Tangram
Revista de Educação Matemática

DOI: 10.30612/tangram.v9i1.19426

Matemática e Química: conexões assentes na Teoria dos Campos Conceituais

Matemáticas y Química: conexiones basadas en la Teoría Conceptual de Campos

Mathematics and Chemistry: connections based on Conceptual Field Theory

Adriéli Mazurek Cieslak
Seed – PR – Secretaria de Estado da Educação do Paraná
União da Vitória, Paraná, Brasil
E-mail: adrieli_mazurek@yahoo.com.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0628-0421

Veridiana Rezende
Programação de Pós-graduação em Educação Matemática, Universidade Estadual do Paraná (Unespar)
Campo Mourão, Paraná, Brasil
E-mail: rezendeveridiana@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-4158-2196

Marli Schmitt Zanella
Programa de Pós-graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais. Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Maringá, Paraná, Brasil
E-mail: mszanella@uem.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1621-9934

Tangram
Revista de Educação Matemática

Universidade Federal da Grande Dourados

Resumo: A investigação aqui apresentada tem como objetivo discutir o conceito de Concentração Comum de Soluções de Química como um elemento do Campo Conceitual Multiplicativo. Para tanto, à luz da Teoria dos Campos Conceituais, especificamente a partir das classes de situações do Campo Conceitual Multiplicativo, estabelecido por Gérard Vergnaud, são analisadas situações de Concentração Comum de Soluções de Química, apresentando esquemas sagitais, classificação, ideias, representações e conceitos matemáticos presentes nestas situações. As análises mostram que tais situações de química são classificadas como Proporção Simples e admitem quatro subclasses: multiplicação um para muitos, partição, cota e quarta proporcional. Para além da importância da Matemática para a Química, mostra-se a relevância da Química para a Matemática, pois situações de Concentração Comum de Soluções oportunizam aos estudantes o estudo e a aplicabilidade de ideias e conceitos matemáticos em situações com contexto do cotidiano, envolvendo composição de alimentos, bebidas, produtos de limpeza e medicamentos.

Palavras-chave: Didática da Matemática. Proporção Simples. Concentração Comum de Soluções.

Resumen: La investigación aquí presentada tiene como objetivo discutir el concepto de Concentración Común de Soluciones Químicas como elemento del Campo Conceptual Multiplicativo. Para ello, a la luz de la Teoría de Campos Conceptuales, específicamente basada en las clases de situaciones del Campo Conceptual Multiplicativo establecidas por Gérard Vergnaud, se analizan situaciones de Concentración Común de Soluciones Químicas, presentando esquemas sagitales, clasificación, ideas, representaciones. y conceptos que los matemáticos presentan en estas situaciones. Los análisis muestran que este tipo de situaciones químicas se clasifican como de proporción simple y admiten cuatro subclases: multiplicación uno a muchos, partición, cuota y cuarta proporcional. Además de la importancia de las Matemáticas para la Química, se muestra la relevancia de la Química para las Matemáticas, ya que las situaciones de Concentración Común de Soluciones brindan a los estudiantes la oportunidad de estudiar y aplicar las ideas y conceptos matemáticos en situaciones del contexto cotidiano, que involucran la composición de los alimentos, bebidas, productos de limpieza y medicamentos.

Palabras clave: Didáctica de las Matemáticas. Proporción simple. Concentración de Soluciones Comunes.

Abstract: The investigation presented here aims to discuss the concept of Common Concentration of Chemical Solutions as an element of the Multiplicative Conceptual Field. To this end, in the light of the Theory of Conceptual Fields, specifically based on the classes of situations of the Multiplicative Conceptual Field established by Gérard Vergnaud, situations of

Tangram
Revista de Educação Matemática
Universidade Federal da Grande Dourados

Common Concentration of Chemistry Solutions are analyzed, presenting sagittal schemes, classification, ideas, representations and concepts mathematicians present in these situations. The analyzes show that such chemistry situations are classified as Simple Proportion, and admit four subclasses: one-to-many multiplication, partition, quota and fourth proportional. In addition to the importance of Mathematics for Chemistry, the relevance of Chemistry for Mathematics is shown, as situations of Common Concentration of Solutions provide students with the opportunity to study and applicability of mathematical ideas and concepts in situations with everyday context, involving composition of food, drinks, cleaning products and medicines.

Keywords: Mathematics Didactics. Simple Proportion. Common Solutions Concentration.

Recebido em 18/07/2025
Aceito em 20/11/2025

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Matemática está presente em diversas Ciências, dentre elas a Química. Pesquisas (Scott, 2012; Gungstone & Champagne, 1990) revelam a necessidade de ideias, representações e conceitos matemáticos para a compreensão de conceitos químicos. Segundo Gungstone e Champagne (1990), as dificuldades de estudantes ao resolverem situações de Química estão associadas à falta de compreensão de ideias e de operações matemáticas, como divisão, multiplicação, fração, proporção, conversão de números decimais e de unidades de medida.

Diante disso, nesta pesquisa, buscamos mostrar conexões existentes entre a Matemática e a Química a partir do Campo Conceitual Multiplicativo, um dos campos conceituais mais bem estruturados por Gérard Vergnaud para a área de Matemática (Vergnaud, 1996), abordado desde os anos iniciais[1] do Ensino Fundamental. Particularmente, o foco deste estudo recai no conceito químico de Concentração Comum de Soluções e sua associação com situações, ideias, conceitos e representações do Campo Conceitual Multiplicativo.

A Concentração Comum de Soluções é expressa pela razão entre a massa do soluto e o volume de uma solução (Echeverria, 1996), e trata-se de um conceito

[1] No sistema de ensino brasileiro, os Anos Iniciais do Ensino Fundamental compreendem estudantes de 6 a 10 anos de idade.

previsto, pela Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), para ser estudado na 2ª série[2] do Ensino Médio na disciplina de Química. As situações de Concentração Comum de Soluções necessitam, para sua resolução, das operações de multiplicação e divisão.

De acordo com Niezer, Foggiatto e Sauer (2016), geralmente, os conceitos envolvendo Concentração Comum de Soluções são abordados em materiais didáticos com ênfase em cálculos e aplicações de fórmulas, com raras relações com a vida cotidiana. No entanto, observa-se (Mortimer & Machado 2016; Santos, 2016; Ciscato et al., 2016) que as situações de Concentração Comum de Soluções podem ser contextualizadas com diversos temas do cotidiano dos estudantes, tais como composição de alimentos, bebidas, produtos de limpeza e medicamentos.

Segundo Vergnaud (1990), é a partir de uma variedade de situações que um conceito adquire sentido para o sujeito. Nesse contexto, aa questão de pesquisa que orienta este estudo é: quais características as situações de Concentração Comum de Soluções possuem para serem classificadas como situações do Campo Conceitual Multiplicativo?

Para responder a tal questão, o artigo tem por objetivo discutir o conceito de Concentração Comum de Soluções como um elemento do Campo Conceitual Multiplicativo. Para tanto, são analisadas e exemplificadas, por meio de situações de Concentração Comum de Soluções, as diferentes classes de situações multiplicativas, juntamente com ideias, representações e conceitos matemáticos associados a este conceito químico.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Campo Conceitual Multiplicativo compreende um conjunto de situações, conceitos, relações, propriedades, representações simbólicas e operações de pensamento, conectados uns aos outros. O conjunto de situações neste campo

[2] No sistema de ensino brasileiro, a 2ª série do Ensino Médio compreende estudantes de 16 anos de idade.

envolvem as operações matemáticas de multiplicação e/ou divisão para sua resolução (Vergnaud, 1996).

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) proporciona ao professor um olhar para o modo de seleção e organização de situações, as quais permitem proporcionar novas aprendizagens aos estudantes. Ao mesmo tempo, a TCC possibilita a análise dos esquemas dos estudantes, relativos a estas situações.

No que se refere à complexidade das situações, Vergnaud (2009) observa que as situações multiplicativas mais simples são aquelas nas quais o multiplicador tem apenas um algarismo. Porém, a dificuldade do estudante em operações de adição com reserva tende a repercutir também na resolução de multiplicações. Além disso, a complexidade pode ser intensificada quando envolve diferentes bases numéricas (como base dez ou base três) e, ainda, quando exige compreensão da decomposição aditiva da multiplicação, bem como da propriedade distributiva da multiplicação em relação à adição.

A multiplicação por um número de muitos algarismos, com ao menos um algarismo à esquerda dos algarismos das unidades diferente de 1, pressupõe uma dupla decomposição aditiva e multiplicativa. Ademais, em relação à multiplicação, Vergnaud (2009) esclarece que os zeros intercalares do multiplicando representam menor dificuldade ao estudante, do mesmo modo que a presença de uma vírgula no multiplicando. Os zeros intercalares no multiplicador e a presença de uma vírgula representam aos estudantes uma complexidade maior para resolver tais situações, isto porque: (i) multiplicar um número com vírgula significa multiplicar por um número não inteiro e, portanto, é um problema multiplicativo mais complexo; (ii) o algoritmo da multiplicação, contendo um número com vírgula, compreende um emaranhado de transformações multiplicativas que não são bem compreendidas pelos estudantes, até mesmo ao concluir o ensino elementar.

Para as situações envolvendo a divisão, as situações mais complexas estão relacionadas ao tipo de número usado como divisor, podendo ser um número com muitos dígitos, um número decimal ou um decimal menor do que 1. No plano das regras operatórias, a divisão é a mais complexa dentre as quatro operações, uma vez que envolve adição, subtração, multiplicação e a busca pela divisão ao mesmo tempo.

Assim, é comum que muitos estudantes não a dominem adequadamente ao final dos anos iniciais do Ensino Fundamental, nem que a divisão por um número decimal se mostre, frequentemente, fora do alcance da maioria nessa etapa escolar (Vergnaud, 2009).

Em vista do exposto, defende-se que a multiplicação não seja apresentada ao estudante somente como uma soma de parcelas iguais, mas que abranja outras ideias que perpassam a multiplicação, tais como a proporcionalidade, divisão, combinatória e organização retangular (Vergnaud, 2009). As situações pertencentes ao Campo Conceitual Multiplicativo são estabelecidas como um conjunto das situações que envolve uma (ou mais) multiplicação e/ou divisão. Esse campo conceitual divide-se em duas categorias – Isomorfismo de Medidas e Produto de Medidas (Vergnaud, 2009) – as quais podem ser analisadas a partir de uma subdivisão em classes e subclasses, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1.

Classes de situações do campo conceitual multiplicativo

Campo	Categorias	Classes	Subclasses
Estrutura multiplicativa	Isomorfismo de medidas (relação quaternária)	Proporção simples	Multiplicação um para muitos
			Cota
			Partição
			Quarta proporcional
		Proporção múltipla	Um para muitos
			Muitos para muitos
		Função bilinear	Função bilinear
	Produto de medidas (relação ternária)	Produto cartesiano	Configuração retangular
			Combinatória
		Comparação multiplicativa	Relação desconhecida
			Referido desconhecido
			Referente desconhecido

Fonte: adaptado de Vergnaud (1996).

Considerando a natureza do conceito químico foco desta pesquisa (Concentração Comum de Soluções), este artigo aborda as situações relacionadas ao isomorfismo de medidas, especificamente, envolvendo a proporção simples. Para Vergnaud (2009), no isomorfismo de medidas, a relação é quaternária por considerar quatro quantidades, sendo duas quantidades de medidas de certo tipo e duas outras medidas

de outro tipo, funcionando como a base dos conceitos de proporção. A classe de proporção simples está dividida em quatro subclasses, identificadas pelos seguintes códigos: (P1) multiplicação um para muitos, (P2) partição, (P3) cota e (P4) quarta proporcional.

Segundo Echeverría (1996), o conceito de soluções auxilia na aprendizagem de inúmeros conceitos químicos e possibilita a compreensão de ideias relativas a misturas, substâncias, ligações químicas, modelo corpuscular da matéria, interação química. Tais ideias podem ser estudadas/analisadas por meio de situações contextualizadas, condizentes ao cotidiano dos estudantes (Mortimer & Machado, 2016; Santos, 2016; Ciscato et al., 2016).

A concentração de uma solução pode ser expressa de diferentes formas, e normalmente é quantitativa (Brow et al., 2005). Pode ser concentração comum (C), concentração molar (M), densidade absoluta (d) etc. O que diferencia cada expressão de concentração são as diferentes grandezas que se relacionam. As quantidades de soluto, solvente e solução podem ser expressas em massa (g, kg etc.), volume (ml, l, cm^3 etc.) ou em número de mols (Fiorotto, 2014).

Desse modo, os termos *concentrado* e *diluído* são utilizados para representar quantitativamente as porções que estão relacionadas ao soluto e ao solvente. Quando se tem uma solução concentrada, existe uma quantidade relativamente alta de soluto presente no solvente e, quando está diluída, a quantidade de soluto é pequena (Brow et al., 2005). Chang e Goldsby (2013, p. 145) conceituam diluição como “um processo de preparação de soluções menos concentradas a partir de outras mais concentradas em relação ao soluto”.

Conforme Fiorotto (2014), a Concentração Comum de Soluções expõe a massa de soluto presente em um determinado volume de solução, e se utiliza a massa em gramas e o volume em litros. O significado físico para Concentração Comum de Soluções demonstra quantos gramas de soluto existe em cada litro de solução. A equação $C = \frac{m}{V}$, é a representação matemática da Concentração Comum de Soluções, em que m representa a massa do soluto, V representa o volume da solução e C a concentração comum.

No que tange à definição relacionada à conversão em quantidade de matéria, apresentam-se três grandezas: concentração em quantidade de matéria, quantidade de matéria do soluto e litros de solução. Sendo assim, quando se tem o conhecimento de duas dessas três grandezas, é possível calcular a quantidade de matéria em determinado volume. Em decorrência disso, tem-se a Concentração em quantidade de matéria como um fator de conversão entre volume da solução e quantidade de matéria do soluto (Brow et al., 2005).

As situações que envolvem o conteúdo de Concentração Comum de Soluções também podem levar às generalizações matemáticas, possibilitando ao estudante atentar-se às quantidades, relacioná-las e verificar sua variação. Nesse sentido, “as diferentes situações-problema permitem estimular o estudante a olhar criticamente para determinadas situações e, por meio delas, olhar para as quantidades, construir generalizações e relações funcionais” (Mestre & Oliveira, 2014, p. 43).

Considerando os apontamentos relacionados às situações de Concentração Comum de Soluções e o fato de que, para sua resolução, são necessários conceitos pertencentes ao Campo Conceitual Multiplicativo, a Tabela 2 apresenta exemplos de situações classificadas como Proporção Simples, acompanhadas de seus respectivos esquemas sagitais, conforme proposto por Vergnaud (2009).

Tabela 2.

Subclasses de proporção simples e situações de CCS

(P1) Multiplicação um para muitos	**(P2) Cota**
Qual a massa de nafazolina para um frasco de cloridrato de nafazolina (0,25mg/ml) contendo 15 ml? (Lisboa, 2016, p. 17). C = 0,25mg/ml Volume (ml) | Massa (mg) 1 | 0,25 15 | x	Calcule o volume de uma solução que possui 100 g de um sal com concentração de 2g/ml (Santos, 2016, p. 70). C = 2g/ml Volume (ml) | Massa (g) 1 | 2 x | 100
(P4) Quarta proporcional	**(P3) Partição**
O leite é um alimento rico em cálcio. Sabendo que em 200 ml de leite há 335 mg de Cálcio, determine a quantidade de Cálcio ingerida, em mg, por um indivíduo que consome diariamente 600 ml de leite (Lisboa, 2016, p. 22). C = 1,675mg/ml Volume (ml) | Massa (mg) 200 | 335 600 | x	Calcule a concentração de uma solução de medicamento com volume de 20ml, que possui 300mg de diclofenaco de potássio (Lisboa, 2016, p. 22). C = desconhecida Volume (ml) | Massa (mg) 1 | x 20 | 300

Fonte: adaptado de Autor (2021).

As diferentes situações apresentadas na Tabela 2 explicitam que as situações de Concentração Comum de Solução estão associadas ao Campo Conceitual Multiplicativo, pois são classificadas como Proporção Simples, apresentando a variedade de suas quatro subclasses (Vergnaud, 1996).

Os esquemas sagitais da Tabela 2 são distintos, uma vez que a posição da incógnita “x” varia entre eles. Por consequência, os cálculos matemáticos a serem realizados pelos estudantes em busca do valor relacionado à incógnita são diferentes. A interpretação de cada enunciado possibilita, portanto, a mobilização de novos esquemas, relações e formas de raciocínios por parte dos estudantes.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Entre as abordagens qualitativas, tem-se a pesquisa documental, na qual o pesquisador interpreta informações e tendências da fonte primária sob um olhar crítico para promover uma reflexão sobre o tema específico que se pretende analisar (Ludke & André, 1986). Para tanto, é necessária a delimitação prévia dos objetivos do estudo e das informações que se deseja analisar no documento. No caso desta pesquisa, o foco recai sobre situações referentes ao conteúdo de Concentração Comum de Soluções, interpretadas como situações do Campo Conceitual Multiplicativo.

De acordo com Sá-Silva et al. (2009), esse método de pesquisa documental atribui ao pesquisador uma capacidade reflexiva e criativa da forma como ele compreende o problema. Dessa maneira, pode-se interpretar como uma análise qualitativa das fontes. Após a determinação do tema e dos objetivos que se deseja atingir, elencam-se os elementos e/ou dados da análise, neste caso, à luz da Teoria dos Campos Conceituais. Nessa etapa, é exigida a leitura compreensiva do material. Segundo Sá-Silva et al. (2009), a análise de documentos envolve dois momentos: primeiramente, a coleta; e, em seguida, a análise do conteúdo.

Sendo assim, tendo como foco o estudo de situações de Concentração Comum de Soluções, para a presente pesquisa, são utilizados, como fonte documental, os livros didáticos de Química do Ensino Médio brasileiro, aprovados pelo Programa Nacional do Livro e de Material Didático (PNLD)[3] para o ano de 2018, objetivando extrair deles informações necessárias para responder à seguinte questão de pesquisa: Como se caracterizam as situações de Concentração Comum de Solução associadas ao Campo Conceitual Multiplicativo?

ANÁLISES E DISCUSSÕES

[3] Programa conduzido pelo Ministério da Educação do Brasil destinado à avaliação de obras didáticas distribuídas para as escolas públicas do país. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld.

Nesta seção, é apresentada uma análise de duas situações de Concentração Comum de Soluções, as quais são classificadas como Proporção Simples. Autor (2021) identificou que todas as situações envolvendo Concentração Comum de Soluções podem ser interpretadas como constituintes do Campo Conceitual Multiplicativo, pois, para a resolução deste tipo de situação, requer elementos e conceitos inerentes a este campo conceitual.

Desse modo, os enunciados destas situações foram analisados, classificados e interpretados à luz da TCC, considerando aspectos relacionados à classe de Proporção Simples, às representações simbólicas presentes nos enunciados e à variabilidade das classes que aparecem nessas situações. Para fins deste estudo, são apresentadas duas situações com estruturas distintas do ponto de vista da TCC, seguidas de seus respectivos esquemas sagitais e das análises que justificam sua identificação como pertencentes a subclasses distintas do Campo Conceitual Multiplicativo.

A Figura 1 apresenta a situação 1 (S1) que compreende três itens para a resolução e traz as informações no formato de tabela. Esta situação, em cada um de seus itens, permite analisar as classes de Cota, partição e multiplicação um para muitos.

Com base nas relações estabelecidas para a determinação da concentração de soluções, copie o quadro a seguir em seu caderno e complete-o corretamente.

	Fórmula do Soluto	Massa do Soluto(g)	Volume da Solução (L)	Concentração Comum (g/L)
a)	NaOH	80	5	?
b)	C6H12O6	?	5	10
c)	NaNO3	85	?	170

Figura 1. Enunciado da Situação 1 – S1

Fonte: Ciscato et al. (2016, p. 35).

A situação S1 apresenta, em seu contexto, concentração de três substâncias distintas: NaOH (Hidróxido de Sódio), $C_6H_{12}O_6$ (Glicose) e $NaNO_3$ (Nitrato de Sódio). As grandezas envolvidas no item (a) são massa e volume, sendo necessária a resolução por meio da divisão entre o valor da massa pelo valor do volume para encontrar o valor da concentração, envolvendo conceitos da subclasse de partição.

No item (b) de S1, as grandezas apresentadas referem-se ao valor da concentração e do volume, sendo requerido o valor da massa, podendo ser obtido pela multiplicação do valor da concentração pelo valor do volume, envolvendo conceitos que permitem classificar como multiplicação. Já no item (c), são expressos os valores da massa e concentração, solicitando o valor do volume, que pode ser obtido por via da operação de divisão do valor da massa pelo valor da concentração, o que permite classificar como Cota. Considerando as informações do item (a) de S1, pode-se organizar o seguinte esquema sagital:

C=desconhecida Volume (L) → Massa (g) 1 → x 5 → 80	(1)

Para esta situação, a partir da análise horizontal, é possível identificar o valor do operador-função. No entanto, é, ainda, preciso olhar para o escalar 5 que, na mesma grandeza, faz passar o volume de 5 L para 1 L. De modo análogo, quando se observa a grandeza massa e se aplica o mesmo escalar 5, obtem-se $\mathrm{x} = 16\mathrm{g}$. A partir do esquema sagital, tem-se as seguintes relações e cálculos matemáticos:

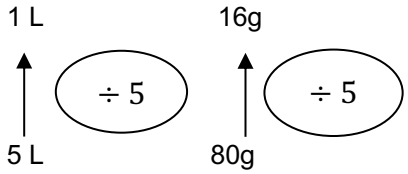
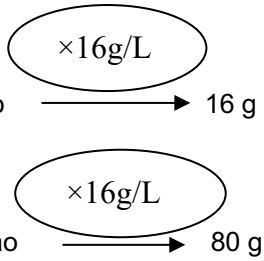
$1\mathrm{L} \rightarrow \mathrm{x}$ $5\mathrm{L} \rightarrow 80\mathrm{g}$	$\mathrm{x} \times 5\mathrm{L} = 80\mathrm{g} \times 1\mathrm{L}$	$\mathrm{x} = \frac{80\mathrm{g} \times 1\mathrm{L}}{5\mathrm{L}}$	$\mathrm{x} = 16\mathrm{g}$	(2)

O item (a) de S1 pode ser classificado como Proporção Simples - Partição. A análise horizontal é mais delicada, pois implica não somente a noção de relação numérica, como também o quociente de dimensões. Logo, busca-se por um operador-função que permita passar de uma grandeza para outra. A saber, passa de volume para Massa, que, na Química, é representado pela concentração. Desse modo, tem-se a seguinte interpretação: se em 1L de solução, tem-se 16g e, em 5L de solução, tem-se 80g; portanto, conclui-se que a constante de proporcionalidade é 16g/L, dada pela expressão: $\frac{80\mathrm{g}}{5\mathrm{L}} = \frac{16\mathrm{g}}{1\mathrm{L}}$, que representa o operador-função.

Assim, nota-se que o volume de 5L possui 80g de massa de NaOH, com uma concentração comum de 16g/L, respondendo à pergunta do enunciado do item (a) de S1. A partir do referido item (a) e dos dados expostos no esquema sagital anterior, é possível, então, analisar os operadores vertical (escalar) e horizontal (operador-função), conforme apresentado na Tabela 3.

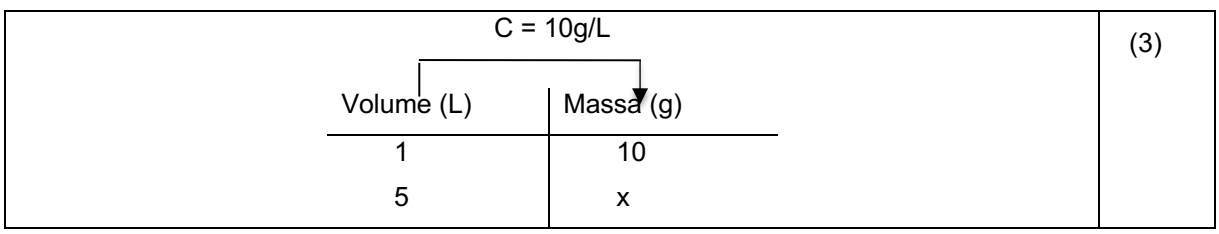
Tabela 3.

Operador vertical e horizontal de S1, item (a)

Operador vertical	Operador horizontal
	
Na primeira coluna (volume) identifica-se o escalar 5, que permite obter 16 g de NaOH em 1 litro de solução.	Sabendo que em 1 L de solução tem 16 g de NaOH, obtemos que o operador-função é dado por C=16 g/L.

Fonte: Adaptado de Zanella (2016).

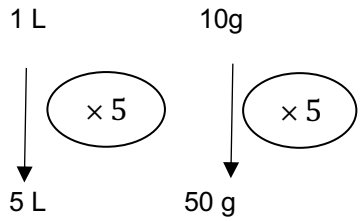
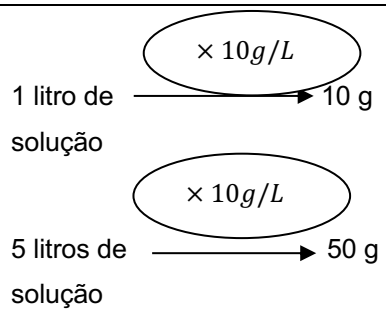
Na relação vertical, realizam-se operações entre as grandezas de mesmo tipo (que estão na mesma coluna) e são estendidas às grandezas do outro tipo (segunda coluna), o que significa usar – na coluna das gramas – a operação que expressa a passagem de 5 para 1 litro da primeira coluna. Já na relação horizontal, diferentemente da relação anterior, os operadores horizontais possuem dimensão, visto que a concentração é expressa em gramas por litro. Considerando as informações da Tabela 3, observa-se o seguinte esquema sagital para o item (b):



O item (b) de S1 pode ser classificado como Multiplicação Um para Muitos. Esta situação precisa da obtenção do valor da massa. A partir do item (b), isto é, do problema e dos dados expostos no esquema sagital anterior, é possível analisar os operadores vertical (escalar) e horizontal (operador-função), conforme apresentado na Tabela 4.

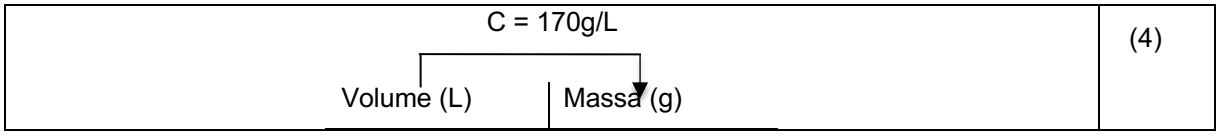
Tabela 4.

Operador vertical e horizontal de S1, item (b)

Operador vertical	Operador horizontal
	
Na primeira coluna (volume) identificamos o escalar 5, que permite obter 50g de $C_6H_12O_6$ em 5 litros de solução.	Sabendo que em 1 L de solução tem-se 10 g de $C_6H_{12}O_6$, obtemos que o operador-função é dado por C=10g/L.

Fonte: Adaptado de Zanella (2016).

Na relação vertical, o foco deve ser dado para as grandezas de mesmo tipo (que estão na mesma coluna) e são estendidas às grandezas do outro tipo (segunda coluna). De acordo com a Figura 5, para determinar o valor de x gramas, realiza-se a multiplicação de 5 pelo operador (x5). Em outras palavras, aplica-se, na coluna das gramas, a operação que expressa a passagem de 1 para 5 litros da primeira coluna; ao passo que, na relação horizontal, os operadores horizontais possuem dimensão, visto que a concentração é expressa em gramas por litro, isto é, 10g/L. Considerando as informações do item (c) de S1, analisa-se o seguinte esquema sagital.

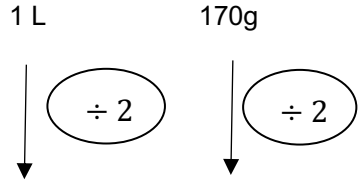
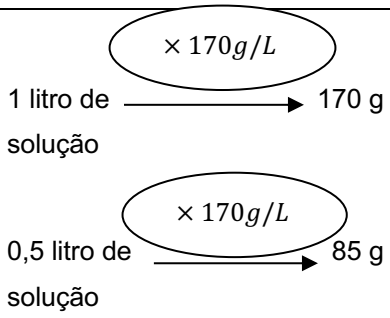


1	170	
x	85	

No que tange ao item (c) de S1, ele pode ser classificado como Cota. A partir dos dados compreendidos no esquema sagital anterior, analisa-se os operadores vertical (escalar) e horizontal (operador-função) de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5.

Operador vertical e horizontal de S1, item (c)

Operador vertical	**Operador horizontal**
	
Na segunda coluna (massa) identificamos o escalar 2, que permite obter 0,5 L de solução com 85 g de NaNO3.	Sabendo que em 1 L de solução tem-se 170 g de NaNO3, obtemos que o operador-função é dado por C=170g/L.

Fonte: Adaptado de Zanella (2016).

No operador vertical, apresentam-se grandezas de mesmo tipo (que estão na mesma coluna) e são estendidas às grandezas do outro tipo (segunda coluna). Ao observar a Figura 7, que busca determinar o valor de x litros, foi realizada a divisão de 170 pelo operador (÷2). Explicando de outra forma, foi aplicada, na coluna das gramas, a operação que expressa a passagem de 1 para 0,5 litros da primeira coluna. No operador horizontal, as dimensões são diferentes, já que a concentração é expressa em gramas por litro, logo, 170g/L.

O enunciado é apresentado em língua natural, mostrado como Concentração Comum de Solução, em que há o valor de 1,5 g de fluoreto dissolvido em 1000L de solução. Assim, destaca-se a presença de números naturais, decimais e potência para

expressar os valores numéricos. A situação S2 apresenta, em seu contexto, a concentração de cálcio no leite:

> O leite é um alimento rico em cálcio (Ca). Sabendo que em 200ml de leite há 335 mg de Ca, determine a quantidade de Ca ingerida, em mg, por um indivíduo que consome diariamente 300ml de leite e calcule a concentração de Ca no leite em g/L. (Lisboa, 2016, p. 22).

Logo, as grandezas envolvidas no problema são Concentração e Volume e relaciona ideias das subclasses de Partição e Quarta proporcional. No que diz respeito ao esquema sagital para a situação da quantidade de cálcio, sendo a Razão dada por 1,7 tem-se:

Razão=1,7mg/mL

Volume (mL)	Massa (mg)
200	335
300	*x*

(5)

Nota-se, no esquema sagital, que a razão foi calculada pela divisão do valor da massa pelo valor do volume ($335 \div 200 = 1{,}675$), trata-se da Concentração Comum de Solução. A partir desse esquema sagital, tem-se as seguintes relações e cálculos matemáticos:

$200\text{mL} \rightarrow 335\text{mg}$
$300\text{mL} \rightarrow \text{x}$

$\text{x} \times 200\text{mL} = 300\text{mL} \times 335\text{mg}$

$\text{x} = \frac{300\text{mL} \times 335\text{mg}}{200\text{mL}}$

$\text{x} = 502{,}5\text{mg}$

(6)

Desse modo, observa-se que 502,5mg é a massa de Cálcio que um indivíduo vai ingerir ao tomar 300mL de leite, respondendo ao primeiro questionamento da situação (determine a quantidade de Ca ingerida, em mg, por um indivíduo que consome diariamente 300ml de leite).

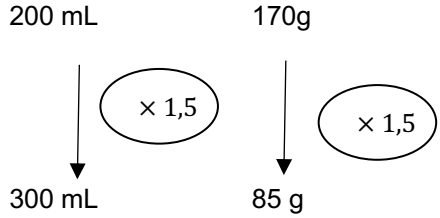
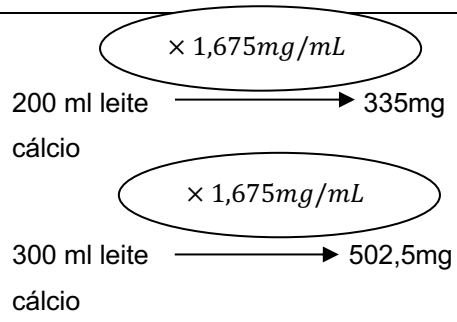
No operador vertical, são realizadas operações entre as grandezas de mesmo tipo (que estão na mesma coluna) e são estendidas às grandezas distintas (segunda coluna). Para determinar o valor da massa em 300mL, foi feita a multiplicação de 335 pelo operador (x1,5); logo foi aplicada, na coluna das massas, a operação que

expressa a passagem de 200 para 300 ml da primeira coluna. Os operadores verticais não possuem dimensão: são escalares.

O operador horizontal possui dimensão que, segundo Vergnaud (2009, p. 203), "são funções que expressam a relação entre medidas de categorias diferentes". Tal fato conduz à utilização da relação verbal mg por mL, como pode-se observar na Tabela 6, na qual, para determinar o valor da massa de Cálcio em 300mL de leite, aplica-se a função (x1,675 por mL) à quantidade de 300mL.

Tabela 6.

Operador vertical e horizontal de S2, item (c)

Operador vertical	Operador horizontal
	
Na primeira coluna (volume) identificamos o escalar 1,5, que permite identificar o valor da massa, obtendo 502,5mg de Cálcio para um volume de 300mL de leite.	Sabendo que para um volume de 200mL de leite tem-se 335mg de Cálcio e em 300mL de leite, tem-se 502,5mg de Cálcio, obtendo o operador-função dado por 1,675mg de Cálcio por mL de leite.

Fonte: Adaptado de Zanella (2016).

Os valores da unidade ou taxa não são explicitados no enunciado e, portanto, é classificado como Proporção Simples Quarta Proporcional. Neste tipo de problema, existe a possiblidade de utilização da propriedade linear de proporcionalidade, calculando a razão entre as grandezas de medidas da massa e do volume. Essa situação pode ser resolvida pela regra de três e aplicação de uma propriedade das proporcionalidades: o produto dos meios é igual ao produto dos extremos.

Em relação à concentração de Ca no leite em g/L, o valor da concentração é solicitado em g/L do Cálcio no leite. Como já se sabe que 200mL é igual a 0,2L e que 335mg equivalem a 0,335g, é determinado, então, o valor da concentração, dividindo

o valor da massa do soluto pelo volume da solução. Desse modo, o esquema sagital para a segunda parte do problema é o seguinte:

C=desconhecida Volume (L) → Massa (g) 1 → x 0,2 → 0,335	(7)

Para essa situação, a partir da análise horizontal, identifica-se o valor do operador-função, portanto, da Concentração Comum de Soluções. Entretanto, fundamentalmente, é preciso olhar para o escalar 5 que, na mesma grandeza, faz passar o volume de 0,2L para 1 L. De modo equivalente, quando se observa a grandeza massa e aplica-se o mesmo escalar 5, obtêm-se $x = 1{,}675g$. A partir do esquema sagital, tem-se as seguintes relações e cálculos matemáticos:

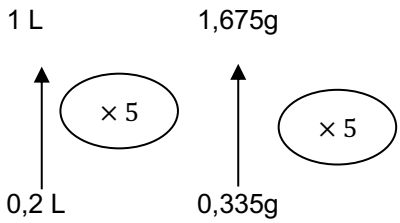
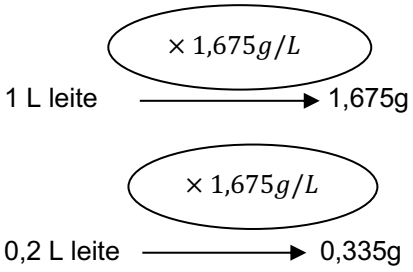
$1L \rightarrow x\ g$ $0{,}2L \rightarrow 0{,}335g$	$x \times 0{,}2L = 0{,}335g \times 1L$	$x = \frac{0{,}335g \times 1L}{0{,}2L}$	$x = 1{,}675g$	(8)

Nesta situação, para o operador horizontal, tem-se a seguinte interpretação: se, em 1 L de leite, tem-se 1,675 g de Cálcio e, em 0,2L de leite, tem-se 0,335 g, a constante de proporcionalidade obtida é 1,675g/L, conforme Tabela 7.

Tabela 7.

Operador vertical e horizontal de S2

Operador vertical	Operador horizontal

	
Na primeira coluna (volume) identificamos o escalar 5, que permite obter 1,675 g de Cálcio em 1L de leite.	Sabendo que em 1L de leite tem-se 1,675 g de Cálcio, obtemos que o operador-função é dado por C=1,675 g/L.

Fonte: Adaptado de Zanella (2016).

A situação visa identificar a taxa que relaciona a medida da massa com a medida de volume, que, em termos numéricos, corresponde ao valor de cada unidade. No caso, há a quantidade de massa (em g de Cálcio) para 1 L de leite. Em vista disso, a resolução dessa situação pode ser realizada de acordo com o sistema sagital apresentado. Como foi solicitado o valor da concentração, a resolução é feita pela razão entre a massa e o volume.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização desta pesquisa mostra que as situações químicas relativas ao conceito de Concentração Comum de Soluções podem ser analisadas e classificadas com base nas relações matemáticas e nas classes de situações do Campo Conceitual Multiplicativo. Especificamente, o presente estudo revela que tais situações são do tipo Proporção Simples e admitem quatro subclasses: multiplicação um para muitos, partição, cota e quarta proporcional.

Em um Campo Conceitual, existe grande variedade de situações, e os conhecimentos dos estudantes são aprimorados por meio das situações que vão vivenciando e, gradativamente, dominando. Dessa forma, são as situações que dão sentido aos conceitos (Vergnaud, 2009).

Com base em Vergnaud (1990; 2009), o pressuposto deste estudo é que se faz necessário oportunizar uma variedade de situações de Concentração Comum de

Soluções no contexto escolar, de modo a favorecer a ampliação e o desenvolvimento de novos esquemas pelos estudantes, associados a este conceito químico.

As diferentes situações de Concentração Comum de Soluções analisadas nesta pesquisa mostram sua articulação com diferentes ideias e conceitos matemáticos essenciais para a sua resolução, tais como: operações de multiplicação, divisão, números naturais, decimais, racionais, unidades de medida de massa e capacidade, funções, volume, conversão de unidades de medida etc.; diferentes representações simbólicas que permitem representar os conceitos e esquemas de resolução, dentre as quais estão as representações numérica, algébrica, tabular, gráfica.

Os resultados desta pesquisa indicam que as implicações didáticas para o ensino de Matemática e Química, com foco nos contextos escolares, ressignificam a necessidade de contextualização das situações e do uso da variedade de problemas como ferramentas para dar sentido aos conceitos.

Assim, o conceito de Concentração Comum de Soluções (CCS) na Química é uma oportunidade para aproximar o estudo de conceitos matemáticos e químicos do cotidiano dos estudantes, o que remete à necessidade de contextualização e conexão com o cotidiano. Embora materiais didáticos abordem o conceito de CCS frequentemente com ênfase em cálculos e aplicação de fórmulas, com raras relações com a vida cotidiana, este estudo indica que essas situações podem e devem ser contextualizadas, com uso de temas reais. O professor pode utilizar temas do dia a dia dos estudantes, como a composição de alimentos, bebidas, produtos de limpeza e medicamentos, para contextualizar as situações de CCS. Ao proporcionar uma variedade de situações de CCS no contexto escolar, possibilita-se a ampliação e o desenvolvimento de novos esquemas pelos estudantes.

Pesquisas, como as de Scott (2012), apontam que as dificuldades dos estudantes em resolver situações de Química, a exemplo das CCS, estão associadas à falta de compreensão de ideias e operações matemáticas. Na mesma direção, os resultados deste artigo apresentam indicativos da importância da Matemática para a Química. Didaticamente, o professor de Química deve estar ciente de que a resolução dessas situações requer um rol de conceitos matemáticos: (i) habilidades matemáticas essenciais, como o domínio das operações de multiplicação, divisão, e conceitos

como fração, proporção, conversão de números decimais e de unidades de medida; (ii) generalização e relações funcionais, de modo que as diferentes situações-problema permitam estimular o estudante a olhar criticamente para as quantidades, construindo generalizações e relações funcionais.

Analogamente, a relevância da Química para a Matemática se identifica na medida em que a Química oferece um campo de aplicação real para conceitos matemáticos que, muitas vezes, são ensinados de forma descontextualizada. As situações de CCS, especialmente aquelas com contextos do cotidiano, podem ser propostas em sala de aula de Matemática, permitindo que aos estudantes a apropriação e a aplicabilidade de conceitos matemáticos associados ao Campo Conceitual Multiplicativo. Além disso, a multiplicação não deve ser apresentada somente como uma soma de parcelas iguais, mas como uma operação que abrange ideias relacionadas à proporcionalidade, à divisão, à combinatória e à organização retangular.

É fundamental, nesse sentido, que o professor tenha conhecimento das diferentes classificações de situações de CCS e considere, em seu planejamento, a variedade de situações a serem propostas aos estudantes. A TCC oferece ao professor um olhar específico para a seleção e organização das situações, permitindo um planejamento mais intencional com base em três aspectos principais: (i) variedade de estruturas: as situações de CCS são classificadas como Proporção Simples e se manifestam em quatro subclasses distintas (multiplicação um para muitos, partição, cota e quarta proporcional); (ii) raciocínios distintos: as diferentes subclasses de Proporção Simples (com a incógnita em posições distintas nos esquemas sagitais) exigem cálculos matemáticos e raciocínios diferentes por parte dos estudantes para sua resolução. Ao variar as subclasses propostas, o professor estimula a ampliação do repertório de esquemas, símbolos e conceitos matemáticos dos alunos; (iii) representações múltiplas: as situações analisadas articulam-se com diferentes representações simbólicas (como numérica, algébrica, tabular e gráfica) que devem ser exploradas em aula para representar os conceitos e esquemas de resolução.

Assim, a utilização de situações de CCS, em ambos os currículos, tanto em Química quanto em Matemática, funciona como uma ponte curricular, garantindo que

o aprendizado do Campo Conceitual Multiplicativo seja robusto, contextualizado e aplicável à realidade prática dos estudantes.

Em suma, a investigação aqui relatada evidencia as conexões entre Química e Matemática, assentes na teoria dos Campos Conceituais. Com isso, revela a importância da disciplina de Matemática para a Química, uma vez que para situações de Concentração Comum de Soluções elencou-se um rol de ideias, representações e conceitos matemáticos necessários para a sua resolução. Ademais, a classificação de tais situações é possível a partir do Campo Conceitual Multiplicativo, que tem origem nas relações matemáticas envolvendo as operações de multiplicação e divisão.

Para além da importância da Matemática para a Química, fica evidente a relevância da Química para a Matemática. A partir desta investigação, nota-se que situações de Concentração Comum de Soluções, ancoradas em contextos do cotidiano dos estudantes, podem ser incorporadas às aulas de Matemática, oportunizando a apropriação e a aplicabilidade dos conceitos trabalhados nessa disciplina – especialmente aqueles associados ao Campo Conceitual Multiplicativo – que, muitas vezes, são apresentados sem contextualização ou conexão direta com a realidade dos alunos.

REFERÊNCIAS

Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base nacional comum curricular: Educação*. Recuperado em 10 de dezembro de 2025, de https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal.pdf.

Brown, L. T., LeMay, H. E., Bursten, B. E., & Burdge, J. R. (2005). *Química*: A ciência central (9a ed.). São Paulo: Pretice-Hall.

Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química* (11a ed.). Porto Alegre: McGraw Hill Bokman.

Cieslak, A. M. (2021). *Problemas de concentração comum de soluções em livros didáticos de química:* um estudo à luz da teoria dos campos conceituais (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Educação Matemática, Universidade Estadual do Paraná, União da Vitória, Paraná, BR.

Ciscato, C. A. M., et al. (2016). *Química 2:* Ensino Médio. São Paulo: Moderna.

Echevería, A. R. (1996). *Como os estudantes concebem a formação de soluções* (Química Nova na Escola, nº 3). Sociedade Brasileira de Química.

Fiorotto, N. R. (2014). *Físico química*: Propriedades da matéria, composição e transformações. São Paulo: Editora Érica.

Gunstone, R. F., & Champagne, A. B. (1990). Promoting conceptual change in the laboratory. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The student laboratory and the science curriculum* (pp. 159–182). London: Routledge.

Lisboa, J. C. F. (2016). *Ser protagonista*: Química, 2º ano do ensino médio (3a ed.). São Paulo: Edições SM.

Lüdke, M., & André, M. E. D. A. (1986). *Pesquisa em educação:* abordagens qualitativas. São Paulo: EPU.

Mestre, C., & Oliveira, H. (2014). A construção coletiva da generalização num contexto de ensino exploratório com alunos do 4.º ano. In J. P. da Ponte (Org.), *Práticas Profissionais dos Professores de Matemática* (Vol. 1, pp. 283-309). Lisboa: Edição Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Mortimer, E. F., & Machado, A. H. (2016). *Química*: Ensino médio (3a ed.). São Paulo: Scipione.

Niezer, T. M., Foggiatto, R. M. C., & Sauer, E. (2016). Ensino de soluções químicas por meio do enfoque ciência-tecnologia-sociedade. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), 428-449. Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen15/REEC_15_3_7_ex921.pdf

Santos, W. L. P. (2016). *Química Cidadã*: ensino médio, 2ª série (3a ed.). São Paulo: Editora AJS.

Sá-Silva, J. R., Almeida, C. D., & Guindani, J. F. (2009). Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. *Revista Brasileira de História & Ciências Sociais*, (1), 1-15. Recuperado de https://periodicos.furg.br/rbhcs/article/view/10351

Scott, F. J. (2012). Is mathematics to blame? An investigation into high school students' difficulty in performing calculations in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 330-336.
DOI :10.1039/c2rp00001f

Vergnaud, G. (1990). La teoría de los campos conceptuales. *Recherches en Didáctique des Mathématiques*, 10.

Vergnaud, G. (1996). A teoria dos campos conceituais. In J. Brun (Ed.), *Didáctica das Matemáticas*. (M. J. Figueiredo, Trad., pp. 155-193). Lisboa: Instituto Piaget.

Vergnaud, G. (2009). *A criança, a matemática e a realidade*: problemas do ensino de matemática na escola elementar (M. L. F. Moro, Trad.). Curitiba: Editora da UFPR.

Zanella, M. S. (2016). *Tarefas de Modelagem Matemática nos anos iniciais do Ensino Fundamental:* um estudo com estudantes alemães e brasileiros (Tese de doutorado). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil.