



O modelo do conhecimento especializado do professor de Biologia (btsk)

The Biology teaching specialised knowledge model (btsk)

Mónica Luís

Agrupamento de Escolas José Belchior Viegas, monicaluis2010@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0001-8041-3670>

José Carrillo

Universidad de Huelva, Departamento de Didáctica de las Ciencias y Filosofía,
carrillo@uhu.es

 <http://orcid.org/0000-0001-7906-416X>

Resumo

A investigação que aqui se apresenta teve como objetivo a adaptação do modelo do conhecimento especializado do professor de matemáticas (MTSK) a uma disciplina de natureza epistemológica significativamente diferente, a biologia. Para a construção deste modelo foram observadas 14 aulas no decorrer do ensino do tema da reprodução das plantas a crianças de 8 e 12 anos de idade, a frequentar o 3º e o 6º ano de escolaridade. Foram igualmente realizadas 3 entrevistas. O desenho da investigação enquadra-se num estudo de casos instrumental, no qual foi estudado o conhecimento de duas professoras, escolhidas entre os seus pares pela sua relevância para o estudo. A informação foi recolhida a partir de vídeo-gravação e áudio-gravação e analisada usando o instrumento de análise em construção, o BTKS, e a metodologia de análise de conteúdo. O resultado foi a caracterização do modelo do conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia. Este modelo empírico é composto por três domínios do conhecimento: conhecimento da biologia, conhecimento pedagógico do conteúdo da biologia e domínio das crenças, divididos em subdomínios e categorias.

Palavras-chave: Conhecimento especializado. Ensino. Aprendizagem. Biologia. Modelo do conhecimento.

Abstract

The research presented here aimed to adapt the model of specialized knowledge of the mathematics teacher (MTSK) to a discipline of a significantly different epistemological nature, biology. For the construction of this model, 14 classes were observed during the teaching of the theme of plant reproduction to children of 8 and 12 years of age, attending the 3rd and 6th years of schooling. Three interviews were also carried out. The research design is part of an instrumental case study, in which the knowledge of two teachers, chosen among their peers for their relevance to the study, was studied. The information was collected from video recording and audio recording and analyzed using the analysis tool under construction, BTSK, and the content analysis methodology. The result was the characterization of the professor's specialized knowledge model when teaching biology topics. This empirical model is composed of three domains of knowledge: knowledge of biology, pedagogical knowledge of the content of biology and domain of beliefs, divided into subdomains and categories.

Keywords: Specialized knowledge. Teaching. Learning. Biology. Knowledge model.

Introdução

O interesse pelo tema tem origem na participação do primeiro autor nos programas de formação sobre o ensino experimental das ciências, em Portugal, em que um dos temas consistia na exploração das condições de germinação das sementes. Posteriormente, a mesma investigadora desenvolveu uma dissertação de mestrado sobre as concepções prévias dos alunos sobre o tema da reprodução das plantas ao longo da escolaridade de nove anos (duração da escolaridade obrigatória em Portugal, em 2010). Nesta investigação, a autora teve o primeiro contacto com o conhecimento do professor, em particular com a importância do conhecimento sobre as ideias prévias dos alunos. A aproximação com a equipa de investigação em conhecimento especializado do professor, da Universidade de Huelva, da qual o segundo autor é coordenador, estabeleceu a ligação entre o conhecimento das concepções prévias dos alunos e uma plataforma de potencial conhecimento do professor de biologia: que conhecimento revela um professor quando ensina o tema, além do conhecimento das concepções prévias?

Este artigo é parte de uma investigação que constitui numa tese de doutoramento. O principal foco dessa investigação foi saber que conhecimento foi evidenciado por duas professoras quando ensinaram a reprodução das plantas a crianças de 3º e 6º anos de escolaridade. Este grande objetivo foi dividido em três objetivos de menor dimensão mas não de menor importância: i) identificar o conhecimento evidenciado pelas duas professoras no decurso do ensino do tema da reprodução das plantas a crianças de 3º e 6º anos (com 8 e 12 anos de idade); ii) caracterizar o conhecimento evidenciado pelas professoras e iii)

construir um modelo de conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia.

A atenção, neste artigo, foi orientada para o terceiro objetivo desta investigação maior: construir um modelo do conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia. Por uma questão de facilitar a designação do modelo, usar-se-á a denominação BTSK da tradução inglesa *Biology Teaching Specialised Knowledge*.

No subtítulo do Marco teórico deste trabalho são apresentados alguns modelos do conhecimento do professor e é justificada a opção de escolha de um modelo do conhecimento do professor de matemática em detrimento de outros modelos do conhecimento do professor de ciências. Posteriormente, o modelo BTSK é caracterizado de forma teórica com base nos aspectos do conhecimento do professor já identificados por investigadores da área. No Desenho metodológico são apresentadas as escolhas metodológicas relativamente ao objetivo, caracterização e desenho de investigação, bem como os instrumentos de recolha e tratamento da informação. Em Resultados e análise são apresentados os domínios, subdomínios e categorias identificadas bem como caracterizado o conhecimento que se inclui em cada uma delas. A Conclusão revela as conclusões e reflexões sobre a investigação realizada no que diz respeito ao alcance do objetivo definido, as limitações dos resultados e perspectivas de trabalhos futuros.

Marco teórico

A teoria do conhecimento apresentado por Shulman (1986, 1987) mantém-se atual, apesar dos seus 40 anos. A ideia fundamental deste investigador continua a refletir um conhecimento sólido e consistente do professor não só sobre o conteúdo mas sobre a didática. Apresenta dimensões do conhecimento que se mantém mais ou menos evidentes nos modelos dos investigadores que lhe sucederam. As dimensões do conhecimento que apresenta são sete: conhecimento sobre o conteúdo, conhecimento pedagógico geral, conhecimento do currículo, conhecimento pedagógico do conteúdo, conhecimento sobre os alunos e as suas características, conhecimento do contexto educacional e conhecimento sobre os objetivos do ensino.

Os modelos de Grossman (1990), Magnusson, Krajcik e Borko (1999) e Park e Oliver (2008), apresentados no quadro 1, são todos ligados ao ensino das ciências. Todos os modelos são denominados como Conhecimento Pedagógico do Conteúdo ou *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) e as diferenças entre eles surgem apenas entre as designações dos domínios que apresentam ou não as crenças e alternam entre os termos “orientação para o ensino” e “objetivos para o ensino”.

Em 2012 realizou-se a primeira cimeira do PCK. Nesta cimeira, participaram 32 investigadores de PCK, entre os quais Amanda Berry, Jan Van Driel, John Loughran, Marissa Rollnick e Soonhye Park, com participação especial de Lee Shulman. Os

investigadores, provenientes de sete países, partilharam as suas investigações no âmbito PCK, nas disciplinas de matemática e ciências, com objetivo de construir um modelo unificador das diferentes concepções do PCK e que melhor representasse o conhecimento do professor e a prática docente.

Quadro 1 - Domínios dos PCK

Grossman (1990)	Magnusson <i>et al.</i> (1999)	Park e Oliver (2008b)
	Conhecimento de avaliação em ciência	Conhecimento de avaliação da aprendizagem de ciência
Conhecimento de estratégias instrucionais e representações para o ensino de tópicos específicos	Conhecimento de estratégias instrucionais	Conhecimento de estratégias instrucionais para ensinar ciência
Conhecimento do entendimento, concepções prévias ou alternativas dos alunos sobre um tópico específico de um assunto	Conhecimento da compreensão científica dos alunos	Conhecimento da compreensão científica dos alunos
Conhecimento do currículo e dos materiais curriculares.	Conhecimento do currículo de ciências	Conhecimento do currículo de ciências
Conhecimento e crenças sobre os objetivos de ensinar uma disciplina	Orientação para o ensino de ciências	Orientação para o ensino de ciências

Fonte: Grossman (1990), Magnusson *et al.* (1999) e Park e Oliver (2008)

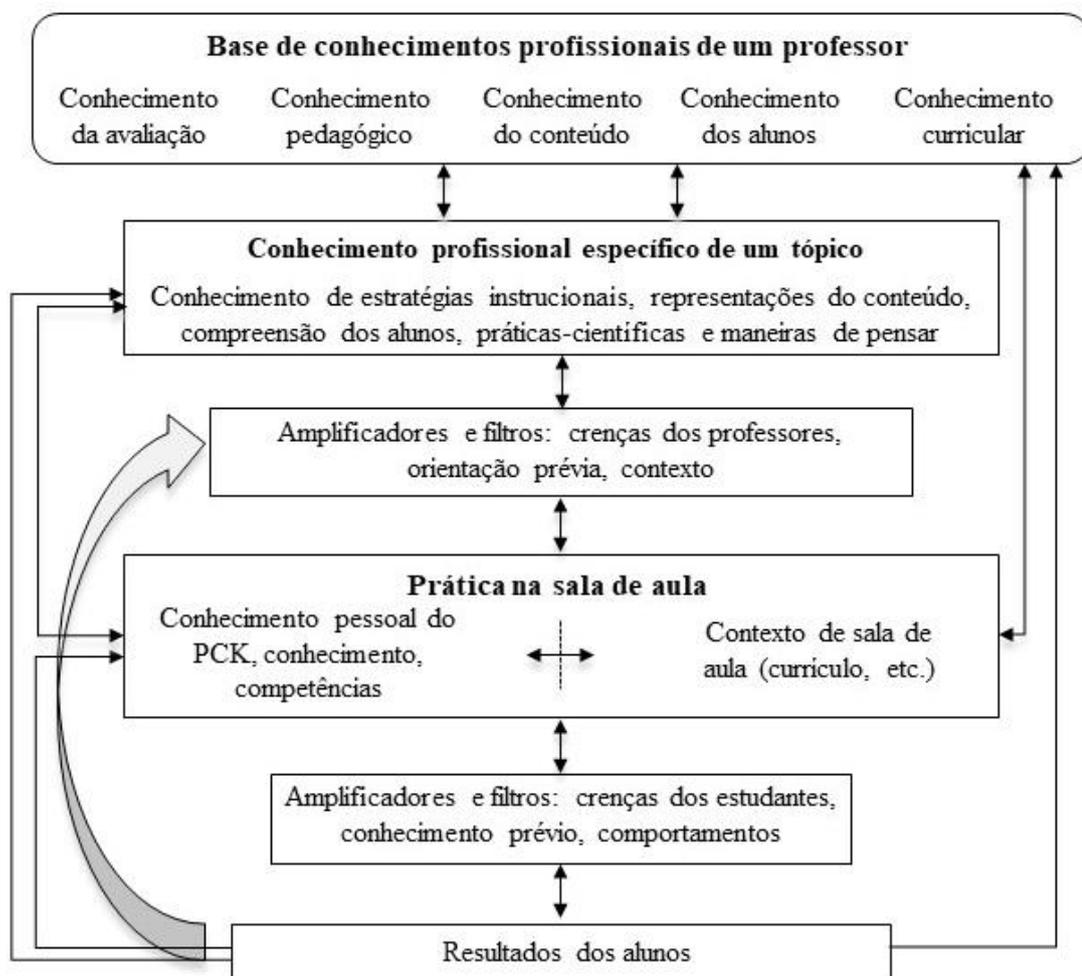
(traduzido).

Este modelo foi publicado em 2015 num artigo de Gess-Newsome e foi designado como modelo consensual do Conhecimento Profissional do Professor & Competências (GESS-NEWSOME, 2015). Este modelo, apesar da designação, inclui aspetos além do PCK como os resultados escolares e a interação com os alunos. É um modelo dinâmico e genérico, aplicável a qualquer disciplina das ciências ou matemática, e representa a grande ideia (*Big Idea*) do conhecimento do professor, feito a partir dos aspetos identificados por Shulman (1986, 1987), presentes na estrutura de topo do modelo, ilustrado na figura 1. Essa estrutura de topo é designada como a base do conhecimento profissional do professor. É proveniente da investigação, da formação inicial e referenciada pelas melhores práticas e é traduzido no conhecimento profissional sobre os temas. Mas continua a ser um conhecimento teórico.

O conhecimento é ampliado ou filtrado de acordo com as suas crenças, orientações, conhecimento prévio ou o contexto no qual tem de ensinar. É em sala de aula que o professor usa o PCK através do contacto direto com os alunos. É um conhecimento dinâmico no qual conhecimento teórico é constantemente influenciado pelo contexto de ensino no momento.

Quase de forma paralela à elaboração do modelo do Conhecimento Profissional do Professor & Competências, é construído, na Universidade de Huelva, Espanha, outro modelo do conhecimento do professor: Conhecimento Especializado do Professor de Matemáticas (MTSK, na designação inglesa *Mathematics Teaching Specialised Knowledge*). Este modelo, praticamente concluído, apresenta o conhecimento do professor em três domínios distintos: dois domínios de conhecimento e um domínio de crenças que, de acordo com os autores, constitui o conhecimento pessoal e profundamente subjetivo (CARRILLO, CLIMENT, *et al.*, 2018).

Figura 1 - Modelo consensual do Conhecimento Profissional do Professor & Competências



Fonte: Gess-Newsome, 2015

O modelo do Conhecimento Profissional do Professor & Competências está direcionado para as ciências, no geral, e seria o modelo mais adequado para servir de instrumento de análise, no momento de identificar e caracterizar o conhecimento das duas professoras, no decorrer do ensino do tema da reprodução das plantas. No entanto,

apresenta aspetos que não são conhecimento, como a interação do professor com os alunos, o contexto em que decorre o ensino ou os resultados escolares dos alunos.

O modelo MTSK integra apenas conhecimento e encontra-se detalhado ao nível de subdomínios e categorias. No entanto está desenhado especificamente para a matemática e esta disciplina é bastante diferente da biologia (BELLINI, 2007).

As características do conhecimento biológico fizeram-no muito diferente (...) do matemático; as ciências biológicas não podem constituir seu campo de conhecimento sem a primazia de seus objetos. Já para a elaboração dos conhecimentos matemáticos, pode dizer-se que a primazia é do sujeito. (BELLINI, 2007, p. 32)

As disciplinas de matemática e biologia têm diferenças muito profundas especialmente na natureza do conhecimento científico. Este aspeto confirma a especificidade do modelo do conhecimento especializado do professor de matemáticas à sua disciplina, mas abre também uma janela de oportunidade à criação de um modelo do conhecimento específico e próprio do professor de biologia. Assim, as diferenças epistemológicas entre as duas disciplinas proporcionam a possibilidade de produzir um modelo especializado do professor de biologia, sublinhando todas as diferenças que a natureza do conhecimento de ambas as disciplinas evidenciem.

Deste modo, caracteriza-se teoricamente o modelo BTKS à luz do MTSK, com três domínios: Conhecimento da biologia, Conhecimento pedagógico do conteúdo e Crenças. O domínio do conhecimento da biologia é caracterizado como o conhecimento aprofundado e abrangente do professor sobre o conteúdo reprodução das plantas (VAN-DIJK e KATTMAN, 2007; PARK e CHEN, 2012), o conhecimento sobre as diferentes possibilidades de interação deste tema com outros (SHULMAN, 1986, 1987; BALL e BASS, 2000; KÄPYLÄ, HEIKKINEN e ASUNTA, 2009) e o conhecimento sobre os processos científicos (AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE, 1993; ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000).

O domínio do conhecimento pedagógico do conteúdo inclui o conhecimento sobre as estratégias/recursos para o ensino da biologia (BLANCO, MELLADO e RUIZ, 1995; MAGNUSSON, KRAJCIK e BORKO, 1999; BYBEE, TAYLOR, *et al.*, 2006; Gess-Newsome, 2015), sobre as características da aprendizagem dos alunos (PESSIN e NASCIMENTO, 2010; GESS-NEWSOME, 2015; KOLB, 2015; BEZERRA, RODRIGUES, *et al.*, 2017; VASCONCELOS, CARDOSO e VASCONCELOS, 2018) e o conhecimento das diretrizes do ministério e outros documentos orientadores (SHULMAN, 1987; MAGNUSSON, KRAJCIK e BORKO, 1999).

O domínio das crenças inclui as ideias próprias dos professores sobre a biologia, a produção do conhecimento científico, os estudantes, o ensino, a aprendizagem ou o currículo, presentes na tomada de decisões e nas formas de agir dos professores (GESS-NEWSOME, 2015; CARRILLO, CLIMENT, *et al.*, 2018). Trata-se de um conhecimento subjetivo (GÓMEZ-CHACÓN, 2003) ou conhecimento implícito (PEHKONEN e PIETILÄ, 2003)

Desenho metodológico

O objetivo desta investigação foi a construção de um modelo do conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia, o tópico da reprodução das plantas.

A investigação é de cariz qualitativo de acordo com Silva (2013), pois destaca-se o “caráter descritivo, interpretativo e compreensivo com que se analisa o social, valorizando o significado da acção e o papel dos sujeitos na construção social da realidade” (p.77). Valoriza-se a contextualização e a perspetiva dos atores sociais e a “realidade é revelada mediante os significados atribuídos pelos sujeitos em acção reconhecendo a subjectividade (...)” (p.77).

A pesquisa qualitativa é multimetodológica no foco, envolvendo uma abordagem interpretativa e naturalista do seu assunto. Isso significa que os pesquisadores qualitativos estudam coisas no seu ambiente natural, tentando entender ou interpretar fenômenos em termos dos significados que as pessoas lhes atribuem. (DENZIN e LINCOLN, 1998, p. 3)

A informação foi recolhida no seu próprio contexto, em sala de aula, com alunos, nos momentos em que foi ensinado o tema reprodução das plantas. Apresenta, por isso, as características de um estudo naturalista de acordo com Lincoln e Guba (1989) e Denzin e Lincoln (1998). O fenómeno social que se pretendeu estudar (o conhecimento do professor) e o ambiente natural em que ocorreu, e naturalmente ocorre, são completamente interdependentes. No caso desta investigação, que constitui um estudo de caso, os multimétodos referidos por Denzin e Lincoln (1998) recaem sobre as entrevistas, observações e análise de documentos. Para além dos métodos de recolha da informação como estratégia investigativa ancorou-se a verdade em paradigmas específicos de modo a melhor se estudar o objeto.

Esta investigação está envolta num paradigma particular, num conjunto específico de ideias ou num sistema de crenças sobre a natureza do mundo e das funções dos investigadores que condicionam a interpretação e sustentam as suas ações (GUBA e LINCOLN, 1994; BASSEY, 1999). Não se resistiu ao uso a denominação de Denzin (2012) o paradigma “é a doutrina do significado, a teoria da verdade” (p.82)

Assim, o paradigma desta investigação é interpretativo (BASSEY, 1999) já que o que se fez foi compreender e caracterizar uma realidade. O conhecimento mobilizado pelos dois professores quando ensinam o tema da reprodução das plantas, não é uma realidade absoluta, não é concreta e esteve sujeita à interpretação dos investigadores enquanto humanos e professores. Mas também é construtivista na medida em que o objetivo é a construção da ideia: conhecimento do professor quando ensina tópicos da biologia; sujeita a melhorias e aperfeiçoamento ao longo do tempo (CARR e KEMMIS, 1986, em LINCOLN e GUBA, 1989). De acordo com as palavras de Schwandt (1994) a forma de interpretar a realidade de construtivistas e interpretativistas coincide na ideia de que os significados são criados pela ação humana:

Construtivistas e interpretativistas, no geral, estão focados no processo pelo qual os significados são criados, negociados, sustentados e modificados dentro de um contexto específico da ação humana. Os meios ou processos pelos quais o investigador atinge este tipo de interpretação da ação humana (bem como as finalidades ou objetivos do processo) é chamado “Verstehen” (conhecimento). (SCHWANDT, 1994, p. 225).

O que foi observado esteve dependente de fatores impossíveis de controlar. O facto dos investigadores terem estado a observar a sala de aula, presencialmente ou apenas através da câmara de filmar, pode ter modificado a realidade que se queria capturar. As questões colocadas nas entrevistas e o facto de terem sido solicitadas as planificações das aulas também podem alterar a «verdade» que se pretende relatar. Mas há outros fatores como a experiência do observador, enquanto observador e enquanto professor, as suas crenças pessoais sobre a educação, em geral, ou sobre o ensino da reprodução das plantas, em particular, que podem também influenciar como se vê a realidade. Esta posição de Bassey (1999) já havia sido tomada por Merriam (1998) que resume esta ideia dizendo que existem múltiplas realidades moldadas pela ação humana e interpretadas pelos olhos de quem as observa.

O desenho de investigação corresponde a um estudo de casos do tipo instrumental (STAKE, 2005) pois pretendeu-se conhecer o conhecimento evidenciado durante o ensino de um tema das ciências naturais. Assim, estudaram-se dois casos. Foram duas realidades diferentes, em dois contextos diferentes que nos permitiram conhecer em profundidade um aspeto particular. Neste trabalho de investigação, a particularidade é aplicada não a uma realidade, mas a duas, em dois ciclos de ensino diferentes. A realidade do ensino do tema reprodução das plantas a alunos, do 2º ano do 1º CEB, não é a mesma quando o tema é ensinado a alunos de 6º, do segundo ciclo do ensino básico. Diferem pelos conteúdos, pela maturidade emocional e psicológica dos alunos, pelo ambiente escolar, ..., por isso se acrescenta que o desenho de investigação é um estudo de casos. Mais especificamente, de dois casos.

São dois os casos, escolhidos entre os pares por serem aqueles que podiam contribuir de forma mais significativa para a investigação, num processo designado por Patton (2002) e Nieuwenhuis (2007) como efeito bola de neve. Uma das professoras ensinava, na altura, o 3º ano, 1º ciclo, e a outra o 6º ano, 2º ciclo; equivalentes aos do ensino fundamental, no Brasil (alunos com 8 e 12 anos de idade). Foi acutelada a confidencialidade das identidades das professoras e dos alunos bem como das informações recolhidas. Os instrumentos de recolha da informação consistiram na audiogravação de aulas e entrevistas e videogravação de aulas. Estes instrumentos permitiram que os momentos pudessem ser ouvidos e vistos inúmeras vezes e a informação pudesse ser confirmada sempre que necessário (ROCHELLE, 2000).

A informação recolhida foi tratada com recurso a análise de conteúdo como procedimento de análise (BARDIN, 2012; KRIPPENDORF, 2018) e o modelo BTKS como instrumento de análise. A estratégia usada foi ajustar de forma contínua e sistemática as categorias à informação recolhida e ao conhecimento já identificado pela literatura na área das ciências ou da matemática.

A garantia da redução da subjetividade dos resultados foi dada a partir da triangulação de dados, de investigadores e metodológica (DENZIN, 2009; DENZIN e LINCOLN, 1998; STAKE, 1995, 2005). Foram recolhidas informação de dois professores em espaços e níveis de ensino diferentes (triangulação de dados); a informação foi analisada pelos investigadores autores deste artigo e pelos investigadores de um grupo de investigação (triangulação de investigadores) e as informações foram recolhidas através de três métodos: aulas, entrevistas e análise documental (triangulação metodológica).

Resultados e análise

O resultado desta investigação é o modelo empírico do conhecimento do professor quando ensina o tópico reprodução das plantas, tópico da biologia. O conhecimento identificado foi organizado em domínios, subdomínios e categorias que emergiram ao longo do estudo. Todos os domínios, subdomínios e categorias representam conhecimento especializado do professor para ensinar tópicos da biologia. No entanto, torna-se importante sublinhar o facto de existir neste modelo, um subdomínio que integra conhecimento comum a outras ciências. Trata-se do subdomínio Conhecimento da natureza da ciência (KNoS). Os aspetos da Natureza da Ciência (NoS) estão amplamente estudados por vários autores (WONG e HODSON, 2008; ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000; LEDERMAN, ABD-EL-KHALICK, *et al.*, 2002). As investigações desenvolvidas identificam diferentes aspetos do NoS apesar de existirem traços comuns entre elas. Mas não foi identificado ainda um conjunto de práticas exclusivas da biologia (LEDERMAN, 2007). Em suma, os aspetos do NoS definidos pelos diferentes investigadores e cientistas dizem respeito a práticas comuns a diferentes ciências, entre as quais a biologia.

Apesar desta conjectura, incluiu-se o subdomínio referente ao Conhecimento da Natureza da Ciência, no modelo BTKS. Existem vários motivos para se ter incluído este conhecimento num modelo específico do professor de biologia. Por um lado não está definido ou não existe a Natureza da Biologia (LEDERMAN, 2007), por outro inclui práticas associadas à criação e validação do conhecimento científico em biologia e finalmente, registou-se, no decorrer da observação das aulas das professoras, evidências deste conhecimento.

Feita esta ressalva apresentam-se os resultados conseguidos com este trabalho que se podem ver resumidos no quadro 2.

Domínio: Conhecimento da biologia. Conhecimento do professor sobre o conteúdo reprodução das plantas. Integra o conhecimento aprofundado e abrangente sobre o tema, as diferentes possibilidades de interação deste tema com outros e o conhecimento sobre os processos científicos (produção, validação, ...).

Subdomínio: Conhecimento dos temas da biologia. Conhecimento sólido e consistente sobre o tema reprodução das plantas.

Quadro 2 – Domínios, subdomínios e categorias do modelo do conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia (BTSK).

Domínios	Subdomínios	Categorias
Conhecimento da Biologia (<i>Biology Knowledge – BK</i>)	Conhecimento dos Temas da Biologia (<i>Knowledge of the Biology topics – KoBT</i>)	Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados.
		Conhecimento sobre leis, princípios e teorias da biologia.
		Conhecimento de factos e fenómenos biológicos.
		Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia.
		Conhecimento de modelos associados ao conteúdo da biologia.
	Conhecimento da Estrutura da Biologia (<i>Knowledge of Structure of Biology– KSB</i>)	Conhecimento de <i>Big Ideas</i> .
	Conhecimento da Natureza da Ciência (<i>Knowledge of the Nature of Science - KNoS</i>)	Conhecimento de métodos de investigação científica.
Conhecimento do estatuto da ciência e do conhecimento científico.		
Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (<i>Pedagogical Content Knowledge - PCK</i>)	Conhecimento do Ensino da Biologia (<i>Knowledge of Biology Teaching – KBT</i>)	Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia.
		Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia.
	Conhecimento das Características de Aprendizagem da Biologia (<i>Knowledge of the Features of Learning Biology - KFLB</i>)	Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia.
	Conhecimento dos Padrões de Aprendizagem da Biologia (<i>Knowledge of Biology Learning Standards - KBLS</i>)	Conhecimento das expectativas de aprendizagem do conteúdo da biologia num nível específico.
Conhecimento da sequenciação com os temas anteriores e posteriores a um determinado momento escolar.		
Crenças (<i>Beliefs</i>)	Subdomínio das Crenças sobre a Biologia (<i>Beliefs about Biology - BB</i>)	Crenças sobre a natureza da ciência.
	Subdomínio das Crenças sobre o ensino e a aprendizagem da Biologia (<i>Beliefs about Teaching and learning Biology - BTLB</i>)	Crenças sobre o ensino.

Fonte: Dados da Pesquisa

Categoria: Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados.
Conhecimento das definições ou propriedades específicas que caracterizam os elementos ou conceitos biológicos e dos exemplos que ajudam a defini-los.

Categoria: Conhecimento sobre leis, princípios e teorias da biologia. Conhecimento das leis, princípios e teorias associadas à reprodução das plantas.

Categoria: Conhecimento de factos e fenómenos biológicos. Conhecimento sobre os factos como verdades dogmáticas e dos fenómenos biológicos enquanto processos e sequências de acontecimentos biológicos.

Categoria: Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia. Conhecimento sobre os meios e instrumentos mais apropriados para realizar determinada observação bem como as técnicas a eles associados. Saber como desenvolver esse procedimento/observação e o momento mais adequado para o desenvolver.

Categoria: Conhecimento de modelos associados ao conteúdo da biologia. Conhecimento sobre estruturas, esquemas, modelos ou registos que permitem diferentes representações de um determinado conteúdo.

Subdomínio: Conhecimento da estrutura da biologia. Conhecimento da relação íntima e dependente entre um tema em estudo e outros através de uma característica comum. Por outras palavras, o conhecimento que o professor tem que lhe permite compreender as ligações entre os diferentes conceitos, factos e conceptualizações da disciplina.

Categoria: Conhecimento de Big Ideas. Conhecimento amplo e abrangente do conteúdo que permite a sua integração e relação com outros temas. Esse conhecimento facilita ainda o encontro de aspetos e características comuns aos temas e a identificação daquilo que os distingue.

Subdomínio: Conhecimento da natureza da ciência. Conhecimento sobre como se produz e valida a ciência que constitui uma componente central da literacia científica.

Categoria: Conhecimento de métodos de investigação científica. Conhecimento sobre os vários métodos ao alcance dos cientistas que lhe permitem fazer novas descobertas científicas ou consolidar conhecimento. Conhecimento de que existem várias formas de se realizarem descobertas sem que se siga um método científico pré-estabelecido, a criatividade e a tentativa contribuem para os avanços no conhecimento assim como os progressos tecnológicos.

Categoria: Conhecimento do estatuto da ciência e do conhecimento científico. Conhecimento de que o conhecimento científico é fiável e duradouro, mas não é uma verdade absoluta. Está sujeito a alterações provocadas por novas descobertas devido a mudanças culturais, evolução das tecnologias ou novas formas de pensar.

Domínio: Conhecimento pedagógico do conteúdo. Conhecimento que o professor tem sobre o ensino, as diretrizes do ministério e outros documentos orientadores, as características da aprendizagem dos alunos e o conhecimento sobre estratégias/recursos para o ensino.

Subdomínio: Conhecimento do ensino da biologia. Conhecimento das teorias de ensino, o conhecimento de estratégias, atividades, recursos, materiais no contexto do ensino das ciências e da biologia em particular.

Categoria: Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia. Conhecimento de estratégias, atividades, técnicas específicas para o ensino de um tópico da biologia e da sua potencialidade enquanto promotora de aprendizagem.

Categoria: Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia. Conhecimento dos recursos disponíveis para o ensino de um tópico da biologia, das suas potencialidades e das suas limitações.

Subdomínio: Conhecimento das características de aprendizagem da biologia. Conhecimento que o professor tem sobre a forma como os alunos aprendem biologia e sobre as teorias de aprendizagem.

Categoria: Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia. Conhecimento das concepções alternativas, ideias prévias, intuições dos alunos antes do ensino formal, sejam elas ideias muito distantes ou muito próximas do conhecimento escolar. Conhecimento dos conceitos, factos ou fenómenos que suscitam dificuldades ou são de fácil compreensão por parte dos alunos.

Subdomínio: Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia. Conhecimento do professor sobre o que o aluno deve aprender num determinado ano de escolaridade e com que profundidade, que relações têm esses conteúdos com os que já aprendeu em anos anteriores e que relações tem com os conteúdos que irá aprender no futuro.

Categoria: Conhecimento das expectativas de aprendizagem de um tópico da biologia num nível específico. Conhecimento dos conteúdos que devem ser apresentados aos alunos num nível de escolaridade específico. Integram-se também os procedimentos e capacidades que devem ser trabalhadas com os alunos desse nível não só sob indicação do Ministério da Educação e Ciência, mas também de associações ou entidades relevantes no âmbito educacional.

Categoria: Conhecimento da sequenciação com os temas anteriores e posteriores a um determinado momento escolar. Conhecimento sobre os conteúdos e capacidades que os alunos devem ter antes do ensino de determinado tema/conteúdo, ou seja, conhecimento dos pré-requisitos para a aprendizagem de determinado tema. Inclui também que conteúdos serão trabalhados posteriormente.

Domínio: Crenças. Integra o conhecimento pessoal dos professores sobre o conteúdo e sobre o processo de ensino e aprendizagem. Um conhecimento intrínseco e particular de tal forma subjetivo e implícito que é designado por crença.

Subdomínio: Crenças sobre a biologia. Integra as ideias pessoais sobre como acontecem as descobertas científicas e como se valida esse conhecimento ao nível das ciências.

Categoria: Crenças sobre a geração de conhecimento. Estas crenças podem centrar-se numa visão moderna da ciência e integrar a ideia de que o conhecimento é

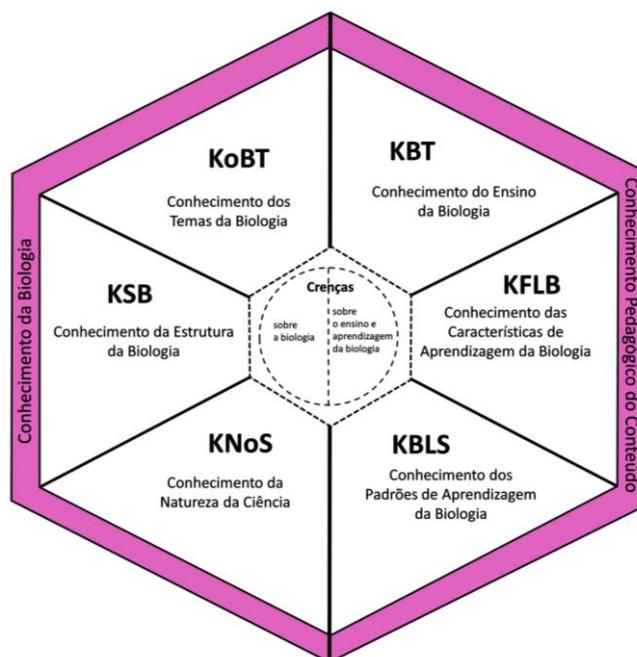
acumulação de observações metódicas e sistemáticas que permitem compreender e/ou identificar um acontecimento, uma realidade pré-existente.

Categoria: Crenças sobre os métodos científicos. Inclui a ideia de que para produzir ciência os cientistas seguem um conjunto de regras que consistem num método empírico que se inicia com a formulação de uma pergunta.

Subdomínio: Crenças sobre o ensino e aprendizagem da biologia. Integra as ideias relacionadas com a forma de estar do professor face ao ensino e à aprendizagem, que se reflete nas suas opções pedagógicas.

Categoria: Crenças sobre o ensino. Estas crenças podem refletir um ensino mais transmissivo no qual o professor é detentor do conhecimento que transmite aos seus alunos e a eles cabe-lhes ouvir e memorizar para aprenderem; ou refletir um ensino por descoberta em que o professor propõe atividades que os alunos desenvolvem sozinhos. Aprendem os conteúdos científicos a partir das observações que realizam e descobrem pelo que observam.

Figura 2 – Modelo do Conhecimento Especializado do Professor quando ensina tópicos da Biologia (BTSK)



Fonte: Dados da Pesquisa

A figura 2 representa graficamente o modelo BTSK. É um modelo hexagonal com o domínio do Conhecimento da biologia à esquerda com os seus três subdomínios e o domínio do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo à direita também com os seus três subdomínios. Ao centro o Domínio das Crenças. O limite do domínio das crenças encontra-se delimitado com linhas descontínuas. Esta opção gráfica dá ênfase ao facto das crenças influenciarem todos os domínios do conhecimento do professor e poderem modificar o seu

conhecimento. No decorrer desta investigação as professoras revelaram conhecimento sobre estratégias e técnicas de ensino do tema e simultaneamente crenças sobre o ensino. As suas crenças influenciam a sua forma de estar e de orientar o processo de ensino

Conclusões e considerações finais

Este trabalho permitiu a criação de um modelo do conhecimento especializado do professor de biologia (BTSK) adaptado do modelo MTSK (matemática), mas construído de forma empírica, sendo alcançado o seu objetivo. Foi possível através da análise do conhecimento evidenciado por duas professoras no decorrer do ensino do tema Reprodução das plantas com recurso à metodologia de análise de conteúdo e com recurso ao instrumento de análise em construção, o próprio BTSK. As aulas foram gravadas em vídeo e em áudio e o conhecimento identificado foi constantemente contrastado com a literatura existente sobre o conhecimento do professor.

Apesar das diferenças epistemológicas entre estas disciplinas, observou-se alguma similaridade no tipo de conhecimento que comportam a maioria dos subdomínios. O BTSK é constituído por dois domínios do conhecimento e um domínio de crenças. O domínio do conhecimento da biologia é composto por três subdomínios e integram o conhecimento sobre a biologia, o conhecimento das relações de similaridade existentes entre diferentes temas da biologia e o conhecimento da prática científica. O conhecimento pedagógico do conteúdo, específico do ensino da biologia, é outro domínio do conhecimento e integra o conhecimento das estratégias e recursos para o ensino da biologia, as características de aprendizagem do tema, nomeadamente das ideias prévias dos alunos, e o conhecimento do currículo e dos padrões de aprendizagem definidos. O domínio das crenças, ocupa um lugar central no modelo pois inclui o conhecimento subjetivo e próprio de cada professor, que influencia o seu conhecimento e a sua forma de organizar o ensino.

A maior diferença observa-se no subdomínio referente à prática científica já que as duas ciências produzem conhecimento de forma completamente oposta: a ciência está centrada no objeto que estuda e a matemática no sujeito que investiga (BELLINI, 2007). Por isso, a designação do subdomínio Conhecimento da natureza da ciência é específica das ciências e inclui as práticas associadas à produção do conhecimento científico em biologia.

A criação das categorias, não só da designação mas do seu conteúdo, decorreu ao longo do tempo com afinações constantes atendendo à literatura existente e ao conhecimento observado durante o ensino da reprodução das plantas. Por isso, o resultado é um modelo empírico que revela o conhecimento observado e não o conhecimento esperado ou desejado. O objetivo delineado para esta investigação foi alcançado na medida em que foi possível identificar e caracterizar o conhecimento mobilizado no decorrer do tema e construir este modelo.

Este trabalho de investigação foi direcionado para a construção do modelo do conhecimento especializado do professor quando ensina um tópico particular da biologia, a reprodução das plantas. Neste tópico é um de entre muitíssimos que integram os

diferentes ramos da biologia. Por isso se entende que outros trabalhos desta natureza seja necessários e possam contribuir de forma significativa para o aperfeiçoamento deste modelo. Podem ser validadas categorias já identificadas e/ou proporcionar a identificação de outro tipo de conhecimento e a criação de novas categorias. A identificação de novas categorias é uma realidade possível na medida que existem vários aspetos do conhecimento do professor de biologia, identificados pela literatura, que não encontraram reflexo nesta investigação.

A possibilidade do uso deste modelo na formação de professores, seja formação inicial ou formação contínua, é um aspeto que interessa particularmente. O conhecimento identificado com este trabalho pode orientar de forma mais objetiva a formação pois encerra conhecimento usado para o ensino. Apesar de se verificar ainda em construção, como já foi dito, tem potencial como instrumento de formação pois identifica o conhecimento envolvido no ensino de um tópico da biologia. Direcionar os programas de formação para a exploração e reflexão do conhecimento que importa ter para ensinar pode contribuir para melhorar a qualidade do conhecimento do professor e o ensino em si mesmo.

Referências

- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, 22(7), 2000. 665-701.
- ABRANTES, P. C. Introdução. O que é a filosofia da biologia? In: ABRANTES, P. C. **Leis e teorias em biologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 11-36.
- ALAKE-TUENTER, E. et al. Inquiry-based science teaching competence of primary school teachers: Delphi study. **Teaching and Teacher Education**, 35, 2013. 13-24.
- ALVARADO, D. A. R. et al. El cambio en las emociones de maestros en formación inicial hacia el clima de aula en una intervención basada en investigación escolar. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, 15, n. 2, 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10498/20781>>. Acesso em: 2020.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. **Project 2061 (American Association for the Advancement of Science). Benchmarks for science literacy**. Washington, DC.,: Oxford University Press, 1993.
- ANDERSON, E. H.; SPENCER, M. H. COgnitive representation of AIDS. In: CRESWELL, J. W. **Qualitative inquiry & research design. Chosing among five approaches**. 2^a. ed. London: Sage Publication, 2007. p. 259-283.
- ARKSEY, H.; KNIGHT, P. **Interviewing for social scientist**. London: Sage Publication, 1999.
- AYDİN, S. et al. Professional Journals as a Source of PCK for Teaching Nature of Science: An Examination of Articles Published in The Science Teacher (TST) (an NSTA Journal), 1995–2010. **Journal of Science Teacher Education**, 24, 2013. 977–997.
- BALL, D. L. .; BASS, H. Interweaving content and pedagogy in taching and learning to teach: Knowing and using mathematics. In: BOALER, J. **Multiple Perspectives on Mathematics of Teaching and Learning**. [S.l.]: Ablex Publishing., 2000. p. 83-104.

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2012.
- BASSEY, M. **Case study research in educational settings**. Buckingham: Open, 1999.
- BELLINI, M. Epistemologia da biologia: para pensar a iniciação das ciências biológicas. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 88, n. 218, p. 30-47, 2007.
- BERTATO, F. O critério de demarcação de Popper e a filosofia da biologia de Mayr. **Ciência & Ensino**, v. 4(1), p. 12-23, 2015.
- BEZERRA, A. et al. O ensino de botânica por meio da confecção de velas com essências naturais de plantas. **Biota Amazônia**, v. 7(4), p. 17-19, 2017.
- BLANCO, L.; MELLADO, V.; RUIZ, C. Conocimiento didáctico del contenido en ciencias experimentales y matemáticas y formación de profesores. **Revista de educación**, n. 307, p. 427-446, 1995.
- BRYMAN, A. **Social Research Methods (4th edition)**. USA: Oxford University Press, 2012.
- BUCKINGHAM, W. et al. **O livro da filosofia. As grandes ideias de todos os tempos**. São Paulo: Editora Globo, 2011.
- BYBEE, R. et al. **The BSCS 5E Instructional Model: origins effectiveness, and applications**. [S.l.]: [s.n.], 2006. Disponível em: <<http://www.fremonth.org/ourpages/auto/2008/5/11/1210522036057/bscs5eefullreport2006.pdf>>. Acesso em: 2017.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. **Perspetivas de ensino**. Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência, 2000.
- CARR, W.; KEMMIS, S. **Becoming critical: Education, knowledge and action**. London: The Palmer Press, 1986.
- CARRILLO, J. .; CONTRERAS, L. C. Un modelo de categorías e indicadores para el análisis de las concepciones del profesor sobre la Matemática y su Enseñanza. **Educación Matemática**, 7(3), 1995. 79-92.
- CARRILLO, J. **Modos de resolver problemas y concepciones sobre la Matemática y su enseñanza: metodología de la investigación y relaciones** (Tesis doctoral, Universidad de Huelva). Huelva, España: Universidad de Huelva Publicaciones, 1998.
- CARRILLO, J. et al. The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model. **Research in Mathematics Education**, 20 (3), 2018. 236-253.
- DENZIN, N. **The research act: A theoretical introduction to sociological methods**. New York: Routledge, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.4324/9781315134543>>.
- DENZIN, N. Triangulation 2.0. **Journal of Mixed Methods Research**, v. 6, n. 2, p. 80-88, 2012.
- DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **The landscape of qualitative research: Theories and issues**. Thousand Oaks, Calif: Sage Publications, 1998.
- GESS-NEWSOME, J. A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In: BERRY, A.; FRIEDRICHSEN, P.; LOUGHRAN, J. **Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education**. London: Routledge, 2015. p. 28-42.

- GÓMEZ-CHACÓN, I. M. La Tarea Intelectual en Matemáticas. Afecto, Meta-afecto y los Sistemas de Creencias. **Boletín de la Asociación Matemática Venezolana**, 10(2), 2003. 225-248.
- GROSSMAN, P. L. **The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education**. New York: Teachers College Press, 1990.
- GUBA, E. G.; LINCOLN, Y. Competing paradigms in qualitative research. In: DENZIN, N.; LINCOLN, Y. **Handbook of qualitative research**. Thousand Oaks, CA: Sage, 1994. p. 105-117.
- KÄPYLÄ, M.; HEIKKINEN, J.; ASUNTA, T. Influence of content knowledge on pedagogical content knowledge: The case of teaching photosynthesis and plant growth. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 10, p. 1395-1415, 2009.
- KOLB, D. A. **Experiential learning: Experience as the source of learning and development**. 2ª. ed. New Jersey: Financial Times Press, 2015.
- KRIPPENDORF, K. **Content analysis: An introduction to its methodology**. Los Angeles: Sage Publications, 2018.
- LEDERMAN, N. G. Nature of science: Past, present, and future. In: S. K. ABELL, N. G. L. & P. L. E. A. **Handbook of research on science education**. Mahwah, N. J.: [s.n.], 2007. p. 831-879.
- LEDERMAN, N. G. et al. Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment os learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39(6), p. 497-521, 2002.
- LINCOLN, Y.; GUBA, E. G. Ethics: The failure of positivist science. **The review of higher education**, Lincoln, Y. & Guba, E. (1989). Ethics: The failure of positivist science. The review of higher education. 12(3), 221-240. DOI: 10,1353/rhe.1989.0017, 12(3), 1989. 221-240.
- MAGNUSSON, S.; KRAJCIK, J.; BORKO, H. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. **Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implication for science education**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1999. p. 95-132.
- MERRIAM, S. B. **Qualitative research and case study applications in education**. San Francisco: Jossey-Bass, 1998.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **The role os theory in advancing 21st-century biology**. Washington. 2007.
- NIEUWENHUIS, J. Qualitative research design and data gathering techniques. In: MAREE, K. **First steps in research**. Pretoria: Van Schaik, 2007.
- PARK, S.; CHEN, Y. Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. **Journal of Research in Science Teaching**, 49(7), 2012. 922–941.
- PARK, S.; OLIVER, J. S. Nacional Board Certification (NBC) as a catalyst for teacher's learning about teaching: The effect of the NBC process on candidate teachers' PCK development. **Journal os Research in Science Teaching**, 45(7), 2008. 812-834.
- PATTON, M. Q. **Qualitative research and evaluation methods**. 3º. ed. Thousand Oaks: [s.n.], 2002.

- PEHKONEN, E.; PIETILÄ, A. On relationship between beliefs and knowledge in mathematics education. Bellaria, Itália: ERME, 2003. p. 1-8.
- PESSIN, L. R.; NASCIMENTO, M. T. **A importância das aulas práticas no ensino da biologia, a partir do processo de ensino e aprendizagem em aulas e atividades teórico-práticas.** II Congresso Estadual de Iniciação Científica e Tecnológica. Niterói: [s.n.]. 2010. p. 1-5.
- ROCHELLE, J. Choosing and using video equipment for data collection. In: KELLY, A.; LECH, R. **Handbook os research design in mathematics and science education.** London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2000.
- SCHWANDT, T. A. Constructivist, interpretivist approaches to human inquiry. In: N. K. DENZIN, & Y. S. L. **Handbook of qualitative research.** Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc., 1994. p. 118-137.
- SHULMAN, L. S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, 15(2), 1986. 4-14.
- SHULMAN, L. S. Knowledge and teaching: Foundation of the new reform. **Harvard Educational Review**, 57(1), 1987. 1-22.
- SILVA, E. A. As metodologias qualitativas de investigação nas ciências sociais. **Revista Angolana de Sociologia**, dez. 2013. 77-99.
- SILVA, M. M. et al. Conhecimento especializado de professor de biologia para ensinar embriologia humana. **Série Educar - Ciências, Biologia e Meio Ambiente**, Belo Horizonte, 32, 2020. 37-42. Acesso em: 2020.
- STAKE, R. **The art of case study research.** London: Sage publication, 1995.
- STAKE, R. Case studies. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **Strategies of qualitative inquiry.** 3^a. ed. Thousand Oaks: Sage publications, 2005. p. 443-466.
- VAN-DIJK, E. M.; KATTMAN, U. A research model for the study of science teachers PCK and improving teacher education. **Teaching and Teacher Education**, 23, 2007. 885-897.
- VASCONCELOS, C.; CARDOSO, A.; VASCONCELOS, M. L. **Socio-Scientific issues and scientific literacy.** 11th International Conference of Education, Research and Innovation. Sevilha: IATED Academy. 2018. p. 1-5.
- WONG, S. L.; HODSON, D. from the horse's mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. **Science Studies and science education**, p. 109-130, 2008.