. **Interdisciplinaridade e Patologia do Saber.** Editora Imago, RJ, 1976.

MAGNANO, Karine Faverzani; MARTINS Márcio Marques; FAJARDO Ricardo. Reações Químicas: Usando a Modelagem Matemática para Explorar Sistemas de Equações Lineares Homogêneas. In: **III Encontro Paranaense de Modelagem em Educação Matemática.** Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava - PR, 2008.

MORAIS, Leonardo Bernardo. **Análise da Abordagem da Grandeza Volume em Livros Didáticos de Matemática do Ensino Médio.** 2013. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica), Universidade Federal de Pernambuco. Recife - PB. 134p.

MORAIS, Leonardo Bernardo; BELLEMAIN, Paula Moreira Baltar; LIMA, Paulo Figueiredo. Análise de situações de volume em livros didáticos de matemática do ensino médio à luz da teoria dos campos conceituais. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v.16, n.1, p.25-46, 2014.

MOREIRA, Marco Antonio. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa nesta Área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.7, n.1, p.7-29, 2002.

PAIVA, Manoel. Matemática – volume único. 1 ed. São Paulo: Editora Moderna, 2005. [PNLEM 2009]

RUFATO, Sônia Aparecida Carreira. **Sistemas Lineares, aplicações e uma sequência didática.** 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática), Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, *Campus* São Carlos, São Carlos-SP. 53p.

SCIELO. **Scielo Electronic Library Online.** Disponível em: <<http://www.scielo.org>>. Acesso em: 14 dez. 2016.

> Uma Análise da Interdisciplinaridade entre Química e Matemática em Livros Didáticos de Matemática do Ensino Médio



2018 | Volume 2 | Nº 1

SMOLE, Kátia Stocco; DINIZ, Maria Ignez. **Matemática**: Ensino Médio - volume 2. 6 ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2010. [PNLD 2012].

SOUZA, Joamir. **Novo Olhar**: Matemática- volume 2. 2 ed. São Paulo: Editora FTD, 2013. [PNLD 2015]

SOUZA, Joamir. **Novo Olhar**: Matemática - volume 2. 1 ed. São Paulo: Editora FTD, 2010. [PNLD 2012]

YOUSSEF, Antônio Nicolau; SOARES, Elizabeth; FERNANDEZ, Vicente Paz. **Matemática**: ensino médio, volume único. 1 ed. São Paulo: Editora Scipione, 2005. [PNLEM 2009].