
Recebido: 11-01-2021 | Aprovado: 29-03-2021 | DOI: <https://doi.org/10.23882/DI2151>

Desenvolvimento dos Modelos de Conhecimento Especializado de professores de Biologia, Física e Química

Development of Specialized Knowledge Models for teachers of Biology, Physics and Chemistry

Mónica Luís, Agrupamento de Escolas José Belchior Viegas, Portugal (monicaluis2010@gmail.com)

Susel Soares, IFMT, Mato Grosso, Brasil (susel.soares@blv.ifmt.edu.br)

Stela Lima, IFMT, Mato Grosso, Brasil (stela.lima@cba.ifmt.edu.br)

Marcela Marques, IFMT, Mato Grosso, Brasil (m.marquesbio@gmail.com)

Resumo: Abordamos nesse artigo as transposições de modelos teóricos sobre os conhecimentos especializados que os professores têm para ensinar as disciplinas de Biologia, de Física e de Química que foram fundamentadas no modelo do Conhecimento Especializado do Professor de Matemática, o MTSK. Para tanto, traçamos a trajetória da construção dos modelos especializados e, em seguida, trazemos as diversificações teóricas entre os modelos da Biologia, da Física e da Química, comparando-os entre si, revelando os aspetos que os distinguem e/ou aproximam e que amparam a negativa para a transposição de um único modelo das Ciências embasada nas particularidades identificadas, tanto no âmbito do domínio do conteúdo, quanto no domínio pedagógico.

Palavras-Chave: biologia, conhecimento especializado, física, modelos teóricos, química

Abstract: In this article we approach the transposition of theoretical models on the specialized knowledge that teachers have to teach the subjects Biology, Physics and Chemistry that were based on the model of Mathematics Teacher of the Specialized Knowledge, the MTSK. For that, we trace the trajectory of the construction of specialized models and then we bring the theoretical diversifications between the models of Biology, Physics and Chemistry comparing them with each other revealing the aspects that distinguish and / or approximate them and that support the negative for the transposition of a single model of Sciences based on the particularities identified both in the scope of the content domain and in the pedagogical domain.

Keywords: biology, chemistry, physics, specialized knowledge, theoretical models

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento do professor assume várias formas e designações e uma delas é o Saber Docente que se encontra amplamente difundida no Brasil e representa os elementos estruturantes da prática docente. Esses saberes são de origens diversas, mas todos eles contribuem para a capacidade profissional de ensinar (Pimenta, 2012; Tardif, 2014). Para Pimenta (2012) os saberes docentes são experienciais, de conhecimento, pedagógicos e didáticos: os saberes experienciais são adquiridos pela vivência, não só no decorrer da sua prática docente, mas também enquanto alunos, ao longo da sua escolaridade; os saberes do conhecimento abrangem o conhecimento proveniente da escola, os saberes acadêmicos; os saberes pedagógicos e didáticos relacionam-se com a prática educativa e a sua articulação para ensinar; os saberes definidos por Tardif (2014) não diferem, no seu conteúdo, dos que foram definidos por Pimenta (2012), porém é acrescida a ideia do professor ideal e indica os saberes que este deve possuir, pois o professor ideal é aquele que (a) conhece a matéria da disciplina que ensina e as suas especificações no programa escolar; (b) tem conhecimentos sobre as ciências da educação e sobre pedagogia e (c) desenvolve um saber prático, proveniente da sua atividade do dia a dia com os alunos. Tardif (2014) considera, ainda, os saberes provenientes da formação inicial realizada pelas instituições.

Estes saberes gerais diferem dos modelos de conhecimento existentes, nos quais são identificados os conhecimentos, em particular, que o professor deve ter para que realize com sucesso a sua tarefa. Atualmente, a designação mais comum para este conhecimento é *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), apresentada pelo investigador norte-americano Lee Shulman (1986, 1987) e difundida por diversos autores que investigam sobre ensino e aprendizagem. Apesar do autor referir que o PCK é um componente fundamental do conhecimento basilar para o ensino a vertente do conhecimento do conteúdo foi perdendo o impacto nos modelos do conhecimento do professor posteriores.

Ao longo de quase quatro décadas, foram concebidas diferentes concepções do PCK e as diferentes investigações não são unânimes na identificação das dimensões do conhecimento que o PCK deve incluir ou, sob o ponto de vista prático, quais os conhecimentos que um professor deve ter.

Apesar de ser um modelo do conhecimento do professor o PCK não preenche totalmente o conceito de conhecimento que orienta a nossa investigação já que os primeiros modelos do conhecimento do professor (Grossman, 1990; Magnusson, Krajcik & Borko, 1999; Park & Oliver, 2008) estão focados apenas na vertente pedagógica do ensino e o PCK mais recente designado como Conhecimento Profissional do Professor e Competências (Gess-Newsome, 2015) inclui aspetos que não são conhecimento. Neste

sentido, seguimos a ideia defendida por Schoenfeld (2010) que considera o conhecimento ligado à cognição, à resolução de problemas, à criação de imagens e de capacidades racionais, e é uma ideia coincidente com Pajares (1992) que reconhece o conhecimento como uma rede fluida de conceitos e ideias estruturadas. A esta estrutura complexa, são integrados novos elementos resultantes de novas ideias e interpretações. Schoenfeld (2010) também defende a ideia do conhecimento como o conjunto de informação que um indivíduo tem ao seu alcance para resolver um problema, alcançar uma meta ou desenvolver uma tarefa. Não é questionada a qualidade do conhecimento, motivo pelo qual se podem incluir os conhecimentos prévios ou alternativos (Driver, 1985; Santos, et al., 1997).

As diferentes representações do PCK foram sendo assumidas como um modelo representante do conhecimento do professor. Estas representações são, na sua maioria, abrangentes e incluem o conhecimento comum a todos os professores, de todas as disciplinas. A exceção, entre os modelos disponíveis na literatura reside no modelo do Conhecimento Especializado do Professor de Matemática (MTSK) de Carrillo et al. (2018) que inclui apenas conhecimento e é específico do professor que ensina Matemática. Entretanto, a adaptação do modelo da Matemática às Ciências surge com o intuito de criar um único modelo para o ensino das Ciências – modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Ciências (STSK) (Luís, Monteiro & Carrillo, 2015) composto por dois domínios do conhecimento de professores. Porém, no decorrer de uma aula de Biologia, o conhecimento caracterizado revelou-se demasiadamente específico para encontrar paralelismos no ensino de outras disciplinas das Ciências, sendo um dos exemplos o conhecimento dos conceitos de androceu e gineceu ou o conhecimento do fenómeno de formação do tubo polínico.

As investigações acerca de um modelo de professor de Ciências tomaram outro rumo perante a necessidade de atender às especificidades das disciplinas das Ciências e com isso foram desenvolvidos três modelos do Conhecimento Especializado de Professor: o da Biologia (Luís et al., 2015; Luís, Carrillo & Monteiro, 2019; Marques, 2020; Luís & Carrillo, 2020), o da Física (Lima, 2018) e o da Química (Soares, 2019; Soares, Lima & Carbo, 2020). Portanto, o presente trabalho tem o objetivo de apresentar as diversificações teóricas entre os modelos das Ciências que justificaram a interrupção do desenvolvimento de um modelo único.

2 TRAJETÓRIA DA CONSTRUÇÃO DOS MODELOS ESPECIALIZADOS

O conhecimento do professor tem sido debatido e definido desde a sua primeira abordagem feita por Shulman (1986; 1987). Desde então investigadores das diferentes áreas científicas têm discutido o tema tentando definir que dimensões do conhecimento

são necessárias à tarefa de ensinar. As primeiras experiências reveladas por Grossman (1990), Magnusson et al. (1999), Park e Oliver (2008) e de dezenas de outros investigadores foram contrastadas durante a primeira ‘PCK *summit*’ que ocorreu em 2012. Durante alguns dias foram debatidas e partilhadas investigações relacionadas com o tema, no âmbito da Matemática e das Ciências, com o objetivo de reconstruir um modelo do PCK que melhor representasse o conhecimento do professor e a sua prática. O modelo resultante deste trabalho foi publicado por Gess-Newsome (2015) e designado por Conhecimento Profissional do Professor e Competências. São evidentes as aproximações com os modelos anteriores (Grossman, 1990; Magnusson et al., 1999; Park e Oliver, 2008), mas observam-se também novos aspectos como o contexto no qual é realizado o ensino, o comportamento dos alunos e os resultados escolares.

Partindo do PCK como modelo do conhecimento da matéria para o ensino e paralelamente à construção de um modelo de PCK para os professores de ciências, Ball, Thames e Phelps (2008) trouxeram um cenário específico ao ensino da Matemática com o modelo do Conhecimento Matemático para Ensinar (*Mathematics Knowledge for Teaching* – MTK).

O aprofundamento na investigação sobre o conhecimento matemático acarretou na descoberta de lacunas que fundamentaram o aprimoramento do modelo MTK com a sobreposição de um modelo especializado intitulado como modelo do Conhecimento Especializado do Professor de Matemáticas (MTSK) (Carrillo et al., 2018). Este modelo inclui um domínio designado por PCK e outro domínio das crenças, como no modelo consensual do PCK (Gess-Newsome, 2015) e inclui, também, o domínio do conhecimento do conteúdo. Difere dos demais modelos do conhecimento do professor por incluir apenas conhecimento e ser específico do professor de Matemáticas. O termo “especializado” na denominação do modelo refere-se, precisamente, a essa especificação do conhecimento. A especialização do conhecimento do modelo MTSK permite diferenciá-lo do conhecimento de pedagogia ou psicologia geral e do conhecimento especializado do professor que ensine outras disciplinas quaisquer, distinguindo, também, o conhecimento do professor de Matemática de qualquer outro profissional que use a matemática como ferramenta de trabalho, sendo este um conhecimento profundo e particular do professor que ensina Matemática.

O MTSK (Figura 1) é composto por três domínios: Conhecimento da Matemática, Conhecimento Pedagógico do Conteúdo e Crenças. O Conhecimento da Matemática inclui o Conhecimento dos Temas; o Conhecimento da Estrutura da Matemática; e o Conhecimento da Prática Matemática. O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo inclui o Conhecimento sobre o Ensino da Matemática; o Conhecimento sobre as Características de Aprendizagem da Matemática; e o Conhecimento dos Padrões de Aprendizagem da

Matemática. O domínio das Crenças encontra-se no centro do modelo delimitado com linha descontínua que representa o facto das crenças influenciarem o conhecimento. Este conceito é partilhado pelo modelo do Conhecimento Profissional do Professor & Competências (Gess-Newsome, 2015) que também apresenta as crenças dos professores como filtros e amplificadores da sua atividade.

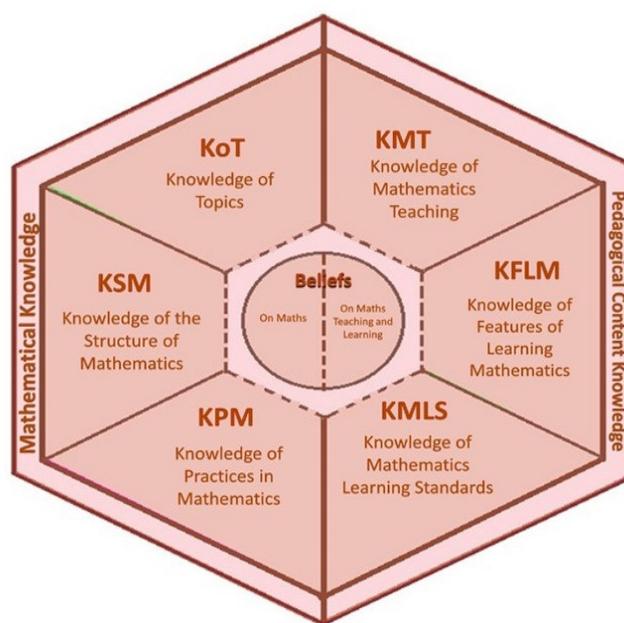


Figura 1 – Modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Matemáticas (MTSK).

Uma vez que o modelo MTSK concentra a sua atenção no conteúdo Matemático e, perante as limitações da abrangência do modelo do Conhecimento Especializado do Professor de Ciências (Luís *et al.*, 2015), constatou-se a necessidade da construção de modelos distintos para cada uma das disciplinas: Biologia, Física e Química (Figura 2). Efetivamente “[...] a epistemologia de uma Ciência difere da epistemologia de outra; não é possível reduzir o conhecimento científico a um esquema epistemológico único.” (Bellini, 2007, p. 4)

As diferenças epistemológicas entre as diferentes Ciências abrem caminho para a discussão relativa às peculiaridades do ensino destas disciplinas e dos conhecimentos mobilizados pelos professores no decorrer do seu ensino. A especificidade e a epistemologia inerente a cada uma destas Ciências fomenta a necessidade de compreender as particularidades dos modelos e necessariamente a formação específica dos professores.

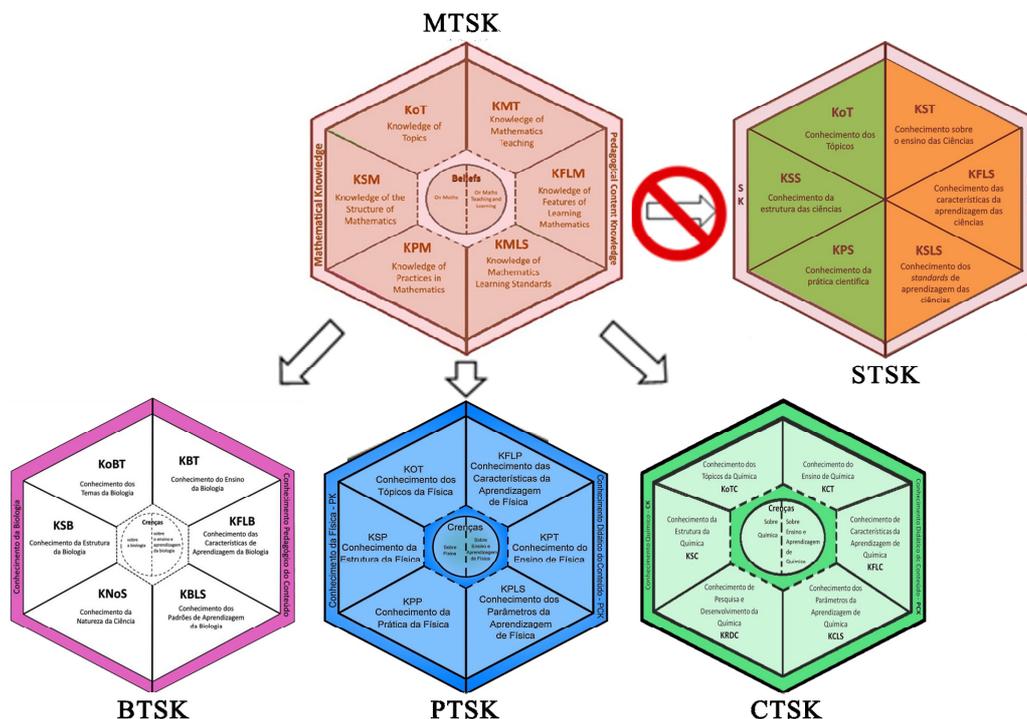


Figura 2 – Trajetória da Transposição dos Modelos do Conhecimento Especializado de Professores de Biologia, BTSK (Luís & Carrillo, 2020), do Conhecimento Especializado de Professores de Física, PTSK (Lima, 2018) e do Conhecimento Especializado de Professores de Química, CTSK (Soares, 2019; Soares et al., 2020).

3 MODELOS DE CONHECIMENTO ESPECIALIZADOS DE PROFESSORES DE BIOLOGIA, FÍSICA E QUÍMICA

As peculiaridades de cada modelo das Ciências que foram transpostos a partir do modelo da Matemática (MTSK), e que discutiremos a seguir, fazem parte de pesquisas acadêmicas, onde se incluem três dissertações de mestrado e uma tese de doutoramento. As dissertações de mestrado que originaram os modelos transpostos para Física (Lima, 2018) e para a Química (Soares, 2019) utilizaram PaP-eRs (*Professional and Pedagogical Experience Repertoire*) (Loughran, Milory, Berry, & Mulhall, 2001) na metodologia, já o modelo da Biologia utilizou PaP-eRs na dissertação de mestrado (Marques, 2020) com a versão do modelo que consideramos a primeira aproximação da transposição (Luís et al., 2015), e a tese em andamento que apresenta a versão atual do modelo da Biologia (Luís & Carrillo, 2020) utilizou a metodologia empírica com a transcrição de gravações de aulas.

Ressaltamos que, apesar dos modelos da Física e da Química estarem em desenvolvimento, o cenário atual de cada um deles permite compreender as suas fundamentações e aplicabilidades, possibilitando caracterizar os seus subdomínios e identificando as suas especificidades na mobilização dos conhecimentos dos professores.

3.1 CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA (BTSK)

O modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Biologia (BTSK) (Marques, 2020; Luís & Carrillo, 2020) vem sendo aprimorado desde 2015, sendo que neste trabalho discutiremos a versão aperfeiçoada do modelo publicada por Luís e Carrillo (2020) (Figura 3).

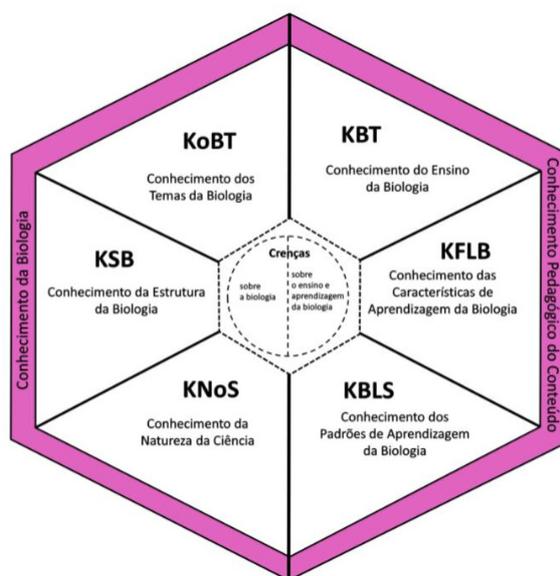


Figura 3 – Conhecimento Especializado de Professores de Biologia, BTSK (Luís & Carrillo, 2020).

O BTSK é composto por dois domínios do conhecimento: **BK** – Conhecimento da Biologia e **PCK** – Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, e um domínio das Crenças, conforme o Quadro 1 apresentado na página seguinte:

Quadro 1 - Conhecimento Especializado de Professores de Biologia - BTKS

Fonte: Elaborado pelas autoras a partir de Luís e Carrillo (2020)

Conhecimento da Biologia - BK (<i>Biology Knowledge</i>)
Conhecimento dos Temas da Biologia - KoBT (<i>Knowledge of Topics of Biology</i>): Integra o conhecimento aprofundado e integrado sobre o tema reprodução das plantas. Inclui o conhecimento de conceitos, definições e propriedades específicas que caracterizam os elementos biológicos; de leis, princípios e teorias, de factos e fenómenos biológicos e de modelos ou registos que permitem as diferentes representações. Inclui ainda o conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia associados à condução de atividades de carácter prático.
Conhecimento da Estrutura da Biologia – KSB (<i>Knowledge of the Structure of Biology</i>): Integra o conhecimento das relações entre dois conteúdos diferentes, mas ligados por uma ou mais qualidades que têm em comum.
Conhecimento da Natureza da Ciência – KNoS (<i>Knowledge of the Nature of Science</i>): integra o conhecimento sobre como se produz e valida o conhecimento científico. Inclui por um lado o conhecimento de métodos usados em biologia para investigar e produzir novo conhecimento em biologia, mas também o reconhecimento da própria evolução científica provocada pela melhoria dos instrumentos, mudança da forma de pensar e também pelas mudanças culturais.
Crenças
Crenças sobre a Biologia: integram as ideias pessoais sobre como acontecem as descobertas científicas e como se valida esse conhecimento ao nível das ciências.
Crenças sobre o ensino e aprendizagem de Biologia: integram as ideias relacionadas com a forma de estar do professor face ao ensino e a aprendizagem, que se refletem nas suas opções pedagógicas.
Conhecimento Pedagógico do Conteúdo - PCK (<i>Pedagogical Content Knowledge</i>)
Conhecimento do Ensino da Biologia – KBT (<i>Knowledge for Biology Teaching</i>): Integra o conhecimento o ensino de um conteúdo da biologia como o conhecimento das estratégias instrucionais, de atividades, dos diversos recursos e materiais específicos para o ensino da disciplina. Inclui ainda o conhecimento de teorias de aprendizagem da biologia.
Conhecimento das Características de Aprendizagem da Biologia – KFLB (<i>Knowledge of the Features of Learning Biology</i>): Integra o conhecimento sobre a forma como os alunos aprendem, de quais os aspectos que tendem a ser mais fáceis ou mais difíceis de compreender e das conceções prévias dos alunos sobre um tópico da biologia.
Conhecimento dos Padrões de Aprendizagem da Biologia - KBLS (<i>Knowledge of Biology Learning Standards</i>): Integra o conhecimento do professor de biologia sobre o currículo da sua disciplina e de outros documentos que o complementam. Inclui o conhecimento das expectativas de aprendizagem do conteúdo da biologia num nível específico o conhecimento da sequenciação com os temas anteriores e posteriores a um determinado momento escolar.

3.2 CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE FÍSICA (PTSK)

De formato hexagonal (Figura 4), o modelo PTSK abrange os conhecimentos necessários ao professor para ensinar Física e subdivide-se em dois domínios: **PK** – Conhecimento da Física e **PCK** – Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, cada qual composto por três subdomínios e as suas descrições constam do Quadro 2.

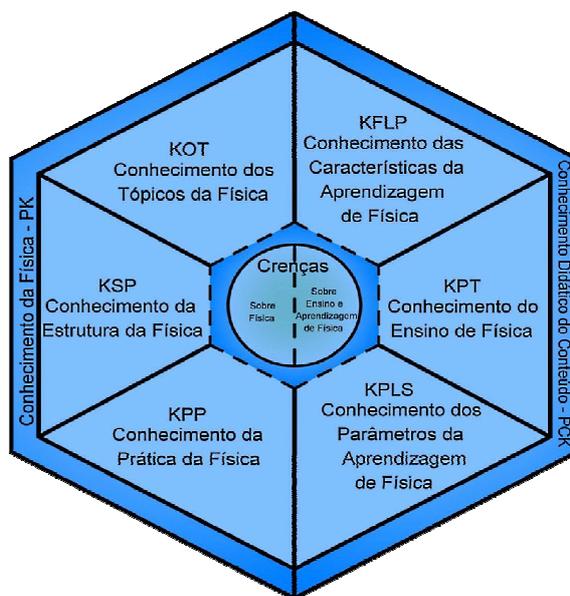


Figura 4 – Conhecimento Especializado de Professores de Física, PTSK (Lima, 2018).

Quadro 2 - Conhecimento Especializado de Professores de Física - PTSK

Fonte: Elaborado pelas autoras a partir de Lima (2018).

Conhecimento da Física - PK (<i>Physics Knowledge</i>)
Conhecimento dos Tópicos da Física - KoT (<i>Knowledge of Topics of Physics</i>): conceitos, fenômenos físicos e leis físicas, suas características e limites. Estão inclusos os conhecimentos necessários para fazer simplificações coerentes de sistemas físicos reais e definir modelos físicos e matemáticos para estudo destes sistemas, inclusive em atividades experimentais.
Conhecimento da Estrutura da Física - KSP (<i>Knowledge of the Structure of Physics</i>): conceitos unificadores, que estão presentes em diversas áreas da Física, como energia e tempo, e a similaridades de pensamento existente entre os Fenômenos Físicos de distintas áreas de abrangências. Também estão inclusos a simplificação de conceitos complexos e o caminho inverso, no qual o professor pode valer-se de um tópico mais complexo, porém já conhecido pelos alunos, para explicar um conceito mais simples.
Conhecimento da Prática da Física – KPP (<i>Knowledge of Practices in Physics</i>): pesquisa científica na física pura e aplicada, com foco na geração de novos conhecimentos. Incluem-se as metodologias, o planejamento e a execução de investigações, bem como a definição de hipóteses e sua experimentação e as simplificações possíveis e as incertezas envolvidas no processo experimental.
Conhecimento Didático do Conteúdo - PCK (<i>Pedagogical Content Knowledge</i>)
Conhecimento das Características da Aprendizagem de Física KFLP (<i>Knowledge of Features of Learning Physics</i>): processos de aprendizagem que tenham como objeto a Física e seus conteúdos e no impacto que as atividades experimentais e as diversas estratégias de ensino têm no processo de aprendizagem.
Conhecimento do Ensino de Física – KPT (<i>Knowledge of Features of Knowledge of Physics Teaching</i>): didática do ensino da física que sustentam as práticas de professores. Inclui teorias de ensino, que tenham a Física como condicionante e conhecimentos acerca da preparação e execução de estratégias de ensino, atividades, diferentes abordagens e sequências didáticas, bem como sobre o impacto destas no processo de ensino.
Conhecimento dos Parâmetros da Aprendizagem de Física – KPLS (<i>Knowledge of Physics Learning Standards</i>): O que deve ser ensinado e no que se espera que aluno aprenda em cada etapa escolar, ou seja, seu nível de desenvolvimento conceitual e processual e as habilidades e competências a serem desenvolvidas, com relação à Física e seus conteúdos.

À semelhança do modelo da Matemática (MTSK) e da Biologia (BTSK), assumimos que este modelo, referente ao conhecimento do professor quando ensina Física, também comporte conhecimento subjetivo e específico de cada professor, ou seja, crenças associadas à Física e relativas ao ensino e aprendizagem da Física. No entanto, os estudos desenvolvidos até ao momento ainda não revelaram em que consiste esse conhecimento, nem como influencia a forma de estar e de trabalhar do professor.

3.3 CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE QUÍMICA (CTSK)

O modelo CTSK, apresentado no Quadro 3, em consonância com o formato hexagonal do MTSK, traz as definições dos dois domínios: **CK** – Conhecimento da Química e **PCK** – Conhecimento Pedagógico do Conteúdo e os seus seis subdomínios. (Figura 5).

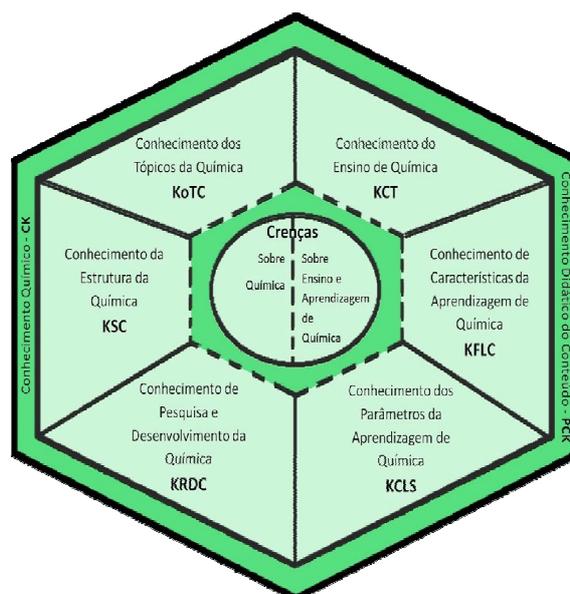


Figura 5 – Conhecimento Especializado de Professores de Química, CTSK (Soares, 2019).

Quadro 3 - Conhecimento Especializado de Professores de Química - CTSK

Fonte: Elaborado pelas autoras a partir de Soares (2019) Soares et al. (2020)

Conhecimento da Química – CK (<i>Chemistry Knowledge</i>)
Conhecimento dos Tópicos da Química - KoTC (<i>Knowledge of Topics of Chemistry</i>): Modelos químicos, teorias, leis, conceitos, definições, fundamentos, fórmulas químicas, gráficos, representações, aplicações, experimentação, conhecimento interdisciplinar e história da química.
Conhecimento da Estrutura da Química - KSC (<i>Knowledge of the Structure of Chemistry</i>): Estrutura da química e suas conexões, vinculando diferentes conceitos. Abrange a relação dos conhecimentos transmitidos e os que serão ensinados, porém em diferentes ocasiões, podendo ocorrer estas conexões por: complexidade, simplificação, conexão transversal, conexão auxiliar, conexão experimental, aplicabilidade e representação.
Conhecimento de Pesquisa e Desenvolvimento da Química – KRDC (<i>Knowledge of Research and Development of Chemistry</i>): Conhecimentos referentes ao desenvolvimento investigativo da química para gerar novos conhecimentos referentes à química pura. Englobando conhecimentos relativos a deduções químicas; desenvolvimento de metodologias teóricas/ experimentais relativas à química pura; pesquisa investigativa e desenvolvimento argumentativo com exemplos e contraexemplos, seja teóricos e/ou experimentais; pesquisa relativa ao levantamento de hipóteses, e; desenvolvimento de processos.
Conhecimento Pedagógico do Conteúdo – PCK (<i>Pedagogical Content Knowledge</i>)
Conhecimento do Ensino de Química – KCT (<i>Knowledge of Chemistry Teaching</i>): Conhecimento do docente mediante a potencialidade de determinada atividade perante o processo de aprendizagem; os recursos materiais, laboratoriais e virtuais, tabela periódica, modelo molecular 3D, ou materiais laboratoriais como vidrarias e equipamentos como pHmetro, capela, estufa, entre outros, até recursos virtuais como softwares tanto desenvolvidos para química ou não, desde que aplicáveis, o uso de aplicativos, internet ou vídeos.
Conhecimento das Características de Aprendizagem da Química – KFLC (<i>Knowledge of Features of Learning Chemistry</i>): Ao processo de assimilação, erros e dificuldades, de modo que o conteúdo químico seja o objeto de aprendizagem e não o aluno, porém faz-se necessário considerar a relação aluno-objeto, independentemente da particularidade deste estudante. Este subdomínio considera a forma como o aluno aprende conteúdos de Química, qual é o interesse e a expectativa deste aluno quanto à determinada área da Química, o que pode ser considerado um elemento facilitador ou o que pode imobilizar o conhecimento da química, ou em determinada área da Química.
Conhecimento dos Parâmetros da Aprendizagem de Química – KCLS (<i>Knowledge of Chemistry Learning Standards</i>): Aos parâmetros curriculares, a sequência dos conteúdos conforme o nível escolar, considerando a interdisciplinaridade da química, a expectativa do professor com relação a determinada aprendizagem em determinado nível escolar e a meta quanto ao desenvolvimento de determinado conteúdo químico.

Os trabalhos desenvolvidos no âmbito deste modelo ainda não revelam em que consistem as crenças dos professores de Química.

4 ANÁLISE DAS DIVERSIFICAÇÕES TEÓRICAS DOS MODELOS

Ao observar a representação gráfica dos modelos (cf. Figura 2) notamos que foi mantido o formato hexagonal do MTSK, assim como as divisões dos domínios, subdomínios e crenças. No entanto, há similaridades entre os três modelos que superam a mera representação adotada, como a descrição homóloga dos conhecimentos que compõem o subdomínio relativo aos parâmetros/padrões de aprendizagem (KBLS; KPLS e KCLS), aplicando as normas curriculares competentes às suas disciplinas. Os três modelos não só mantêm a designação como o conteúdo que caracteriza este subdomínio.

De modo oposto, o subdomínio referente ao conhecimento da prática científica é designado nos três modelos com títulos dispare. O modelo da Química (CTSK) apresenta o subdomínio ‘Conhecimento de Pesquisa e Desenvolvimento da Química (KRDC)’, o da Biologia como o ‘Conhecimento da Natureza da Ciência (KNoS)’ e na Física intitula-se ‘Conhecimento da Prática da Física’.

A divergência das áreas ocorre devido a distinção que existe na estrutura de cada uma delas com relação a produção de conhecimentos, algo que não ocorre apenas por conhecimento de factos e conceitos, mas também devido às estruturas sintáticas (Shulman, 1986). Cada área de conhecimento traz em sua estrutura sintática o “conjunto de maneiras pelas quais a verdade ou inverdades, validade ou nulidades são estabelecidas. Quando existem reivindicações concorrentes a respeito de um determinado fenómeno, a sintaxe de uma disciplina fornece as regras para determinar qual reivindicação tem maior sustentação” (Shulman, 1986, p. 7, tradução dos autores).

Nesta perspectiva, percebe-se que a diferenciação entre os subdomínios de cada um dos modelos aqui abordados (BTSK, CTSK e PTSK) ultrapassam a mera escolha de palavras para nomear seus subdomínios que se referem à produção de conhecimento em cada disciplina. Esta pode ser identificada na descrição destes, que apesar de abordarem o mesmo tema destacam distintos aspectos conforme o impacto destes no desenvolvimento de cada uma destas áreas. São exemplos destas diferenciações o destaque dado pelo CTSK e PTSK entre a Química/Física pura e aplicada, algo não observado no BTSK. No modelo BTSK este subdomínio é apresentado sob a forma de Conhecimento da Natureza da Ciência, uma versão mais abrangente da prática científica e que, segundo Lederman (2007) é comum a todas as ciências. Entre estes aspectos surgem os que já haviam sido identificados por Wong e Hodson (2008) nomeadamente: teoria versus experimentação; inexistência de um único método científico; avanço tecnológico; criatividade; objetividade subjetiva/ especulação teórica; o carácter provisório dos princípios, regras, teorias e modelos; o valor das diferentes perspectivas; triangulação metodológica de investigadores; investigação, liberdade académica e ética; colaboração e competição; e validação entre pares.

Outro aspecto destacado no modelo da biologia é a influência das mudanças culturais na produção do conhecimento científico. As pesquisas no âmbito do CTSK e do PTSK ainda não revelam que este aspecto possa influenciar a produção do conhecimento nestas áreas disciplinares. Porém, este fato não invalida que no desenvolvimento dos modelos este aspecto não venha a ser inserido nos seus componentes.

Assim, percebe-se que apesar de existirem traços comuns dos conhecimentos das Ciências, no decorrer das pesquisas dos modelos teóricos BTSK, PTSK e CTSK foram identificados conhecimentos particulares de cada uma das disciplinas, de modo a interligar o conhecimento do princípio de cada uma das Ciências ao conhecimento experimental das mesmas, considerando desde recursos e procedimentos às definições teórico-práticas.

Apresentamos a posteriori exemplos de conhecimentos mobilizados através de experimentos aplicados no ensino de Biologia, Física e Química que nos permite observar que as atividades práticas apresentadas são específicas das respectivas disciplinas e evidenciam diferentes conhecimentos do professor relativamente à técnica aplicada; ao procedimento, ao uso de equipamentos e exemplo escolhido. Além disso, estão orientadas para o interesse e expectativas dos alunos e adequadas ao nível escolar e às diretrizes presentes no currículo e documentos orientadores.

Exemplo na Biologia: “Esse trabalho tem como objetivo mostrar e identificar as estruturas celulares da raiz da cebola (*Allium cepa*), através da aula prática no intuito de chamar a atenção do aluno para aulas de citologia. ” (Paiva, Silva, Paiva & Almeida, 2018, p. 1). “Eles tinham que retirar camada externa (seca) do bulbo da cebola e realizar um corte fino longitudinalmente seguindo a metodologia de corte de mão livre. Puxar com a pinça a camada superficial contrária à extremidade, retirando uma película extremamente fina. Colocar a película no vidro de relógio e gotejar azul de metileno em cima. Aguardar 5 minutos, retirar a película e a lavar com água destilada. Colocar a película em uma lâmina e cobrir com uma lamínula. Visualizar o material no microscópio, analisando a estrutura” (Paiva et al., 2018, p. 4).

Exemplo na Física: “Durante as explicações, o professor fez uma breve demonstração para a compreensão da queda livre e queda amortecida. Tal demonstração consiste em soltar uma borracha escolar e uma folha de papel de uma mesma altura, observar a queda e ao final perguntar: por que a folha caiu com menor velocidade? A maioria respondeu que é devido à folha ter massa menor que a borracha. Em seguida, amassa-se a folha, deixando-a com volume próximo ao da borracha. Eleva-se a uma mesma altura, solta-as e observa-se que chegam juntos ao solo. Em seguida, pode-se perguntar o porquê de caírem juntas, sendo que não houve alteração das suas massas. Consideramos que esta demonstração de queda permite a constatação de que não é a massa que interfere no tempo de queda, e que se trata de uma queda amortecida pela resistência do ar” (Kielt, 2017, p. 77).

Exemplo na Química: Uma das reações características dos alcenos é a oxidação com o permanganato de potássio (KMnO₄).

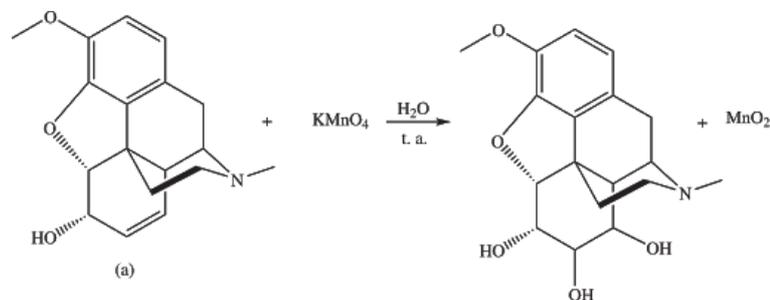


Figura 6 - Reação de identificação da dupla ligação – Teste de Bayer

Conforme Figura 6, observa-se o descoramento da solução violeta de permanganato de potássio pela reação com a dupla ligação do alceno, originando um precipitado castanho devido à formação do óxido de manganês IV (MnO₂). Essa reação de identificação é conhecida como Teste de Bayer (Pazinato, Braibante, Braibante, Trevisan & Silva, 2012; Soares et al., 2020).

O conhecimento da forma como se prepara e desenvolve a observação do epitélio da cebola, e o momento adequado para a sua aplicação em sala de aula, é tão específico do professor de biologia como o conhecimento relativo à preparação e desenvolvimento do experimento “queda livre e queda amortecida”, para demonstração destes fenômenos, é específico do professor de física ou o conhecimento que envolve o experimento de identificação de grupos funcionais, por o exemplo da reação de oxidação dos alcenos (presente em determinados medicamentos), é específico do professor de Química. Estas três atividades mobilizam, por parte dos professores destas disciplinas, diferentes conhecimentos não só no que diz respeito à preparação e aplicação em sala de aula, mas também porque o conhecimento teórico, que embasa estas atividades, é específico de cada uma das disciplinas.

Importa ainda destacar que as atividades práticas (Hodson, 1985, 1998; Leite, 2001), independentemente do caráter prático, laboratorial e/ou experimental, estão presentes nos diferentes modelos, integrados em diferentes domínios de acordo com o tipo de conhecimento que é mobilizado: conhecimento dos procedimentos e materiais necessários à realização da atividade - Conhecimento dos Temas; conhecimento da atividade como estratégia de ensino - Conhecimento do Ensino; conhecimento das teorias de aprendizagem associadas ao envolvimento dos estudantes com a matéria, no decorrer da atividade - Conhecimento das Características de Aprendizagem; conhecimento do enquadramento da atividade no currículo adequando o seu nível de

exigência - Conhecimento dos Padrões de Aprendizagem. Estas atividades, nas Ciências (BTSK, PTSK e CTSK), podem permear todos os subdomínios já que o conhecimento envolvido é muito complexo e variado.

Dessa forma, justificam-se as particularidades experimentais das diferentes Ciências que, embora apresentem características semelhantes, diferem entre si. As diferenças não são só epistemológicas, mas também no desenvolvimento das atividades práticas com os alunos, de tal forma que não se pode pressupor que os professores das diferentes Ciências possuam o mesmo conhecimento e possam exercer a profissão docente em qualquer uma delas. Importa atender à formação específica da área: à teoria e à prática; pois cada ciência tem sua particularidade não possibilitando um único modelo do conhecimento geral das Ciências, conforme previsto inicialmente com o modelo STSK.

Os exemplos já discutidos mostram como a estrutura sintática de cada ciência determina a construção dos subdomínios em cada modelo. Apesar de até o momento não ter sido realçada a importância da peculiaridade das palavras usadas na descrição dos subdomínios de cada modelo ela é essencial para correta interpretação dos mesmos por estudiosos da Educação em Biologia, da Educação em Química e da Educação em Física, pois, a adoção de uma terminologia compatível com a utilizada no âmbito da disciplina é fundamental para evitar dificuldades, ou mesmo erros, na interpretação da descrição dos conhecimentos de cada subdomínio.

A influência da acuidade terminológica está presente na construção do BTSK, do CTSK e do PTSK, embasando alterações no título e na descrição de subdomínios em cada um deles. No modelo Conhecimento Especializado de Professores de Biologia identifica-se dentro do conhecimento dos temas uma categoria inteiramente dirigida para esta disciplina intitulada como: Conhecimento de factos e fenómenos biológicos. Tal como o nome sugere, inclui o conhecimento mobilizado pelos professores sobre factos e fenómenos específicos da biologia como conhecimento sobre o facto de existirem sementes monocotiledóneas e dicotiledóneas ou o conhecimento sobre o fenómeno de germinação ou frutificação. Esta categoria não encontra paralelo em nenhum outro modelo, seja no MTSK ou em qualquer outro das ciências aqui apresentados.

De modo equivalente no CTSK a acuidade terminológica é o argumento apresentado por seus autores para a escolha do título do subdomínio ‘Conhecimento de Pesquisa e Desenvolvimento da Química’ devido à existência de “problemática com termos ambíguos, de modo que não havia clareza em algumas nomenclaturas” (Soares, 2019, p. 86). No modelo da Matemática este subdomínio é intitulado ‘Conhecimento da Prática Matemática’, porém o termo ‘prática’ remete, no âmbito da Química, ao trabalho

laboratorial, “trabalho de bancada”, daí a importância em adequar o título do subdomínio a realidade de cada área.

Na Física, o PTSK ao descrever o subdomínio ‘Conhecimento dos Tópicos da Física’ intencionalmente elimina o uso do termo ‘fenomenologia’, presente no MTSK no qual a ‘fenomenologia’ apresenta um caráter bivalente, sendo um deles o conhecimento de que o estudo de modelos leva a produção do conhecimento científico. No contexto da Física a palavra ‘fenomenologia’, está intimamente ligada a fenômenos que são seu principal objeto de estudo. Desta forma, revelou-se pertinente a criação de uma categoria que integrasse este conhecimento. A produção do conhecimento a partir de modelos continua presente na descrição do PTSK, porém é intitulada como ‘modelos’ de modo a não gerar conflitos de compreensão em função das palavras escolhidas para descrição dos conhecimentos.

Ainda considerando o domínio do Conhecimento dos Conteúdos (BK; PK; CK) também se destaca a respeito do subdomínio do ‘Conhecimento da Estrutura’ de cada um dos modelos. O modelo da Biologia apresenta na descrição deste subdomínio as “*Big ideas*”, descritas como conhecimentos abrangentes do conteúdo que permitem a sua integração e relação com outros temas proporcionando o encontro dos aspectos e das características comuns e identificando aquilo que os distinguem.

No CTSK este subdomínio aborda as conexões entre as distintas áreas de abrangência, considerando aplicabilidade, representação e experimentação e no PTSK é a ideia de conceitos unificadores que “estão presentes em diversas áreas da Física, como energia e tempo” (Lima, 2018, p. 112). Apesar das aparentes divergências de conteúdo entre os diferentes modelos (incluindo o MTSK), todos eles se referem ao conhecimento da estrutura destas disciplinas. Ainda que nos modelos CTSK e PTSK não estejam identificadas as categorias, as autoras admitem a ideia de “conexões entre diferentes áreas” ou “conceitos unificadores” que em tudo se assemelham às *Big ideas* (grandes ideias) que no estudo particular de Luis e Carrillo (2020) é o tema reprodução das plantas. Deste modo, percebe-se a intersecção de aspectos presentes nos três modelos e, pelo que já foi descrito, percebe-se, também, a especificidade de cada um deles, tanto na diferenciação entre as Ciências como nos conhecimentos necessários para ensiná-las.

5 CONSIDERAÇÕES

As análises apresentadas compõem a descrição da diversidade teórica entre os modelos do Conhecimento Especializado de Professores das distintas áreas das Ciências. As características específicas de cada modelo, BTSK, CTSK e PTSK, justificam a interrupção do desenvolvimento de um único modelo, STSK, para o conjunto destas áreas, pois as particularidades são identificadas tanto no âmbito do domínio do conteúdo, quanto

no domínio pedagógico, em que no domínio do conteúdo percebe-se não apenas a diferenciação do conteúdo em si, mas também da estrutura sintática de cada área do conhecimento.

Além dos aspectos epistemológicos discutidos há também questões relacionadas com a acuidade terminológica necessária para descrição dos conhecimentos em cada subdomínio, de modo a não gerar enganos na interpretação de cada um dos modelos.

Desta forma, embora as Ciências apresentem aspectos correlatos, as suas especificidades diferem na mobilização de seus conhecimentos de modo que para atuar na profissão docente o professor necessita não somente do conhecimento do puro e aplicado, mas também de todo conhecimento interligado ao processo pedagógico de cada disciplina e da sua intersecção com as demais Ciências, tornando-se o conhecimento específico para ensinar cada uma das Ciências, a Biologia, a Química e a Física .

Assim, percebe-se que a adoção de um modelo único que se proponha a descrever o sistema de conhecimento de professores de ciências de modo único esbarraria em dificuldades estruturais que dificultariam seu uso para o estudo e compreensão destes conhecimentos em professores de Biologia, Química e Física.

Os argumentos que aproximam ou afastam estes modelos específicos de cada uma destas disciplinas são o resultado de uma primeira abordagem oriunda dos avanços de cada dos modelos. Esta análise permitiu compreender que o conhecimento da estrutura é comum a todas as disciplinas. A noção de *Big Ideia* enquanto tema globalizante e integrador de vários temas está presente nos três modelos, ainda que devido à particularidade de cada uma delas os temas sejam diferentes. Por outro lado, a necessidade de mudar a designação do subdomínio do conhecimento da atividade científica em cada um dos modelos evidencia precisamente essa unicidade que nos apraz realçar. Fica em aberto a dúvida relacionada com outras aproximações ou divergências entre estes modelos do conhecimento, como: “em que subdomínios ou categorias se encontrarão as interseções entre as disciplinas? ”, “haverá aspetos que aproximam apenas duas destas ciências? De que modo isso acontece e com que grau de intensidade? ” Estas são algumas questões que podem ser abordadas em próximas investigações e que proporcionarão o aprofundamento de todos os modelos de conhecimento especializado do professor destas três ciências.

Referências

- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of teacher education*, 59(5), 389-407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Bellini, M. (2007). Epistemologia da biologia: Para se pensar a iniciação ao ensino das ciências biológicas. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 88(218). <http://dx.doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.88i218.763>
- Carrillo, J., Climent, N., Montes, M., Contreras-González, L., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D., & Muñoz-Catalán, M. (2018). The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model. *Research in Mathematics Education*, 20(3), 236-253. <https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1479981>
- Driver, R. (1985). *Children's ideas in science*. England: Open University Press.
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. (pp. 28–42). New York: Routledge.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in science education*, 12, 25-57.
- Hodson, D. (1998). Is this really what scientist do? In J. Wellington (Ed.), *Practical work on school science. Which way now?* (pp. 93-108). Londres: Routledge.
- Kielt, E. D. (2017). *Utilização integrada do Just-In-Time Teaching e Peer Instruction como ferramentas de ensino de mecânica no ensino médio mediadas por APP* (Dissertação de mestrado). Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2470>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, present and future. In N. G. S. K. Abell (Ed.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, New Jersey.
- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In H. V. Caetano, & M. G. Santos (Orgs.), *Cadernos didáticos de ciências 1* (pp. 79-97). Lisboa: Departamento do Ensino Secundário. <http://hdl.handle.net/1822/10295>
- Lima, S. S. (2018). *Conhecimento especializado de professores de Física: Uma proposta de modelo teórico*. (Dissertação de Mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil. https://www.researchgate.net/publication/332034659_CONHECIMENTO_ESPECIALIZADO_DE_PROFESSORES_DE_FISICA_UMA_PROPOSTA_DE_MODELO_TEORICO
- Loughran, J., Milory, P., Berry, A. G., & Mulhall, P. (2001). Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs. *Research in Science Education*, 31(2), 289-307. <https://doi.org/10.1023/A:1013124409567>

- Luís, M., & Carrillo, J. (2020). O modelo do conhecimento especializado do professor de Biologia (btsk). *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 11(7), 19-36. <https://doi.org/10.26843/10.26843/rencima.v11i7.2788>
- Luís, M., Carrillo, J., & Monteiro, R. (2019). Ensinar a reprodução das plantas com as lentes BTKS. In *IV Congreso Iberoamericano sobre Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas, Huelva, España, 10-12 septiembre 2019* (pp.79-86). Huelva: uhu.es Publicaciones.
- Luís, M., Monteiro, R., & Carrillo, J. (2015). Conhecimento especializado do professor para ensinar ciências. In *Encontro Nacional de Educação em Ciências, XVI, Lisboa, 10-12 setembro 2015* (pp.1-6). Lisboa: APEDuC.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implication for science education* (pp.95-132). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Marques, M. (2020). *Conhecimento especializado de professores de Biologia: Análise de relatos de prática no Ensino Médio*. (Dissertação de Mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil. http://ppgen.cba.ifmt.edu.br/media/filer_public/6e/06/6e06c8d2-abe3-4e1f-a0c3-3a0f4dffa3f8/dissertacao_marcela_marques.pdf
- Paiva, F. G., Silva, A. M., Paiva, T. I., & Almeida, L. M. (2018). Práticas no Ensino de Biologia: Conhecendo a Célula do Tecido da Cebola. *Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, III*. Campina Grande. <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/43318>
- Pajares, F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-332. <https://doi.org/10.3102/00346543062003307>
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). National Board Certification (NBC) as a catalyst for teacher's learning about teaching: The effect of the NBC process on candidate teachers' PCK development. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 812-834. <https://doi.org/10.1002/tea.20234>
- Pazinato, M. S., Braibante, H. T., Braibante, M. E., Trevisan, M. C., & Silva, G. S. (2012). Uma Abordagem diferenciada para o ensino de funções orgânicas através da temática medicamentos. *Química Nova na Escola*, 34(1), 21. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_1/05-EA-43-11.pdf
- Pimenta, S. G. (2012). Formação de professores: Identidades e saberes da docência. In S. G. Pimenta (Ed.), *Saberes pedagógicos e atividades de docência* (pp.15-34). São Paulo: Cortez.
- Santos, E., Valente, O., Matos, J., Gonçalves, A., Rendas, A., Pinto, P., & Pereira, M. (1997). *Ensino das Ciências*. Brasília: Ministério da Educação Instituto da Inovação Educacional.
- Schoenfeld, A. H. (2010). *How we think: A theory of goal-oriented decision making and its educational applications*. New York: Routledge.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1-22. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>

-
- Soares, S. T. (2019). *Conhecimento especializado de professores de Química – CTSK: Proposta de modelo teórico*. (Dissertação de Mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Brasil. http://ppgen.cba.ifmt.edu.br/media/filer_public/a9/34/a9340feb-fba8-4403-90c1-86e1ea9b85a4/dissertacao_-_suse1_tais_coelho_soares.pdf
- Soares, S. T., Lima, S. S., & Carbo, L. (2020). Conhecimento especializado de professores de química: Modelo teórico. *Revista REAMEC*, 8(2), 648-666. <https://doi.org/10.26571/reamec.v8i2.10255>
- Tardif, M. (2014). *Saberes docentes e formação profissional*. Petrópolis: Editora Vozes.
- Wong, S. L., & Hodson, D. (2008). From the horse`s mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. *Science Studies and Science Education*, 93(1), 109-130. <https://doi.org/10.1002/sce.20290>