

CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DOS TÓPICOS DA QUÍMICA (KoTC) NO CONTEXTO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

SPECIALIZED KNOWLEDGE OF CHEMISTRY TOPICS (KoTC) IN THE CONTEXT OF TEACHING AND LEARNING

Susel Taís Soares*

Leandro Carbo**

Marcel Thiago Damasceno Ribeiro***

RESUMO

Nos últimos anos, a proposta de modelos educacionais tem sido amplamente estudada, com destaque particular para a área da Matemática. Esta área possui um modelo teórico específico chamado Conhecimento Especializado de Professores de Matemática (MTSK), que descreve o conjunto de conhecimentos matemáticos necessários para o ensino e aprendizagem de conteúdos matemáticos. Embora a Matemática tenha sido pioneira na criação de um modelo de Conhecimento Especializado de Professores, outras áreas das ciências naturais têm desenvolvido seus próprios modelos. Somente em 2018, a Física apresentou um modelo teórico baseado no MTSK. Já em 2019, propusemos um modelo teórico para a área da Química, por meio da pesquisa que resultou na dissertação de mestrado intitulada “Conhecimento Especializado de Professores de Química – CTSK: Proposta de Modelo Teórico”, também inspirado no MTSK, com o objetivo de diminuir a desconexão entre o conhecimento científico e o pedagógico, permitindo que os docentes aprimorem seus conhecimentos para o ensino da Química e, assim, contribuam para os processos de ensino e aprendizagem. Esta pesquisa seguiu a mesma metodologia utilizada na Física, adaptando o MTSK para criar o modelo Conhecimento Especializado de Professores de Química (CTSK). Os dados foram obtidos por meio de episódios de ensino, utilizando temas como agrotóxicos e medicamentos, buscando identificar falhas ou inadequações provenientes da transposição. Os resultados permitiram identificar sete categorias no subdomínio “Conhecimento dos Tópicos da Química – KoTC”, que é um dos componentes do modelo CTSK.

Palavras-chave: Ensino de Química. Tópicos de Química. CTSK. KoTC.

ABSTRACT

In recent years, the proposal for educational models has been widely studied, with particular emphasis on the area of Mathematics. This area has a specific theoretical model called Mathematics Teachers'

* Doutoranda em Educação (PPGE/UFMT). Professora EBTT do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: susel.soares@ifmt.edu.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4681-968X>

** Doutor em Química (UNESP). Professor EBTT do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Campo Verde, Mato Grosso, Brasil. E-mail: leandro.carbo@ifmt.edu.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5514-7040>

*** Pós-doutor em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM/UFG). Docente da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: marcel.ribeiro@ufmt.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6404-2232>



Specialized Knowledge (MTSK), which describes the set of mathematical knowledge necessary for teaching and learning mathematical content. Although Mathematics was a pioneer in creating a model of Specialized Knowledge for Teachers, other areas of natural sciences have developed their own models. Only in 2018, Physics presented a theoretical model based on MTSK. In 2019, we proposed a theoretical model for the area of Chemistry, through research that resulted in the master's thesis entitled "Specialized Knowledge of Chemistry Teachers – CTSK: Theoretical Model Proposal", also inspired by MTSK, with the aim of reduce the disconnect between scientific and pedagogical knowledge, allowing teachers to improve their knowledge for teaching Chemistry and, thus, contribute to the teaching and learning processes. This research followed the same methodology used in Physics, adapting MTSK to create the Chemistry Teachers' Specialized Knowledge (CTSK) model. The data were obtained through teaching episodes, using topics such as pesticides and medicines, seeking to identify flaws or inadequacies arising from the transposition. The results allowed us to identify seven categories in the subdomain "Knowledge of Chemistry Topics – KoTC", which is one of the components of the CTSK model.

Keywords: Chemistry Teaching. Chemistry Topics. CTSK. KoTC.

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No contexto educacional, são fundamentais dois personagens principais: o professor e o estudante. O professor assume papéis cruciais como mediador, orientador, motivador e facilitador, sendo responsável por planejar a aplicação dos conteúdos de sua disciplina em sala de aula. Por sua vez, o estudante desempenha o papel de investigar, confrontar, explorar e ampliar seus conhecimentos (PETRUCCI; SCHNETZLER, 1998).

Dessa maneira, na busca por entender a evolução em direção à profissionalização do ensino e à formação docente, diversos pesquisadores, tanto internacionalmente quanto nacionalmente, como Shulman (1986, 1987), Nóvoa (1992), Schön (1992), Gonçalves e Gonçalves (1998), Gonçalves (2000), Tardif e Lessard (2009), Pimenta (2012), Tardif (2012), Gauthier *et al.*, (2013), Ribeiro (2016), Ribeiro e Gonçalves (2019), entre outros, têm dedicado seus estudos à formação de professores. Eles exploram os diferentes saberes que compõem a prática profissional, buscando renovar os fundamentos epistemológicos da profissão docente, discutindo a prática educacional e focando no professor como um indivíduo investigativo, reflexivo, político, dialógico e intelectual (RIBEIRO; GONÇALVES, 2018).

Partindo da premissa de que há um corpo de conhecimento específico para o ensino, vários pesquisadores têm se dedicado à sistematização e investigação dos saberes docentes. As pesquisas sobre saberes docentes começaram internacionalmente na década de 1980 e, no Brasil, as discussões emergiram a partir dos anos 1990, notavelmente com o artigo de Tardif e

colaboradores (Os professores face ao saber: esboço de uma problemática dos saberes docentes, em 1991), publicado na revista Teoria & Educação.

Ao fazer uma breve retrospectiva da evolução educacional nas últimas quatro décadas, com o objetivo de conectar conhecimentos disciplinares e pedagógicos, destaca-se o renomado autor norte-americano Lee Shulman. Internacionalmente reconhecido nas discussões sobre os conhecimentos dos professores, Shulman, em suas pesquisas de 1986 e 1987, enfatizou o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (Pedagogical Content Knowledge - PCK), considerado por ele como o conhecimento profissional essencial dos docentes. A sigla em inglês, amplamente utilizada na literatura, é sinônimo do próprio conceito de PCK. De acordo com dados de ferramentas acadêmicas, este conceito tem sido amplamente citado por pesquisadores e contribuiu significativamente para a evolução da pesquisa educacional, especialmente na área de Matemática (GOES, 2014).

Santos e Ribeiro (2021) destacam que Shulman, em sua obra, enfatiza a importância do Conhecimento do Conteúdo Específico entre os saberes que um professor deve possuir. Como pesquisador do programa Knowledge Base, Shulman investigou o que os professores sabem sobre os conteúdos que ensinam, as fontes desses conhecimentos, como constroem uma base sólida para sua prática profissional e refletiu sobre a prática pedagógica numa perspectiva que integra conhecimentos de conteúdo e de ensino.

Fernandez (2015), apoiando-se nos estudos de Shulman (1986, 1987), argumenta que a maior competência de um professor reside em sua disciplina, pois todo docente é especialista em uma área específica, o que se evidencia particularmente no conceito de PCK.

Nesse sentido, os modelos que investigam a interação entre professor e aluno são frequentemente alvo de pesquisas, aprimoramentos e propostas específicas. Um exemplo disso é o modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Química (Chemistry Teachers' Specialized Knowledge - CTSK) de Soares (2019), que define os conhecimentos essenciais para o ensino de Química. Este modelo é uma adaptação do Conhecimento Especializado de Professores de Matemática (MTSK) de Carrillo *et al.*, (2014), que se baseia no Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) de Shulman (1986) e no aprimoramento do Conhecimento Matemático para o Ensino (MKT) de Ball, Thames e Phelps (2008).

O CTSK de Soares (2019) enfatiza a importância de um ensino de Química que transcenda o conteúdo específico, integrando-o com as exigências didáticas, o que é essencial



para o processo educacional. Utilizando o Relatório da Experiência Profissional Pedagógica (PaP-eR) de Loughran *et al.*, (2001), o modelo CTSK identifica os conhecimentos especializados que os professores de Química precisam ter para abordar os tópicos específicos do currículo.

Vale destacar que o ensino de Química enfrenta desafios semelhantes aos de outros setores educacionais. Segundo Quadros *et al.*, (2011), a complexidade da disciplina e a formação inadequada dos professores, caracterizada pela separação entre o conhecimento químico e o pedagógico, são questões frequentemente mencionadas por diversos autores (LOPES, 1997; RIBEIRO, 2016; RIBEIRO; GONÇALVES, 2019).

Portanto, este artigo examina os resultados de uma pesquisa sobre a proposta do subdomínio Conhecimento dos Tópicos da Química (Knowledge of Topics of Chemistry – KoTC).

2 CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE QUÍMICA

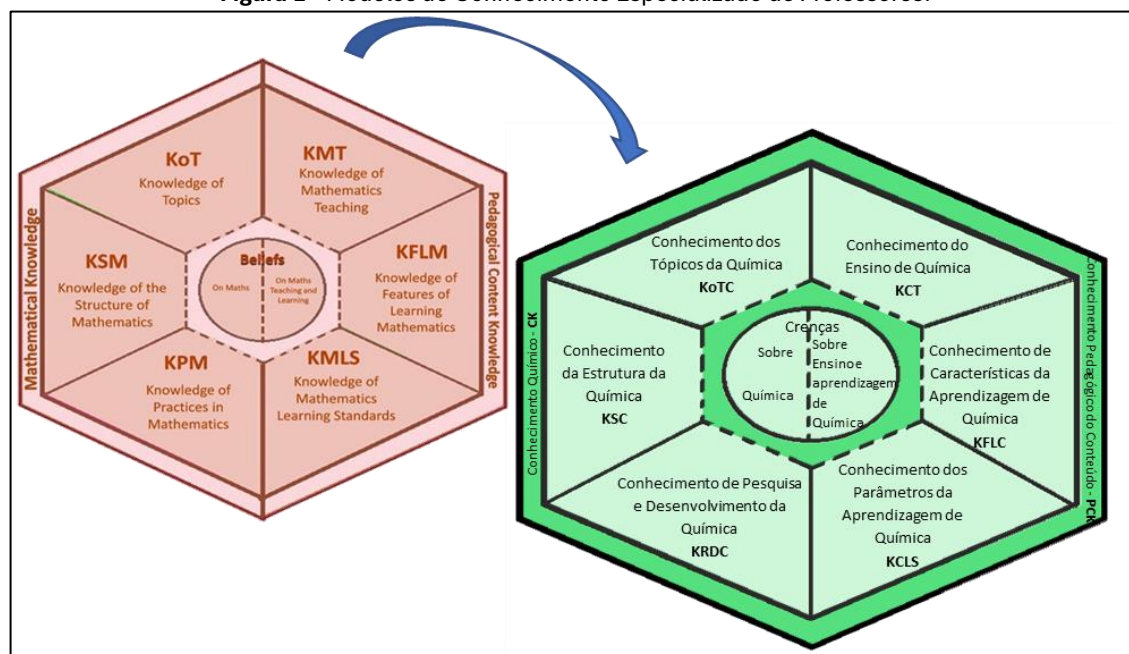
Nos últimos anos, o modelo teórico do Conhecimento Especializado de Professores de Matemática de Carrillo *et al.*, (2014, 2018) tem servido como base para estudos em várias áreas. Inicialmente, foi transposto para a área de Biologia por Luís *et al.*, (2015), Luís, Carrillo e Monteiro (2019), Marques e Moriel Junior (2019), Marques (2020), Silva *et al.*, (2020), Luís e Carrillo (2020), Marques e Moriel Junior (2020), Carneiro (2020), Dahmer (2020), Luís, Carrillo e Rocha (2021), e Marques *et al.*, (2021). Na Física, foi utilizado por Lima (2018) e Lima *et al.*, (2019). Na Química, o modelo foi adotado por Soares (2019), Soares *et al.*, (2019, 2020), Martins, Carbo e Soares (2021), Floriano (2021), e Martins (2021), que é o foco deste estudo. Mais recentemente, começou a ser aplicado na área de Língua Portuguesa por Moreira, Silva e Evangelista (2020).

O MTSK apresenta um formato hexagonal e é dividido em três domínios: Conhecimento Matemático (MK), que inclui três subdomínios - Conhecimento dos Tópicos (KoT), Conhecimento da Estrutura da Matemática (KSM) e Conhecimento da Prática Matemática (KPM); Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), também com três subdomínios - Conhecimento do Ensino de Matemática (KMT), Conhecimento das Características de Aprendizagem de Matemática (KFLM) e Conhecimento dos Parâmetros da Aprendizagem de Matemática (KMLS); e as Crenças, que ocupam o centro do modelo, permeando os conhecimentos nos outros dois domínios e incluindo crenças sobre Matemática, ensino e

aprendizagem de Matemática. Os subdomínios do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo e do Conhecimento Matemático estão subdivididos em categorias (CARRILLO *et al.*, 2018).

Para a adaptação do modelo para a Química, decidiu-se manter o padrão de nomenclatura das siglas em inglês, como no MTSK, bem como o formato hexagonal, com dois domínios e seis subdomínios, além das crenças que permeiam os conhecimentos de ambos os domínios, conforme ilustrado na figura 1.

Figura 1 – Modelos de Conhecimento Especializado de Professores.



Fonte: Carrillo *et al.*, (2018, p. 6); Soares (2019, p. 77) – adaptação dos autores.

No domínio do Conhecimento da Química (CK), estão delineados os seguintes subdomínios: (i) Conhecimento dos Tópicos da Química (KoTC), que engloba modelos químicos, teorias, leis, conceitos, definições, fundamentos, fórmulas químicas, gráficos, representações, aplicações, experimentação, conhecimento interdisciplinar e história da Química; (ii) Conhecimento da Estrutura da Química (KSC), que trata da estrutura da Química e suas interligações, conectando diversos conceitos. Este subdomínio aborda a relação entre os conhecimentos transmitidos e aqueles que serão ensinados, podendo essas conexões ocorrerem por meio de complexidade, simplificação, conexão transversal, conexão auxiliar, conexão experimental, aplicabilidade e representação; (iii) Conhecimento de Pesquisa e Desenvolvimento da Química (KRDC), que se dedica aos conhecimentos relacionados ao



desenvolvimento investigativo da Química para gerar novos saberes na Química pura. Esse subdomínio inclui deduções químicas, o desenvolvimento de metodologias teóricas/experimentais na Química pura, pesquisa investigativa e desenvolvimento argumentativo com exemplos e contraexemplos, tanto teóricos quanto experimentais, pesquisa relacionada ao levantamento de hipóteses, e o desenvolvimento de processos (SOARES, 2019).

Alguns estudos na literatura têm explorado diferentes termos para descrever o conhecimento pedagógico, como conhecimento didático do conteúdo, conhecimento pedagógico e tecnológico do conteúdo, e conhecimento pedagógico do conteúdo. No entanto, neste trabalho, focamos no Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), que é dividido nos seguintes subdomínios:

(i) Conhecimento do Ensino de Química (KCT), que analisa como os professores utilizam recursos materiais, laboratoriais e virtuais, como a tabela periódica, modelos moleculares 3D, vidrarias e equipamentos como pHmetro, capela e estufa, além de softwares desenvolvidos para Química ou outros aplicativos, internet e vídeos, para potencializar o processo de aprendizagem.

(ii) Conhecimento das Características de Aprendizagem da Química (KFLC), que estuda como os alunos assimilam conteúdos químicos, considerando erros, dificuldades e a importância de focar no conteúdo como objeto de aprendizagem, independentemente das particularidades individuais dos estudantes. Este subdomínio também explora o interesse e as expectativas dos alunos em áreas específicas da Química, identificando fatores que facilitam ou dificultam o aprendizado.

(iii) Conhecimento dos Parâmetros da Aprendizagem de Química (KCLS), que aborda os parâmetros curriculares, a sequência dos conteúdos conforme o nível escolar e a interdisciplinaridade da Química, considerando as expectativas dos professores em relação ao ensino em diferentes etapas educacionais e as metas para o desenvolvimento dos conteúdos químicos específicos.

3 TRILHA METODOLÓGICA

A pesquisa foi de natureza qualitativa devido à adesão a três dos cinco critérios delineados por Bogdan e Biklen (1994): investigação qualitativa descritiva, ênfase no processo de formação do Conhecimento Especializado dos professores de Química, e análise de dados

de forma indutiva, exploratória e descritiva (Gil, 2002). Este estudo representa um tema inexplorado na área da Química, buscando descrever o processo que define os Conhecimentos Especializados que os professores de Química possuem ou deveriam ter sobre os tópicos do componente curricular.

Os dados foram coletados através da seleção de episódios de ensino documentados no Relatório da Experiência Profissional Pedagógica (Pedagogical and Professional-experience Repertoire – PaP-eR), que registra situações reais de ensino de conteúdos específicos (LOUGHRAN *et al.*, 2001). Essa ferramenta já foi empregada por pesquisadores em estudos semelhantes, como observado em Candela (2018), Lima (2018), Soares (2019), entre outros. Além disso, foram realizadas buscas aleatórias de exemplos teóricos em livros didáticos recomendados para o Ensino Médio. A análise dos resultados foi conduzida por meio de interpretação e análises sistemáticas, fundamentadas nos princípios de Bardin (1995).

4 ANÁLISE E RESULTADOS

Os episódios de ensino selecionados foram: o PaP-eR 1, intitulado “Agrotóxicos: uma Temática para o Ensino de Química”, abordando substâncias, misturas, tabela periódica, noção de Química ambiental, funções químicas, soluções, estudo do carbono e funções orgânicas; e o PaP-eR 2, que explorou “Uma Abordagem Diferenciada para o Ensino de Funções Orgânicas através da Temática Medicamentos”.

Ambos os episódios de ensino apresentaram 05 conhecimentos no PaP-eR 1 e 50 no PaP-eR 2 pertencentes ao subdomínio “Conhecimentos dos Tópicos da Química – KoTC”. O livro didático selecionado, dos autores Tito e Canto, foi escolhido entre os recomendados para o ensino médio por abranger Química geral e inorgânica, Físico-química e Orgânica em um único volume.

Após análises sistemáticas para caracterizar os conhecimentos especializados nos PaP-eRs, foram atribuídas até três palavras-chave para cada conhecimento identificado. Essas palavras-chave foram usadas para definir descritores visando categorizações futuras, além de permitir a análise das nomenclaturas e descrições emergentes das categorias. No total, foram atribuídas 25 palavras-chave diferentes aos “Conhecimentos dos Tópicos da Química”. O



Quadro 1 apresenta as palavras-chave referentes a este subdomínio e indica quantas vezes cada uma delas foi associada aos trechos de conhecimento identificados.

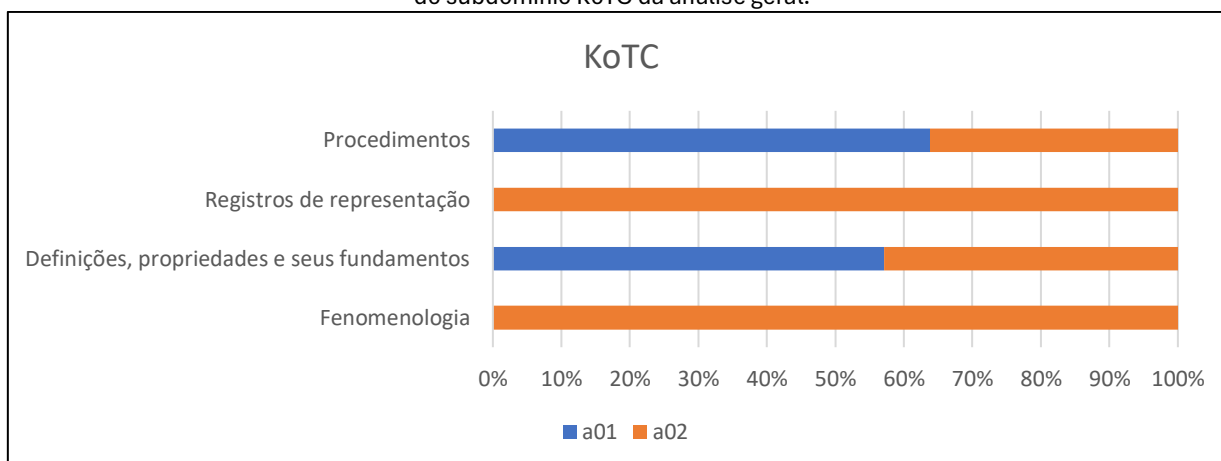
Quadro 1 – Palavras-chave atribuídas ao Conhecimento dos Tópicos da Química.

Palavras-chave	PaP-eR 1	PaP-eR 2
Abordagem das áreas de abrangência da Química		1
Aplicação da teoria	1	10
Aplicação laboratorial		3
Aplicação química	2	9
Área de abrangência		2
Conhecimento laboratorial		7
Conhecimento popular		3
Definição de conceitos	2	6
História da química		4
Interação química teórica – laboratorial		1
Interdisciplinaridade	1	1
Mecanismos		1
Nomenclatura		1
Procedimento laboratorial		1
Procedimento teórico		1
Reação química		1
Representação da estrutura química		5
Representação de elementos químicos		3
Representação de reações químicas		4
Representação do grupo funcional		1
Representação molecular		1
Soluções pré-estabelecidas para determinadas reações		2
Técnicas laboratoriais		1
Teoria química		5
Teoria x representação		1

Fonte: Soares (2019, p. 60).

Após identificar as palavras-chave, o passo seguinte foi realizar análises detalhadas dos trechos para determinar quais conhecimentos sobre os tópicos da Química se enquadravam nas categorias estabelecidas pelo modelo da Matemática (MTSK), conforme Carrillo *et al.*, (2018). Estas categorias abrangem Definições, Propriedades e seus Fundamentos; Registros de Representação; Procedimentos; e Fenomenologia e Aplicações. Como resultado, todas as categorias foram identificadas, com 36% dos trechos relacionados à Fenomenologia e Aplicações, 31% a Definições, Propriedades e seus Fundamentos, 25% a Registros de Representação, e 7% a Procedimentos (Figura 2), consolidando-se assim na formulação final das categorias de Conhecimento dos Tópicos da Química - KoTC.

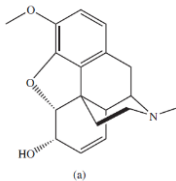
Figura 2 – Porcentagem dos conhecimentos evidenciados em cada categoria do subdomínio KoTC da análise geral.



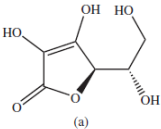
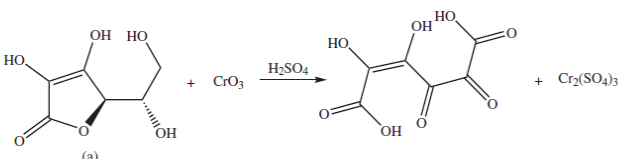
Fonte: Soares (2019, p. 52) - adaptação dos autores.

Com base na constatação da manutenção das quatro categorias do MTSK no modelo do CTSK, com adaptações mínimas específicas para cada componente curricular, conforme detalhado no quadro 2, os exemplos nos PaP-eRs confirmam essas observações.

Quadro 2 – Exemplos de Conhecimentos Especializados de Química que corroboram com a permanência das Categorias definidas no MTSK, retirados do PaP-eR 2.

MTSK	CTSK
Fenomenologia e Aplicações	Aplicações
Peg: Eu sou Peg e esta é a Cat. E você não vai acreditar, mas em algum lugar desta ilha deserta há um tesouro enterrado! (...) E temos as ferramentas certas para encontrá-lo. Nosso amigo Ramón nos deu este mapa. E uma régua para nos ajudar (CODES; MUÑOZ-CATALÁN, 2019, Tradução própria).	Um dos princípios ativos dos medicamentos indicados para o tratamento da dor, da tosse e no combate à diarreia é a codeína, um derivado da morfina, princípio ativo extraído da papoula, sendo o ópio conhecido desde a época dos sumérios, por volta de 4000 anos a.C. (Viegas Jr. <i>et al.</i> , 2006). Na estrutura química desse composto (Figura 1, estrutura-a), encontramos vários grupos funcionais, entre eles o alceno. 
Definições, Propriedades e seus Fundamentos	Definições, Conceitos e seus Fundamentos
[136-138] L2 Na divisão de duas frações, conserva o numerador e inverte multiplicando o denominador (SILVA FILHO, 2019, p. 67).	A função orgânica hidrocarboneto é caracterizada por compostos que possuem em sua estrutura somente átomos de carbono (C) e hidrogênio (H).
Registros de Representação	
Dois modos de representar um número (decimal e fracionário) e a conversão entre eles (2,5 = 5/2) (SILVA FILHO, 2019, p. 83).	O ácido ascórbico, ou vitamina C, é uma substância orgânica encontrada principalmente nas frutas cítricas. Em sua estrutura química (Figura 2, estrutura-a), existem várias funções orgânicas como éster, enol e álcool.



	
<p>Procedimentos</p> <p>“Multiplicamos a primeira fração pela segunda fração invertida” (linha 363).</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $\frac{1}{4} : 6 = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{24}$ </div> <p>“multiplicaria em” (linha 367)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $\frac{1}{4} \cdot 6 = \frac{6}{4} = \frac{3}{2}$ </div> <p>(MORAL, 2018)</p>	<p>Procedimentos Teóricos</p> <p>O teste de Jones baseia-se na oxidação de álcoois primários e secundários em ácidos carboxílicos e cetonas, respectivamente, formando um precipitado verde de sulfato crômico ($\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$) (Soares <i>et al.</i>, 1988).</p> <div style="text-align: center;">  </div>

Fonte: Soares (2019) - adaptação dos autores.

No entanto, foram identificados outros conhecimentos que revelaram lacunas na aplicação direta das categorias do subdomínio Conhecimento dos Tópicos da Química. Isso levou à necessidade de ajustar as categorias do modelo específicas para a área da Química, propondo a inclusão de novas categorias para melhor atender às peculiaridades dessa disciplina. O quadro 3 exemplifica algumas situações encontradas ao longo da pesquisa que apoiam a proposta de introduzir três novas categorias no subdomínio do KoTC.

Quadro 3 – Exemplos de Conhecimentos Especializados de Química que corroboram com a proposta de novas Categorias no KoTC.

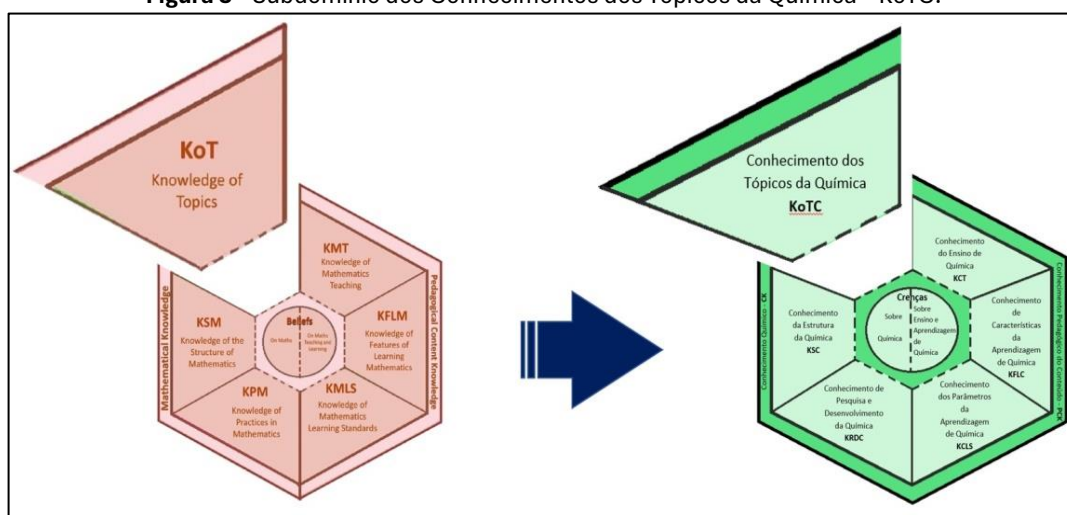
CTSK	
<p>Conhecimento Interdisciplinar</p>	<p>Para entender a relação entre as concentrações mencionadas nestes exemplos e o conceito de pH, é fundamental ter familiaridade com as propriedades dos logaritmos decimais (logaritmos de base 10). Esta definição é crucial:</p> <p style="text-align: center;">Se $\log x = y$, então $10^y = x$.</p>
<p>Experimentação</p>	<p>Os fenóis, ao reagirem com cloreto férrico (FeCl_3), formam complexos coloridos, sendo essa uma das reações utilizadas para identificar esses compostos (Figura 3). A coloração do complexo formado varia de azul a vermelho, dependendo do solvente utilizado. Essa reação pode ocorrer em água, metanol ou diclorometano.</p>
<p>História da Química</p>	<p>(...) muitos fármacos comercializados utilizam insumos naturais em sua composição, uma contribuição significativa proveniente de indígenas e povos primitivos.</p>

Fonte: Soares (2019).

4.1 CONHECIMENTO DOS TÓPICOS DA QUÍMICA - KoTC

O subdomínio conhecido como Conhecimento dos Tópicos da Química (KoTC) abarca conhecimentos químicos que incluem modelos químicos, teorias, leis, conceitos, definições, fórmulas químicas, gráficos, representações, experimentos teóricos e aplicações, todos pertinentes aos conteúdos da Química, conforme representado na figura 3.

Figura 3 – Subdomínio dos Conhecimentos dos Tópicos da Química – KoTC.



Fonte: Elaboração dos autores.

Como resultado das análises descritas no subitem anterior, inicialmente foram sugeridas quatro categorias por meio da transposição: Definições, propriedades e seus fundamentos; Registros de representação; Procedimentos; e Fenomenologia e Aplicações. No entanto, durante a avaliação dos resultados, foram identificadas lacunas que exigiram ajustes nas categorias do modelo CTSK.

Assim, com base na discussão dos resultados e na proposta do modelo CTSK, o subdomínio Conhecimento dos Tópicos da Química - KoTC agora inclui um total de sete categorias, visando contemplar as características específicas da área, especialmente no contexto experimental, conforme apresentado no quadro 4.



Quadro 4 – Categorias proposta para o subdomínio KoTC.

Categoria	Definição
Definições, conceitos e seus fundamentos	Esta categoria envolve conceitos, leis, definições, fundamentação teórica, propriedades e fenômenos relativos à área Química.
Registros de representação	Esta categoria engloba fórmulas moleculares, geométricas, empíricas, estruturais planares, estruturas de Lewis, estruturas de Kekulé, estruturas de linhas, elementos químicos, ligações químicas, grupos funcionais, gráficos, representações de reações, mecanismos, modelos químicos, grandezas, etc.
Procedimentos teóricos	Normas e procedimentos teóricos são responsáveis por orientar a obtenção de resultados, abordando questões como o método, timing, razão e as características do próprio resultado, todos relacionados ao conhecimento teórico e aplicação na Química.
Experimentação	Conhecimento de técnicas laboratoriais, uso de equipamentos, processos químicos em pequena e grande escala, desenvolvimento de roteiros laboratoriais, procedimentos laboratoriais e industriais, reagentes, manipulação de reagentes, preparação de soluções conforme literatura estabelecida, materiais laboratoriais e suas aplicações, entre outros.
Conhecimento Interdisciplinar	Referente ao conhecimento de conteúdos de outras disciplinas, especialmente a linguagem matemática, a Física e a Biologia, esses são fundamentais para a compreensão dos conceitos químicos.
Aplicações	Aplicação da Química: conhecimento que o professor possui sobre como os conteúdos químicos, experimentos, técnicas ou processos podem ser aplicados no cotidiano, muitas vezes através da interdisciplinaridade com outras áreas.
História da Química	Conhecimento da história da Química, incluindo o desenvolvimento de temas específicos ao longo do tempo, a linha do tempo da Química, e a abrangência da área, assim como conhecimentos populares relacionados.

Fonte: Soares (2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados nesta pesquisa satisfizeram seu objetivo ao propor novas categorias para o subdomínio Conhecimento dos Tópicos da Química no modelo CTSK. Embora tenham sido identificadas algumas lacunas, os dados permitiram ajustar o modelo para a área Química, levando em consideração suas especificidades, especialmente no que diz respeito aos conhecimentos experimentais e à interdisciplinaridade, que foram enfatizados.

É importante notar que o subdomínio do conhecimento em Tópicos da Química abarca os princípios fundamentais da Química pura, englobando modelos químicos, teorias, leis, conceitos, definições, fórmulas químicas e representações gráficas, além do entendimento de experimentos teóricos e aplicações práticas. Esse domínio também inclui conhecimentos interdisciplinares necessários para compreender os conceitos químicos, que abrangem desde fórmulas moleculares, geométricas e empíricas até estruturas como Lewis, Kekulé e diagramas lineares, além de aspectos como ligações químicas, grupos funcionais, representações gráficas

de reações e modelos químicos, assim como um entendimento histórico da Química e conhecimentos populares relevantes.

Por último, é significativo mencionar o impacto substancial da metodologia escolhida, visto que o modelo base MTSK possui apenas quatro categorias no subdomínio Conhecimento dos Tópicos, enquanto foi sugerido um aumento para sete categorias no subdomínio KoTC, visando preencher as lacunas identificadas durante o desenvolvimento do trabalho. Apesar dos resultados satisfatórios, sugere-se para estudos futuros a exploração de outras metodologias para verificar a ausência de lacunas adicionais, como a realização de estudos de campo.

REFERÊNCIAS

BALL, D. L; THAMES, M. H; PHELPS, G. (2008) Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? **Journal of teacher education**, SAGE, New York, USA, 59(5), 389-407.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal, 1995, 93-150.

BOGDAN, R; BIKLEN, S. (1994) **Investigação qualitativa em Educação**: fundamentos, métodos e técnicas. Porto, Portugal: Porto Editora, 1994, p. 47-51.

CANDELA, B. F. Desarrollo del conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido de la Química, de profesores en formación a través de la reflexión de los PaP-eRs y videos. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, 13 (1), 2018, p. 101-119.
<http://doi.org/10.14483/23464712.12177>.

Carneiro, K. I. L. R. **O tema crise climática nos livros didáticos de biologia à luz do conhecimento especializado de professores de Biologia**. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, Cuiabá, 2020.

CARRILLO Y. J; CLIMENT, N; MONTES, M; CONTRERAS, L. C; FLORES-MEDRANO, ESCUDERO-ÁVILA, D. The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model. **Research in Mathematics Education**, Taylor & Francis, London, UK, 2018, p. 1-18.

CARRILLO, J; AVILA, D. I. E; MORA, D. V; MEDRANO, E. F. (2014) **Un marco teórico para el conocimiento especializado del profesor de matemáticas**. Huelva, Espanha: Universidad de Huelva Publicaciones, 2014.

CAVALCANTI, J. A; FREITAS, J. C. R; MELO, A. C. N; Freitas Filho, J. R. Agrotóxicos: Uma Temática para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola, São Paulo**, 32(1), 2010, p. 31-36.



CODES, M; MUÑOZ-CATALÁN, M. C. El uso de un vídeo de animación para promover conocimiento especializado sobre medida en estudiantes para maestro de Educación Infantil. In: IV Congreso Iberoamericano sobre Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas, Huelva: Universidad de Huelva Publicaciones. **Anais...**, 2019, p. 201-209.

DAHMER, C. I. **As práticas docentes em diálogo com a alfabetização científica em três escolas de ensino médio em tempo integral em mato grosso na ótica do conhecimento especializado do professor**. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, Cuiabá, 2020.

FERNANDEZ, C. Revisitando a Base de Conhecimentos e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) de Professores de Ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, n. 2, 2015, p. 500-528.

FIORENTINI, D. *et al.* Saberes Docentes: Um Desafio para Acadêmicos e Práticos. In: FIORENTINI, D. *et al.* (orgs.). **Cartografias do Trabalho Docente**. 1.ed. Campinas, SP: Mercado das Letras, 1998, p. 307-335.

FLORIANO, L. S. **Conhecimento Especializado de professores de Química (CTSK): um estudo de caso do ensino de termoquímica nas práticas de dois professores de Cuiabá – MT**. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, Cuiabá, 2021.

GARCIA, I. T. S. Implantação das Diretrizes Curriculares Nacionais para Formação de Professores de Química em uma Instituição Federal de Ensino Superior: Desafios e Perspectivas. **Química Nova**, SBQ, São Paulo, 32(8), 2009, p. 2218-2224.

GAUTHIER, C. *et al.* Por uma teoria da Pedagogia. Pesquisas contemporâneas sobre o saber docente. 3.ed. Ijuí, RS: Editora Unijuí, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALVES, T. O; GONÇALVES, T. V. O. Reflexões Sobre uma Prática Docente Situada: Buscando Novas Perspectivas Para a Formação de Professores. In: FIORENTINI, Dario *et al.* (orgs.). **Cartografias do Trabalho Docente**. 1.ed. Campinas, SP: Mercado das Letras, 1998, p. 105-133.

LIMA, S. S. **Conhecimento especializado de professores de Física: uma proposta de modelo teórico**. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, Cuiabá, 2018.

LIMA, S. S; COSTA, L. D; PEREIRA, M. S. A; MARQUES, M; SOARES, S. T. C; MELLO, G. J. Capítulo 17: Caracterização do conhecimento especializado de professores de física. **Educação no Século XXI: Matemática, Química, Física**. Editora Poisson: Belo Horizonte, 39, 2019, p. 123-127.

LOPES, A. R. C. Conhecimento Escolar em Química – Processo de Mediação Didática da Ciência. **Química Nova na Escola**, SBQ, São Paulo, 1997.

LOUGHRAN, J; MILROY, P; BERRY, A; GUNSTONE, R; MULHALL, P. Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs. **Research in Science Education**, New York, USA, 31(2), 2001, p. 289-307.

Luís, M; Monteiro, R; Carrillo, J. Conhecimento Especializado do Professor para Ensinar Ciências. In: Encontro Nacional de Educação em Ciências, XVI., 2015, Lisboa, Portugal. **Anais...** Lisboa: APEDUC, 2015, p. 1-6.

LUÍS, M. A; Carrillo, J. O Modelo do Conhecimento Especializado do Professor de Biologia (BTSK). **REnCiMa**, São Paulo, 11(7), 2020, p. 19-36.

LUÍS, M. A; CARRILLO, J; MONTEIRO, R. C. O Conhecimento dos Temas no Ensino da Reprodução das Plantas. **Revista de Educação Pública**, [S. l.], v. 30, n. jan/dez, p. 1–21, 2021. DOI: 10.29286/rep.v30ijan/dez.9253. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/educacaopublica/article/view/9253>. Acesso em: 02 jan. 2022.

LUÍS, M. A; CARRILLO, J; MONTEIRO, R. C. Ensinar a reprodução das plantas com as lentes BTSK. In: IV congreso iberoamericano sobre conocimiento especializado del profesor de matemáticas **Anais...**, 2019, 79-86.

MARQUES M; MORIEL JUNIOR, J. G. Conhecimentos Especializados de Professor de Biologia Mobilizados em uma Aula Prática Sobre Interações Ecológicas. **Revista REAMEC**, Cuiabá (MT), 8(2), 2020, 253-271. <https://doi.org/10.26571/reamec.v8i2.9747>

MARQUES M; SOARES, S. T. C; MORIEL JUNIOR, J. G. Conhecimentos especializados mobilizados em uma aula prática de biologia sobre sistema respiratório. **Revista Multidisciplinar.com**, 3(1), 2021, p. 81-100.

MARQUES, M; MORIEL JUNIOR, J. G. Conhecimento especializado de professores de biologia: uma análise de PaP-eR sobre embriologia humana. In: IV CONGRESO Iberoamericano sobre Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas, Huelva: Universidad de Huelva Publicaciones. **Anais...**, 2019, p. 127-134.

MARQUES, M. **Conhecimento especializado de professores de Biologia: análise de relatos de prática no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, Cuiabá, 2020.

MARTINS, J. E. A. **Conhecimento especializado de professores de Química (CTSK): estudo de uma experiência de ensino sobre hidrocarbonetos**. Dissertação (Mestrado em Ensino) -



Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, Cuiabá, 2021.

MARTINS; J. E; CARBO; L; SOARES, S. T. C. (2021) Conhecimento especializado de professores de Química – CTSK: uma análise de prática docente no ensino de hidrocarbonetos. **Revista Prática Docente**, 6(1) 013, 2021, p. 1-23.

MORAL, G. C. Y. **Conhecimento especializado de professores de matemática mobilizados em um contexto de planejamento de ensino de divisões de frações por meio de resolução de problemas**. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, Cuiabá, 2018.

MOREIRA; J. S. S; SILVA, M. M; EVANGELISTA, E. G. Conhecimento especializado de professores de Língua Portuguesa PLTSK: transposição direta do MTSK. **Research, Society and Development**, 9(11), 2020, p. 1-20.

NÓVOA, A. Formação de Professores e Profissão Docente. In: NÓVOA, A. **Os Professores e a Sua Formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992, p. 77-92.

OLIVEIRA, I; REZENDE, F. Discurso de Estudantes e Habitus Pedagógico em Cursos de Graduação em Ciências Naturais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC**, UFMG, Belo Horizonte, 11(3), 2011.

PAZINATO, M. S; BRAIBANTE, H. T. S; BRAIBANTE, M. E. F; TREVISAN, M. C; SILVA, G. S. Uma Abordagem Diferenciada para o Ensino de Funções Orgânicas através da Temática Medicamentos. **Química Nova na Escola**, SBQ, São Paulo, 34(1), 2012, p. 21-25.

PETRUCCI, M. I. F. S. R; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, SBQ, São Paulo, (8), 1998.

PIMENTA, S. G. Formação de Professores: Identidade e Saberes da Docência. In: PIMENTA, S. G. (Org.). **Saberes Pedagógicos e Atividade Docente**. 8ª. Ed. São Paulo: Cortez, 2012, p. 15-38.

RIBEIRO, M. T. D; GONÇALVES, T. V. O. Os saberes docentes na dinâmica pela profissionalização do trabalho docente. **Revista Thema**, Pelotas, v. 15, n. 3, p. 991–1006, 2018. DOI: 10.15536/thema.15.2018.991-1006.952. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/952>. Acesso em: 25 jun. 2021.

RIBEIRO, M. T. D. **Saberes Científicos e Pedagógicos de Conteúdo expressos pelos professores egressos do Programa de Bolsas de Iniciação à Docência em Química da UFMT**. 2016. 161f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática), REAMEC, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2016.

RIBEIRO, M. T. D; GONÇALVES, T. V. O. Os Saberes Científicos e Pedagógicos do Conteúdo de Ácidos e Bases na Educação Básica. **Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, [S.l.], v. 12, n. 25, p. 136-155, jul. 2019. ISSN 1984-7505. Disponível em: <https://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/1539>. Acesso em: 20 jun. 2021.

SANTOS, Z. A; RIBEIRO, M. T. D. Saberes Científicos e Pedagógicos de Conteúdo em Ciências Naturais nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental em Cuiabá - MT. **Revista de Educação Pública**, [S. l.], v. 30, n. jan/dez, p. 1–19, 2021. DOI: 10.29286/rep.v30ijan/dez.9112. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/educacaopublica/article/view/9112>. Acesso em: 28 set. 2021.

SHÖN, D. A. Formar Professores como Profissionais Reflexivos. In: NÓVOA, Antonio. **Os Professores e a Sua Formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992, p. 77-92.

SHULMAN, L. S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Education Researcher**, SAGE, California, USA, 1986, p. 4-14.

SHULMAN, L. S. Knowledge and teaching: foundations of a new reform. **Harvard Educational Review**, n. 1, v. 57, 1987, p. 1-22.

SILVA FILHO, V. S. **Conhecimento Especializado para Ensinar Divisão de Frações: Atividades Formativas Baseadas em Questões de Prática**. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, Cuiabá, 2021.

SILVA, M. M; CARNEIRO, K. I. L. R; SOARES, S. T. C; *et al.* Capítulo 5: Conhecimento especializado de professor de biologia para ensinar embriologia humana. **Ciências, Biologia, Meio Ambiente**. Editora Poisson: Belo Horizonte, Série Educar, 32, 2020, p. 37-42.

SOARES, S. T. C. **Conhecimento Especializado de Professores de Química – CTSK: Proposta de Modelo Teórico**. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Cuiabá, 2019.

SOARES, S. T. C; LIMA, S. S; CARBO, L. Conhecimento especializado de professores de Química: modelo teórico. **Revista REAMEC**, Cuiabá, 8(2), 2020, p. 648-666. <https://doi.org/10.26571/reamec.v8i2.10255>

SOARES, S. T. C; LIMA, S. S; CARBO, L; Mello, G. J. Aplicação da metodologia PaP-ER para transposição do MTSK para diferentes áreas das ciências da natureza. In: IV Congresso Iberoamericano sobre Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas. Huelva: Universidad de Huelva Publicaciones. **Anais...**, 2019, p. 119-126.

TARDIF, M; LESSARD, C. (Org). **O Ofício de Professor História, Perspectivas e Desafios Internacionais**. 3.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.



COMO CITAR - ABNT

SOARES, Susel Taís; CARBO, Leandro; RIBEIRO, Marcel Thiago Damasceno. Conhecimento Especializado dos Tópicos da Química (KoTC) no Contexto de Ensino e Aprendizagem. **Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, Manaus, v. 18, n. 22, e22021, ago./dez., 2022. <https://doi.org/10.59666/Arete.1984-7505.v18.n22.3755>

COMO CITAR - APA

SOARES, S. T.; CARBO, L.; RIBEIRO, M. T. D. (2022). Conhecimento Especializado dos Tópicos da Química (KoTC) no Contexto de Ensino e Aprendizagem. *Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências*, 18(22), e22021. <https://doi.org/10.59666/Arete.1984-7505.v18.n22.3755>

LICENÇA DE USO

Licenciado sob a Licença *Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International* ([CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)) . Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Além disso, permite adaptar, remixar, transformar e construir sobre o material, desde que seja atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.



HISTÓRICO

Submetido: 17 de agosto de 2022.

Aprovado: 12 de novembro de 2022.

Publicado: 30 de dezembro de 2022.
