

Universidad de Huelva

Departamento de Ciencias Integradas



O conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos de biologia

Memoria para optar al grado de doctora
presentada por:

Mónica Alexandra Correia Luís

Fecha de lectura: 20 de julio de 2021

Bajo la dirección de los doctores:

José Carrillo Yáñez

Rute Cristina Correia da Rocha

Nuria Climent Rodríguez

Huelva, 2021



O Conhecimento Especializado do Professor quando ensina Tópicos de Biologia



TESE DOUTORAL

MÓNICA ALEXANDRA CORREIA LUÍS

DIRIGIDA POR

JOSÉ CARRILLO YÁÑEZ

RUTE CRISTINA CORREIA DA ROCHA

NURIA CLIMENT RODRIGUEZ



Universidad
de Huelva

À vontade!

À alegria!

À liberdade!

À saúde!

À nossa!

ÍNDICE GERAL

I. INTRODUÇÃO	7
1. A REPRODUÇÃO DAS PLANTAS NO CURRÍCULO ESCOLAR PORTUGUÊS	7
2. A MOTIVAÇÃO PARA DESENVOLVER ESTA INVESTIGAÇÃO	10
3. O FOCO E OS OBJETIVOS	12
4. A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	14
II. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	16
1. INTRODUÇÃO	16
2. CONHECIMENTO DO PROFESSOR	17
2.1. <i>O que é o conhecimento? Conhecimento em ciências</i>	17
2.2. <i>O conhecimento especializado do professor</i>	19
3. O MODELO TEÓRICO DO CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DO PROFESSOR QUANDO ENSINA TÓPICOS DA BIOLOGIA (BTSK)	26
3.1. <i>Conceção e corpo dos modelos do conhecimento</i>	26
3.2. <i>As diferenças epistemológicas entre a matemática e a biologia</i>	27
3.3. <i>As origens do BTSK</i>	29
3.4. <i>O domínio do Conhecimento da Biologia</i>	31
3.5. <i>O domínio do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo</i>	42
3.6. <i>O domínio das Crenças</i>	55
4. SÍNTESE	64
III. DESENHO METODOLÓGICO	67
1. INTRODUÇÃO	67
2. OBJETIVO E PROBLEMAS DE INVESTIGAÇÃO	68
3. CARACTERIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO	70
4. DESENHO DA INVESTIGAÇÃO: ESTUDO DE CASO	73
4.1. <i>Seleção dos casos</i>	74
4.2. <i>Ética e confidencialidade</i>	75
5. INSTRUMENTOS DE RECOLHA DA INFORMAÇÃO	77
6. PROCESSOS E MÉTODOS SEGUIDOS NA ANÁLISE DA INFORMAÇÃO	79
6.1. <i>Procedimento metodológico e instrumento de análise</i>	79
6.2. <i>Procedimento na abordagem dos dados e da teoria</i>	87
6.3. <i>Triangulação</i>	93
7. SÍNTESE	95

IV. ANÁLISE DOS RESULTADOS -----	97
1. INTRODUÇÃO-----	97
2. RELATÓRIOS DE CASO-----	98
2.1. <i>Relatório de Caso da professora Ana</i> -----	98
2.2. <i>Relatório de Caso da professora Beatriz</i> -----	123
3. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO <i>BTSK</i> A PARTIR DAS EVIDÊNCIAS DO CONHECIMENTO DAS PROFESSORAS ANA E BEATRIZ-----	151
3.1. <i>O subdomínio do Conhecimento dos temas da biologia</i> -----	151
3.2. <i>O subdomínio do Conhecimento da estrutura da biologia</i> -----	163
3.3. <i>O subdomínio do Conhecimento da natureza da ciência</i> -----	166
3.4. <i>O subdomínio do Conhecimento do ensino da biologia</i> -----	171
3.5. <i>O subdomínio do Conhecimento das características de aprendizagem da biologia</i> -----	178
3.6. <i>O subdomínio do Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia</i> -----	184
3.7. <i>O subdomínio das Crenças sobre a biologia</i> -----	189
3.8. <i>O subdomínio das Crenças sobre o ensino e aprendizagem da biologia</i> -----	193
4. SUMÁRIO DO <i>BTSK</i> -----	198
4.1. <i>O domínio do Conhecimento da Biologia</i> -----	199
4.2. <i>O domínio do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo</i> -----	202
4.3. <i>O domínio das Crenças</i> -----	205
V. CONSIDERAÇÕES FINAIS -----	207
1. CONCLUSÕES RELATIVAMENTE AOS OBJETIVOS DEFINIDOS-----	207
2. POTENCIALIDADE E LIMITAÇÕES DO ESTUDO-----	210
3. TRABALHOS FUTUROS-----	211
VI. REFERÊNCIAS -----	213

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - MODELO CONSENSUAL DO CONHECIMENTO PROFISSIONAL DO PROFESSOR & COMPETÊNCIAS INCLUINDO O PCK E INFLUÊNCIAS NA PRÁTICA DE SALA DE AULA E RESULTADOS DOS ALUNOS. (GESS-NEWSOME J. , 2015) TRADUZIDO. - 22	
FIGURA 2 - MTSK - MODELO DO CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DO PROFESSOR DE MATEMÁTICAS (CARRILLO, ET AL., 2018).-----	24
FIGURA 3 - MODELO DO CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DO PROFESSOR QUANDO ENSINA TÓPICOS DA BIOLOGIA (LUÍS E MONTEIRO, 2016).-----	30
FIGURA 4 - MODELO DO CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DO PROFESSOR QUANDO ENSINA TÓPICOS DA BIOLOGIA (LUÍS E CARRILLO, 2020).-----	30

FIGURA 5 - DESTAQUE DO DOMÍNIO BK, DO MODELO <i>BTSK</i> . -----	31
FIGURA 6 - DESTAQUE DO SUBDOMÍNIO <i>KoBT</i> , DO MODELO <i>BTSK</i> . -----	32
FIGURA 7 - DESTAQUE DO SUBDOMÍNIO <i>KSB</i> , DO <i>BTSK</i> . -----	36
FIGURA 8 - <i>BIG IDEAS OF SCIENCE</i> ADAPT. DE HARLEN (2010), TRADUZIDO. -----	37
FIGURA 9 - DESTAQUE DO SUBDOMÍNIO <i>KNoS</i> , DO <i>BTSK</i> . -----	38
FIGURA 10 – CATEGORIAS DA NATUREZA DAS CIÊNCIAS (NOS) IDENTIFICADAS (ADAPT.) NOS TRÊS GRUPOS PROPOSTOS POR WONG E HODSON (2008), TRADUZIDO. -----	39
FIGURA 11 – CATEGORIAS DA NATUREZA CIÊNCIA DE WONG E HODSON (2008) E CONTRIBUIÇÕES ESPECÍFICAS DA BIOLOGIA DE LEDERMAN (1992), LEDERMAN, <i>ET AL.</i> (2002), TSAI (2006) E ADEGBOYE, <i>ET AL.</i> (2017), TRADUZIDO. -----	41
FIGURA 12 - DESTAQUE DO DOMÍNIO DO <i>PCK</i> , DO MODELO <i>BTSK</i> . -----	42
FIGURA 13 - DESTAQUE DO SUBDOMÍNIO <i>KBT</i> , DO MODELO <i>BTSK</i> . -----	43
FIGURA 14 - MODELO INSTRUCIONAL DE HERBART, EM BYBEE, <i>ET AL.</i> (2006), TRADUZIDO. -----	45
FIGURA 15 - MODELO INSTRUCIONAL DE DEWEY (BYBEE, <i>ET AL.</i> , 2006), TRADUZIDO. -----	45
FIGURA 16 - MODELO INSTRUCIONAL 5E, ADAPTADO DE BYBEE, <i>ET AL.</i> (2006), TRADUZIDO. -----	46
FIGURA 17 - DESTAQUE DO SUBDOMÍNIO <i>KFLB</i> , DO <i>BTSK</i> . -----	48
FIGURA 18 - DESTAQUE DO SUBDOMÍNIO <i>KBLS</i> , DO <i>BTSK</i> . -----	54
FIGURA 19 - DESTAQUE DO DOMÍNIO DAS CRENÇAS, DO MODELO <i>BTSK</i> . -----	55
FIGURA 20 - DESTAQUE DO SUBDOMÍNIO DAS CRENÇAS SOBRE A BIOLOGIA, DO <i>BTSK</i> . -----	57
FIGURA 21 - DESTAQUE DO SUBDOMÍNIO DAS CRENÇAS SOBRE O ENSINO E A APRENDIZAGEM DA BIOLOGIA, DO <i>BTSK</i> . -----	61
FIGURA 22 - TENDÊNCIAS DIDÁTICAS (CARRILLO E CONTRERAS, 1995; CARRILLO, 1998) E PERSPETIVAS DE ENSINO (CACHAPUZ, <i>ET AL.</i> , 2000). -----	62
FIGURA 23 – EXEMPLO DE TRANSCRIÇÃO DE AULA COM IDENTIFICAÇÃO DA PROFESSORA, DO EPISÓDIO, DO NÚMERO DE LINHA DE INÍCIO E DE FIM E UM TÍTULO ILUSTRATIVO DO CONTEÚDO DO EPISÓDIO. -----	80
FIGURA 24 – CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA ANA NO ÂMBITO DO SUBDOMÍNIO <i>KoBT</i> . -----	104
FIGURA 25 - CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA ANA NO ÂMBITO DO SUBDOMÍNIO <i>KNoS</i> . -----	108
FIGURA 26 - CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA ANA NO ÂMBITO DO DOMÍNIO DO <i>CONHECIMENTO DA BIOLOGIA</i> . -----	109
FIGURA 27 - CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA ANA NO ÂMBITO DO SUBDOMÍNIO <i>KBT</i> . -----	114
FIGURA 28 - CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA ANA NO ÂMBITO DO SUBDOMÍNIO <i>KFLB</i> . -----	116
FIGURA 29 - CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA ANA NO ÂMBITO DO SUBDOMÍNIO <i>KBLS</i> . -----	116
FIGURA 30 - CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA ANA NO ÂMBITO DO DOMÍNIO DO <i>CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO</i> . -----	117
FIGURA 31 - CRENÇAS DA PROFESSORA ANA EVIDENCIADAS DURANTE O ENSINO DO TEMA DA REPRODUÇÃO DAS PLANTAS. -----	120
FIGURA 32 – CATEGORIAS IDENTIFICADAS NO DECORRER DO ENSINO DA UNIDADE REPRODUÇÃO DAS PLANTAS, PELA PROFESSORA ANA. -----	121
FIGURA 33 - RELAÇÕES ENTRE O CONHECIMENTO DOS DIFERENTES SUBDOMÍNIOS: <i>KoBT</i> , <i>KBT</i> , <i>KFLB</i> E <i>BSLB</i> . -----	123

FIGURA 34 - CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA BEATRIZ NO ÂMBITO DO SUBDOMÍNIO <i>KoBT</i> .-----	133
FIGURA 35 - CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA ANA NO ÂMBITO DO SUBDOMÍNIO <i>KoBT</i> .-----	136
FIGURA 36 - CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA BEATRIZ NO ÂMBITO DO DOMÍNIO DO <i>CONHECIMENTO DA BIOLOGIA</i> . -----	136
FIGURA 37 - CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA BEATRIZ NO ÂMBITO DO SUBDOMÍNIO <i>KBT</i> . -----	141
FIGURA 38 - CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA BEATRIZ NO ÂMBITO DO SUBDOMÍNIO <i>KFLB</i> . -----	143
FIGURA 39 - CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA BEATRIZ NO ÂMBITO DO SUBDOMÍNIO <i>KBLS</i> . -----	144
FIGURA 40 - CONHECIMENTO MOBILIZADO PELA PROFESSORA BEATRIZ NO ÂMBITO DO DOMÍNIO DO <i>CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO</i> .-----	145
FIGURA 41 - CRENÇAS DA PROFESSORA BEATRIZ EVIDENCIADAS DURANTE O ENSINO DO TEMA DA REPRODUÇÃO DAS PLANTAS. -----	147
FIGURA 42 - CATEGORIAS IDENTIFICADAS NO DECORRER DO ENSINO DA UNIDADE REPRODUÇÃO DAS PLANTAS, PELA PROFESSORA BEATRIZ. -----	147
FIGURA 43 - RELAÇÕES ENTRE O CONHECIMENTO DOS DIFERENTES SUBDOMÍNIOS: <i>KoBT, KSB, KBT, KFLB, KBLS</i> E CRENÇAS SOBRE O ENSINO E APRENDIZAGEM DA BIOLOGIA. -----	150
FIGURA 44 – CATEGORIAS DO SUBDOMÍNIO DO <i>CONHECIMENTO DOS TEMAS DA BIOLOGIA</i> , DO <i>BTSK</i> . -----	163
FIGURA 45 - CONTRIBUIÇÃO DAS CATEGORIAS CONHECIMENTO DAS FORTALEZAS E DIFICULDADES ASSOCIADAS À APRENDIZAGEM DE UM CONTEÚDO (<i>MTSK</i>) E DA CATEGORIA CONHECIMENTO DOS PRINCIPAIS INTERESSES E EXPECTATIVAS DOS ESTUDANTES AO ABORDAR UM CONTEÚDO (<i>MSTK</i>) PARA A CRIAÇÃO DA CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DAS FORTALEZAS E DIFICULDADES ASSOCIADAS À APRENDIZAGEM DE UM CONTEÚDO DA BIOLOGIA (BTSK)</i> .-----	182

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 - O TEMA REPRODUÇÃO DAS PLANTAS NOS PROGRAMAS E METAS CURRICULARES DO ENSINO BÁSICO. -----	8
QUADRO 2 – DOCUMENTOS CURRICULARES DE REFERÊNCIA NO 1º CICLO, EM 2019. -----	9
QUADRO 3 - DOCUMENTOS CURRICULARES DE REFERÊNCIA NO 2º CICLO, EM 2019. -----	10
QUADRO 4 - DOMÍNIOS DOS <i>PCK</i> APRESENTADOS POR GROSSMAN (1990), MAGNUSSON <i>ET AL.</i> (1999) E PARK E OLIVER (2008B), TRADUZIDO PELOS AUTORES. -----	20
QUADRO 5 - DATAS E DURAÇÃO DAS AULAS OBSERVADAS E ENTREVISTAS REALIZADAS A DUAS PROFESSORAS DO 1º E 2º CEB; PROFESSORA ANA E BEATRIZ, RESPECTIVAMENTE. -----	77
QUADRO 6 – EXEMPLO DO REGISTO DOS EPISÓDIOS, DA SUA LOCALIZAÇÃO E DOS TÍTULOS QUE OS ENCABEÇAM.-----	80
QUADRO 7 – QUADRO DE INDÍCIOS ENCONTRADOS NAS TRANSCRIÇÕES DAS PROFESSORAS ANA E BEATRIZ (ADAP. MORIEL JUNIOR E CARRILO, 2014). -----	82
QUADRO 8 - EXEMPLO DA ANÁLISE DAS TRANSCRIÇÕES COM IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE DE CONTEXTO, UNIDADE DE SIGNIFICADO E CONHECIMENTO. -----	86

QUADRO 9 – CATEGORIZAÇÃO INICIAL E FINAL DO EXCERTO DA AULA 1 DA PROFESSORA ANA. -----	90
QUADRO 10 – CATEGORIZAÇÃO INICIAL E FINAL DE TRÊS EXCERTOS DA AULA 8 DA PROFESSORA ANA.-----	91
QUADRO 11 – CATEGORIZAÇÃO INICIAL E FINAL DO EXCERTO DA AULA 4 DA PROFESSORA BEATRIZ, ENTRE AS LINHAS 276 E 290. -----	92
QUADRO 12 – CÓDIGO E RESPECTIVA UNIDADE DE SIGNIFICADO DE EVIDÊNCIAS DE CONHECIMENTO RELATIVO AO SUBDOMÍNIO KObT, CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS DE OBSERVAÇÃO</i> . -----	99
QUADRO 13 - CÓDIGO E RESPECTIVA UNIDADE DE SIGNIFICADO DE EVIDÊNCIAS DE CONHECIMENTO RELATIVO AO SUBDOMÍNIO KObT, CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE FACTOS DE FENÓMENOS BIOLÓGICOS</i> . -----	100
QUADRO 14 - CÓDIGO E RESPECTIVA UNIDADE DE SIGNIFICADO DE EVIDÊNCIAS DE CONHECIMENTO RELATIVO AO SUBDOMÍNIO KObT, CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE CONCEITOS DA BIOLOGIA E DE EXEMPLOS ASSOCIADOS</i> . -----	102
QUADRO 15 - CÓDIGO E RESPECTIVA UNIDADE DE SIGNIFICADO DE EVIDÊNCIAS DE CONHECIMENTO RELATIVO AO SUBDOMÍNIO KNoS, CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA</i> .-----	105
QUADRO 16 - CÓDIGO E RESPECTIVA UNIDADE DE SIGNIFICADO DE EVIDÊNCIAS DE CONHECIMENTO RELATIVO AO SUBDOMÍNIO KNoS, CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DO ESTATUTO DA CIÊNCIA E DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO</i> . -----	106
QUADRO 17 - CÓDIGO E RESPECTIVA UNIDADE DE SIGNIFICADO DE EVIDÊNCIAS DE CONHECIMENTO RELATIVO AO SUBDOMÍNIO KBT, CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE ESTRATÉGIAS, CICLOS E SEQUÊNCIAS DE APRENDIZAGEM, TÉCNICAS E ATIVIDADES PARA O ENSINO DE UM CONTEÚDO DA BIOLOGIA</i> . -----	111
QUADRO 18 - CÓDIGO E RESPECTIVA UNIDADE DE SIGNIFICADO DE EVIDÊNCIAS DE CONHECIMENTO RELATIVO AO SUBDOMÍNIO KBT, CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE RECURSOS MATERIAIS, DE LINGUAGEM OU VIRTUAIS DE ENSINO ASSOCIADOS A UM CONTEÚDO DA BIOLOGIA</i> . -----	113
QUADRO 19 - CÓDIGO E RESPECTIVA UNIDADE DE SIGNIFICADO DE EVIDÊNCIAS DE CONHECIMENTO RELATIVO AO SUBDOMÍNIO KFLB, CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DAS FORTALEZAS E DIFICULDADES ASSOCIADAS À APRENDIZAGEM DE UM CONTEÚDO DA BIOLOGIA</i> . -----	114
QUADRO 20 - CÓDIGO E RESPECTIVA UNIDADE DE SIGNIFICADO DE EVIDÊNCIAS DE CRENÇAS AO SUBDOMÍNIO <i>CRENÇAS SOBRE A BIOLOGIA</i> .-----	117
QUADRO 21 - CÓDIGO E RESPECTIVA UNIDADE DE SIGNIFICADO DE EVIDÊNCIAS DE CRENÇAS AO SUBDOMÍNIO <i>CRENÇAS SOBRE O ENSINO E APRENDIZAGEM DA BIOLOGIA</i> .-----	119
QUADRO 22 - CÓDIGO E RESPECTIVA UNIDADE DE SIGNIFICADO DE EVIDÊNCIAS DE CONHECIMENTO DO SUBDOMÍNIO KObT, CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE CONCEITOS DA BIOLOGIA E DE EXEMPLOS ASSOCIADOS</i> .-----	125
QUADRO 23 - CÓDIGO E RESPECTIVA UNIDADE DE SIGNIFICADO DE EVIDÊNCIAS DE CONHECIMENTO DO SUBDOMÍNIO KObT, CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE FACTOS E FENÓMENOS BIOLÓGICOS</i> . -----	128
QUADRO 24 - CÓDIGO E RESPECTIVA UNIDADE DE SIGNIFICADO DE EVIDÊNCIAS DE CONHECIMENTO DO SUBDOMÍNIO KBT, CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE RECURSOS MATERIAIS, DE LINGUAGEM OU VIRTUAIS DE ENSINO ASSOCIADOS A UM CONTEÚDO DA BIOLOGIA</i> .-----	139
QUADRO 25 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA CONHECIMENTO CONCEITOS DA BIOLOGIA E DE EXEMPLOS ASSOCIADOS, DO KObT. -----	153

QUADRO 26 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CONHECIMENTO SOBRE LEIS, PRINCÍPIOS E TEORIAS EM BIOLOGIA</i> , DO <i>KoBT</i> . -----	155
QUADRO 27 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE FACTOS E FENÓMENOS BIOLÓGICOS</i> , DO <i>KoBT</i> .-----	157
QUADRO 28 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS DE OBSERVAÇÃO EM BIOLOGIA</i> , DO <i>KoBT</i> . -----	160
QUADRO 29 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE MODELOS ASSOCIADOS AO CONTEÚDO DA BIOLOGIA</i> , DO <i>KoBT</i> . -----	162
QUADRO 30 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE BIG IDEAS</i> , DO <i>KSB</i> .-----	165
QUADRO 31 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA</i> , DO <i>KNOS</i> . 168	
QUADRO 32 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DO ESTATUTO DA CIÊNCIA E DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO</i> , DO <i>KNOS</i> . -----	170
QUADRO 33 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE ESTRATÉGIAS, CICLOS E SEQUÊNCIAS DE APRENDIZAGEM, TÉCNICAS E ATIVIDADES PARA O ENSINO DE UM CONTEÚDO DA BIOLOGIA</i> , DO <i>KBT</i> . -----	173
QUADRO 34 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DE RECURSOS MATERIAIS DE LINGUAGEM OU VIRTUAIS DE ENSINO, ASSOCIADOS A CONTEÚDO DA BIOLOGIA</i> , DO <i>KBT</i> .-----	178
QUADRO 35 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DAS FORTALEZAS E DIFICULDADES ASSOCIADAS À APRENDIZAGEM DE UM CONTEÚDO DA BIOLOGIA</i> , DO <i>KFLB</i> . -----	184
QUADRO 36 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DAS EXPECTATIVAS DE APRENDIZAGEM DE UM TÓPICO DA BIOLOGIA NUM NÍVEL ESPECÍFICO</i> DO <i>KBLS</i> .-----	187
QUADRO 37 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CONHECIMENTO DAS EXPECTATIVAS DE APRENDIZAGEM DE UM TÓPICO DA BIOLOGIA NUM NÍVEL ESPECÍFICO</i> , DO <i>KBLS</i> .-----	189
QUADRO 38 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CRENÇAS SOBRE A GERAÇÃO DE CONHECIMENTO</i> , DO <i>BB</i> . -----	191
QUADRO 39 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CRENÇAS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA</i> , DO <i>BB</i> . -----	192
QUADRO 40 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CRENÇAS SOBRE A APRENDIZAGEM</i> , DO <i>BTLB</i> . -----	195
QUADRO 41 - FUNDAMENTAÇÃO DA CATEGORIA <i>CRENÇAS SOBRE O ENSINO</i> , DO <i>BTLB</i> .-----	196
QUADRO 42 - RESUMO DOS DOMÍNIOS, SUBDOMÍNIOS E CATEGORIAS DO MODELO <i>BTSK</i> (LUÍS E CARRILLO, 2020, p. 28). -----	198

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – QUESTÃO EPISTEMOLÓGICA E METODOLÓGICAS SEGUNDO UMA VISÃO MODERNA E CONTEMPORÂNEA.	59
TABELA 2 – INÍCIO E FIM DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE ANÁLISE: INÍCIO- SUBDOMÍNIOS DEFINIDOS POR PALAVRAS-CHAVE; FINAL- SUBDOMÍNIOS DEFINIDOS POR CATEGORIAS ESTABELECIDAS.	84
TABELA 3 – CATEGORIAS DAS <i>CRENÇAS SOBRE A BIOLOGIA</i>	190
TABELA 4 – CATEGORIAS DAS <i>CRENÇAS SOBRE O ENSINO DA BIOLOGIA</i>	194

I. Introdução

1. A reprodução das plantas no currículo escolar português

O tema Reprodução das Plantas faz parte do programa curricular das disciplinas de Estudo do Meio (1º CEB) e Ciências Naturais (2º CEB). Este programa manteve-se inalterado durante duas décadas, contudo foi sujeito a mudanças nos últimos anos.

O programa do Estudo do Meio teve a sua última estruturação de fundo em 1990, quando o Meio Físico e Social passou a denominar-se de Estudo do Meio. Posteriormente, em 2004, procede-se a uma nova edição do programa (Ministério da Educação, 2004), mas o conteúdo mantém-se inalterado. O Decreto-Lei 139/2012 veio introduzir as Metas Curriculares e uniformizar os programas de todos os níveis de ensino e de todas as disciplinas, com entrada em vigor no ano letivo 2012/2013.

No momento da recolha de informação do presente estudo de investigação vigoravam estes dois documentos. Esta ressalva é feita na medida em que desde 2018 que as Metas Curriculares estão revogadas e estão em vigor as Aprendizagens Essenciais (Ministério da Educação e Ciência, 2018), implementadas pelo Decreto-Lei n.º 55/2008, de 6 de julho.

Assim, no ano letivo 2014/2015, o conteúdo Reprodução das Plantas surgia contemplado no 3º ano do 1º ciclo do ensino básico (1º CEB) e no programa e metas de 6º ano. No 3º ano do 1º CEB é apresentado no Bloco: À descoberta do Meio Ambiente, Subtema: Os seres vivos no ambiente próximo. Neste ano, os alunos deverão “Realizar experiências e observar formas de reprodução das plantas (germinação das sementes, reprodução por estaca...)” (ME, 2004, p. 117). Como se mostra no quadro 1, o programa de 6º ano (Ministério da Educação, 1991a, 1991b) apresenta a reprodução das plantas integrada no tema organizador Terra – Ambiente de vida com os seguintes tópicos: reprodução por sementes, polinização, frutificação e disseminação, germinação de sementes e reprodução das plantas sem flor (reprodução por esporos). Nas metas curriculares (Ministério da Educação e Ciência, 2013) surge a informação de que os alunos no final do ciclo deverão compreender o mecanismo de reprodução das plantas com semente: descrever a função dos órgãos que constituem uma flor, enunciar a importância dos agentes de polinização, descrever o processo de fecundação, distinguir, dando exemplos, frutos carnosos

de frutos secos, indicar a importância da dispersão das sementes para a distribuição espacial das plantas e enunciar as condições necessárias à germinação de uma semente, através da realização de atividades práticas.

Programa curricular	
3º ano - 1º CEB (ME, 1990, p. 117)	6º ano - 2º CEB (ME, 1991, vol. II, p. 22)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar experiências e observar formas de reprodução das plantas (germinação das sementes, reprodução por estaca,...) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reprodução por sementes, ▪ Polinização, ▪ Frutificação e disseminação, ▪ Germinação de sementes, ▪ Reprodução das plantas sem flor (reprodução por esporos)
Metas curriculares - 2º CEB (MEC, 2013, p. 11)	
<p>15. Compreender o mecanismo de reprodução das plantas com semente</p> <p>15.1. Descrever a função dos órgãos que constituem uma flor.</p> <p>15.2. Enunciar a importância dos agentes de polinização.</p> <p>15.3. Descrever o processo da fecundação.</p> <p>15.4. Distinguir, dando exemplos, frutos carnosos de frutos secos.</p> <p>15.5. Indicar a importância da dispersão das sementes para a distribuição espacial das plantas.</p> <p>15.6. Enunciar as condições necessárias à germinação de uma semente, através da realização de atividades práticas.</p>	

Quadro 1 - O tema Reprodução das Plantas nos programas e metas curriculares do ensino básico.

Tanto o programa de Estudo do Meio (1º CEB) como o de Ciências Naturais (2º CEB) são da década de 1990 e o currículo destas duas disciplinas não foi alterado desde esta data. Atendendo à necessidade de atualização curricular ao nível da literacia científica, em especial no 1º ciclo, o Ministério da Educação lançou, em 2006, o “Programa Formação em Ensino Experimental das Ciências (PFEEC) para Professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico [CEB] (...) com a finalidade central de aumentar os níveis de literacia científica dos alunos portugueses, através do desenvolvimento das competências profissionais dos professores do 1.º ciclo, nesta área curricular.” (Ministério da Educação, 2013).

Em julho de 2018, a Direção-Geral de Educação publicou um novo documento orientador do trabalho do professor, as chamadas: Aprendizagens essenciais (MEC, 2018). Este documento define para cada grau de ensino e disciplina, as aprendizagens que os alunos devem fazer para que no final de cada ciclo tenham sido atingidos os objetivos definidos e no final da escolaridade obrigatória tenha o aluno o perfil desejado. Todos os documentos já referidos anteriormente

encontram-se em vigor, à exceção das Metas Curriculares revogadas pelo despacho n.º 6944-A/2018 que legisla as aprendizagens essenciais (Direção-Geral de Educação, 2018).

O tema da Reprodução das Plantas continua a estar contemplado no 3º ano do 1º CEB e no 6º ano do 2º CEB. Na disciplina de Estudo do Meio (1º CEB) existem duas aprendizagens essenciais, referentes ao tema que importa neste trabalho, no tema aglutinador: Natureza. O aluno deverá ser capaz de i) Reconhecer que os seres vivos se reproduzem e que os seus descendentes apresentam características semelhantes aos progenitores, mas também diferem em algumas delas; e ii) Relacionar fatores do ambiente (ar, luz, temperatura, água, solo) com condições indispensáveis a diferentes etapas da vida das plantas e dos animais, a partir da realização de atividades experimentais. O quadro 2 reúne e resume esta informação relativamente aos objetivos presentes nos dois documentos curriculares.

Documentos curriculares de referência no 1º ciclo (em vigor)	
Programa curricular (1990)	Aprendizagens essenciais (2018)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar experiências e observar formas de reprodução das plantas (germinação das sementes, reprodução por estaca,...) (Ministério da Educação, 1990, p. 117) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconhecer que os seres vivos se reproduzem e que os seus descendentes apresentam características semelhantes aos progenitores, mas também diferem em algumas delas. ▪ Relacionar fatores do ambiente (ar, luz, temperatura, água, solo) com condições indispensáveis a diferentes etapas da vida das plantas e dos animais, a partir da realização de atividades experimentais. (MEC, 2018, p. 6)

Quadro 2 – Documentos curriculares de referência no 1º ciclo, em 2019.

No âmbito do 2º CEB, também entraram em vigor, na mesma data, as aprendizagens essenciais da disciplina de Ciências Naturais. No tema organizador Processos vitais comuns aos seres vivos, constam duas aprendizagens essenciais, quadro 3. Ao longo do 6º ano, os alunos devem ser capazes de i) Identificar os principais órgãos constituintes da flor, efetuando registos de forma criteriosa; e ii) Reconhecer a importância dos agentes de polinização, da dispersão e da germinação das sementes na manutenção das espécies e equilíbrio dos ecossistemas.

Ainda no segundo ciclo, mas no ano anterior (5º ano), verificam-se duas aprendizagens essenciais que, embora não estejam diretamente relacionadas com a reprodução, podem estabelecer aproximações ao tema. No tema Diversidade de seres vivos e suas interações com

o meio, podem ler-se os seguintes objetivos de aprendizagem: i) Explicar a necessidade da intervenção de células sexuais na reprodução de alguns seres vivos e a sua importância para a evolução das espécies; e ii) Interpretar a influência da água, da luz e da temperatura no desenvolvimento das plantas.

Documentos curriculares de referência no 2º ciclo (em vigor)	
Programa curricular (1991)	Aprendizagens essenciais (2018)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reprodução por sementes; ▪ Polinização; ▪ Frutificação e disseminação; ▪ Germinação de sementes; ▪ Reprodução das plantas sem flor (reprodução por esporos). (Ministério da educação, 1991b, p. 22) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar os principais órgãos constituintes da flor, efetuando registos de forma criteriosa; ▪ Reconhecer a importância dos agentes de polinização, da dispersão e da germinação das sementes na manutenção das espécies e equilíbrio dos ecossistemas. (Ministério da educação e ciência, 2018, p. 11)

Quadro 3 - Documentos curriculares de referência no 2º ciclo, em 2019.

2. A motivação para desenvolver esta investigação

Este segundo ponto da introdução, dedicado à motivação pessoal, diz respeito aos motivos racionais ou emocionais que levaram a estudante de doutoramento a enveredar por este tema. O texto que se segue, e apenas esse, está escrito na primeira pessoa do singular e só a ela diz respeito.

No ano letivo de 2009/2010 colaborei com a Universidade do Algarve e integrei a equipa de formadores para o desenvolvimento do Programa Formação em Ensino Experimental das Ciências (PFEEC) para Professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico. Estive em contacto direto com uma dezena de professores durante a aplicação das atividades propostas, em sala de aula.

Fiquei muito sensibilizada para a necessidade de (re)construir, enquanto formadora, um conhecimento consistente sobre os diferentes temas desenvolvidos. Ao longo da formação compreendi que quanto mais conhecimento os professores possuíam sobre os temas e quanto mais treinados estavam para a implementação das atividades, mais tranquilos ficavam e melhor orientavam o trabalho em sala de aula; não só as atividades experimentais em si mesmas como as pontes que estabeleciam com as outras disciplinas, desenvolvendo o processo ensino-aprendizagem de forma interdisciplinar.

Um dos temas abordados nesta formação foi precisamente a reprodução das plantas e foi o ponto de partida para um crescente interesse sobre o tema, pessoal e profissional. Fiz o levantamento das concepções dos alunos de diferentes anos de escolaridade sobre a reprodução das plantas e a partir da recolha dessas ideias prévias desenvolvi a minha investigação que culminou numa dissertação de mestrado. Este trabalho consistiu na organização das concepções de alunos de todo o ensino básico (na altura até ao 9º ano de escolaridade) em três níveis de compreensão do tema, ou seja, numa hipótese de progressão. Além da identificação dos três níveis de compreensão da reprodução das plantas, foi também possível apontar os obstáculos que impediam os alunos de progredir na sua própria aprendizagem.

A conclusão deste trabalho levou a algumas dúvidas e reflexões principalmente no âmbito da prática pedagógica. Por exemplo: O que muda no ensino deste tema o facto do professor antever as concepções dos alunos? Como ensinar para que sejam ultrapassados esses obstáculos? Como pode um professor certificar-se que houve uma aprendizagem real? Esta reflexão e inquietação crescente levaram-me a outras questões, nomeadamente que conhecimento (do professor) está patente no processo de ensino.

Entendo que, para ensinar qualquer tema, não basta conhecer o programa da disciplina, o conteúdo em profundidade ou as concepções dos alunos. Considero que é preciso ter um conjunto de competências e de conhecimentos. É necessário conhecer o programa da disciplina, o tema em profundidade, as concepções dos alunos e orientar os alunos a conhecê-lo também; atendendo ao contexto e às orientações governativas. A caminhada na compreensão destas questões levou-me ao contacto com um grupo de investigadores da Universidade de Huelva. Este grupo dedicava, e dedica, o seu tempo e investigações à construção de um modelo do conhecimento que os professores mobilizam quando ensinam matemática. Um dos aspetos deste modelo é o conhecimento dos conteúdos que são mais fáceis ou mais complicados de compreender por parte dos alunos. Reconheci que a essência deste tipo de conhecimento é coincidente com o conhecimento das concepções prévias dos alunos, tema da minha dissertação de mestrado, pois essas ideias podem constituir facilitadores ou obstáculos à aprendizagem. O passo seguinte seria compreender que outros conhecimentos estão envolvidos no ensino do tema da reprodução das plantas e seria esse o tema da minha próxima investigação, a caracterização do conhecimento do professor quando ensina o tópico da reprodução das plantas.

3. O foco e os objetivos

O conhecimento especializado do professor tem sido amplamente estudado em diferentes áreas do saber e em diferentes níveis de ensino, desde o mais elementar até ao ensino superior. Na comunidade científica internacional, este conhecimento (ou parte dele) é designado por *Pedagogical Content Knowledge (PCK)* e centra-se principalmente no conhecimento da didática ou conhecimento pedagógico, ou por outras palavras, no conhecimento do professor implicado no trabalho direto com os alunos, com o objetivo de ensinar.

O *PCK* apresenta ligações fortes a aspetos do conhecimento como a orientação pedagógica, o conhecimento sobre a forma como os alunos entendem a ciência, o conhecimento sobre o currículo, o conhecimento de estratégias e representações para o ensino e a avaliação das aprendizagens em ciências (Park e Oliver, 2008a). Outros autores e investigadores anteriores suportam esta ideia de conhecimento do professor ser sinónimo de *PCK*. No entanto, já na década de 2010, outros trabalhos alargaram o conhecimento do professor a outros domínios. De acordo com Fonseca (2014) o conhecimento do professor transcende a ideia do *PCK*, tal como ultrapassa o conhecimento dos temas como objetivo final de ensino, pois entende que é na prática e na reflexão sobre a prática que se constrói o conhecimento do professor.

Os autores mais recentes aceitam e defendem o conhecimento do professor além do *PCK* e integram outros aspetos como a reflexão ou o conhecimento do conteúdo. A conceção presente é a de Shulman (1986, 1987) que reflete um professor conhecedor de uma multiplicidade de conhecimento de diferentes domínios e isso permite-lhe ensinar. O trabalho de Carrillo *et al.* (2018) é o que melhor sustenta a conceção do conhecimento do professor que se pretende nesta investigação. Tendo por base os resultados de Carrillo e de outros investigadores que trabalham e desenvolvem o modelo do conhecimento especializado do professor de matemáticas, pretende-se compreender que conhecimento é mobilizado por duas professoras quando ensinam o tópico da reprodução das plantas ou evidenciado no decorrer das entrevistas. Este constitui o foco desta investigação, o objetivo geral: compreender que conhecimento mobilizaram duas professoras quando ensinaram o tema da reprodução das plantas. Este amplo objetivo operacionaliza-se em três objetivos específicos:

- i) Identificar o conhecimento mobilizado por duas professoras quando ensinam o tema da Reprodução das Plantas a crianças do 3º e 6º anos de escolaridade (com aproximadamente 8 e 12 anos de idade);
- ii) Caracterizar o conhecimento mobilizado por estas duas professoras ao ensinar este tema da biologia;
- iii) Definir um modelo do conhecimento do professor quando ensina tópicos da biologia.

Os dois primeiros objetivos estão claramente interligados, mas as ações são efetivamente diferentes. No primeiro objetivo pretendeu-se reconhecer a identidade do conhecimento, nomeá-lo, dizer de que conhecimento se trata. A identificação do conhecimento mobilizado pelas professoras surge explícito nos respetivos relatórios de caso, apresentado no ponto III.4 desta tese. O segundo objetivo leva a um conhecimento mais aprofundado do conhecimento identificado. Pretendeu-se descrever com exatidão esse conhecimento, dizer em que consiste. Em termos práticos, este objetivo foi concretizado no mesmo momento que o terceiro. No ponto IV.3, momento em que é caracterizado o conhecimento mobilizado pelas professoras, é definido o modelo do *Conhecimento Especializado do Professor quando ensina tópicos da Biologia (BTSK)*. O conhecimento mobilizado é detalhadamente caracterizado e alocado no modelo, em contraste com o modelo original da Matemática.

Para isso procedeu-se à observação de catorze aulas, entre o primeiro e o segundo ciclos do ensino básico, em Portugal, com gravação vídeo e áudio, enquanto foi ensinado o tema da reprodução das plantas. Foram igualmente realizadas e audiogravadas entrevistas de forma a compreender com maior segurança o conhecimento das professoras sobre o tema.

4. A organização do trabalho

O trabalho de investigação foi dividido em quatro grandes capítulos, além deste capítulo inicial da introdução: o Enquadramento teórico (Cap. II), o Desenho metodológico (Cap. III), a Análise dos resultados (Cap. IV) e Considerações finais (Cap. V).

O Enquadramento teórico está dividido em duas partes. Na primeira parte é feita a análise sobre a definição de conhecimento e em particular em que consiste o conhecimento do professor. Esta análise foi feita a partir dos trabalhos de alguns investigadores que se dedicaram ao estudo do tema, nomeadamente os autores dos primeiros modelos do conhecimento do professor ou, como é designado, o conhecimento profissional ou conhecimento específico dos professores. São apresentados quatro modelos neste âmbito:

- i) O modelo do conhecimento específico do professor, definido por Grossman (1990) e PCK de Grossman (1990) e adaptado por Magnusson, Krajcik e Borko (1999) e Park e Oliver (2008b), todos centrados no *PCK (Pedagogical Content Knowledge)*;
- ii) O modelo consensual desenvolvido durante a cimeira do *PCK*, em 2012, divulgado por Gess-Newsome (2015) e reformulado por Berry, Nilson, Van Driel, e Carlson (2017) que altera um pouco o conceito de *PCK* tornando-o mais abrangente e dinâmico;
- iii) O modelo do conhecimento especializado do professor de matemáticas de Carrillo *et al.* (2018). A pertinência da análise deste modelo, apesar das diferenças epistemológicas entre as disciplinas clarificadas no ponto 3.2 do capítulo II, tem a ver com o nível de detalhe com que identifica e caracteriza o conhecimento. Esta especificidade garante-lhe a qualidade de uma ferramenta analítica válida.

Na segunda parte deste capítulo foi caracterizado cada um dos subdomínios do modelo teórico do *Conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia (BTSK)*. Esta caracterização foi feita a partir da literatura especializada de autores e investigadores ligados ao estudo do conhecimento do professor de ciências, ou da biologia em particular, mas tendo como base a caracterização dos subdomínios do modelo MTSK de Carrillo *et al.* (2018). Por uma questão de maior facilidade no reconhecimento das siglas uma vez que o tema tem ampla divulgação na língua inglesa decidiu-se respeitar a designação nessa língua.

O segundo capítulo constitui o desenho metodológico desta investigação no qual foram justificadas as opções metodológicas. Foi dividido em seis partes distintas sendo que cada uma delas se refere aos diferentes aspetos da metodologia de investigação usada. Primeiramente está definido o objetivo do estudo e os três problemas de investigação, depois é caracterizada a própria investigação no que diz respeito à sua natureza interpretativa e descritiva com resposta aos paradigmas de investigação inerentes à mesma. Segue-se o desenho de investigação com a identificação do estudo de casos: como se caracterizam e como foram selecionadas as professoras cujo conhecimento foi objeto de estudo. Finalmente, no fim do capítulo, estão descritos os instrumentos de recolha dos dados e os processos e métodos seguidos na análise da informação. Neste último ponto estão identificados os instrumentos de análise da informação, a perspetiva metodológica usada no decorrer da análise dessa informação e os métodos que garantiram a validade dos resultados.

No capítulo da Análise dos resultados, os resultados da investigação são apresentados e analisados sob duas formas complementares. Primeiramente apresentam-se os relatórios de caso das professoras Ana e Beatriz, revelando o conhecimento mobilizado por elas e classificado-o no âmbito do modelo do *Conhecimento Especializado do Professor quando ensina tópicos da Biologia (Biology Teaching Specialised Knowledge – BTSK)*. Esta apresentação é feita começando pelo domínio do *Conhecimento da Biologia*, depois o domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo* e finalmente o domínio das *Crenças*.

Posteriormente está caracterizado o modelo do *Conhecimento Especializado do Professor quando ensina tópicos da Biologia (BTSK)* com identificação de todos os domínios, subdomínios e categorias das quais foram recolhidas evidências de conhecimento. Esta caracterização é feita cruzando informação teórica no âmbito do MTSK e da literatura publicada no âmbito das ciências, com o conhecimento observado a partir do contacto com as professoras e revelado nos respetivos relatórios de caso; conhecimento este mobilizado no decorrer das suas aulas e entrevistas.

Esta tese termina com o capítulo V, sob o título Considerações finais. Foram registadas algumas conclusões e reflexões relativamente à investigação em si, as limitações e potencialidades do modelo e dos resultados obtidos, e possíveis investigações que possam ser levadas a cabo tendo estes resultados como base de trabalho.

II. Enquadramento teórico

1. Introdução

O capítulo do Enquadramento teórico apresenta de forma sintética o que se tem escrito de relevante no âmbito do conhecimento do professor de ciências. Começa por fazer uma reflexão fundamentada na literatura sobre o que se entende por conhecimento e por conhecimento especializado do professor. No seguimento desta ideia foram descritos alguns modelos do conhecimento do professor, nomeadamente o de Shulman (1986, 1987), e no âmbito das ciências Grossman (1990), Magnusson *et al.* (1999), Park e Oliver (2008b) e Gess-Newsome (2015).

Apresenta-se igualmente a descrição de um modelo no âmbito da matemática por se revelar interessante pelo detalhe com que se encontra caracterizado e pela sua relevância na geração do modelo do *Conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia (BTSK)*.

Finalmente, apresenta-se a fundamentação uma hipótese de modelo do conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia, baseado no modelo homólogo da matemática já mencionado e a partir de investigações de vários autores que estudam o conhecimento do professor quando ensina biologia ou outras disciplinas das ciências.

2. Conhecimento do Professor

2.1. O que é o conhecimento? Conhecimento em ciências

Antes da caracterização do conhecimento do professor (à parte das suas diferentes designações) importa primeiro clarificar do que se fala quando é feita referência a conhecimento. O conhecimento surge do termo *cognoscere*, em latim. Significa conhecer pelos sentidos. De acordo com Souza, Santos, e Dias (2013), o conhecimento é próprio dos seres vivos e surge pela sua reação ativa com o meio envolvente. O Homem, como os restantes seres vivos, usa a sua organização biológica e o seu sentido de sobrevivência e conhece o mundo que o rodeia. “O conhecimento não nasce do vazio. O homem pode adquirir conhecimento por meio de sensações, da percepção, da imaginação, da memória, da linguagem, do raciocínio e da intuição” (Souza *et al.*, 2013, p. 20). Os mesmos autores categorizam o conhecimento em quatro grupos de acordo com a sua origem e rigor: popular, científico, filosófico e religioso.

Esta definição de conhecimento inclui tudo o que é possível saber, não excluindo nenhum tipo de conhecimento. No âmbito do ensino e da aprendizagem da matemática, o investigador Schoenfeld (2010) já havia caracterizado o conhecimento em matemática dizendo que se trata do conjunto da informação que o individuo tem ao seu alcance para resolver um problema, atingir uma meta ou desenvolver uma tarefa. Qualquer conhecimento que sirva estes propósitos é considerado conhecimento. A posição deste investigador assume particular relevância já que dita a conceção de conhecimento adotada pelos autores do MTSK. A forma como moldou a filosofia do modelo da matemática torna-se mais clara nos parágrafos seguintes. De momento é importante uma análise paralela, no âmbito das ciências, mas de igual importância.

Esta conceção de que tudo é conhecimento remete-nos para uma pequena reflexão. No âmbito das ciências e da biologia, em particular, existe o conhecimento científico identificado e caracterizado pelos estudiosos de cada uma das áreas e existem as ideias prévias (Driver, 1985) que surgem a partir do contacto com o meio e muitas vezes sem qualquer ligação ao conhecimento científico. Um professor de ciências deve conhecer as conceções mais comuns relativamente ao tema que vai ensinar para poder organizar as suas aulas e pode, inclusivamente, aplicar testes de identificação das conceções que lhe permitem conhecer com maior detalhe as ideias prévias dos seus alunos (Treagust, 1998). Vários testes tem sido criados

neste âmbito: Lin (2004) para aceder ao conhecimento de alunos sobre botânica (ciclo de vida das plantas, reprodução, condições para a germinação, nutrição, crescimento e desenvolvimento); Kanli (2015) e Korur (2015) para aceder ao conhecimento de alunos e professores sobre astronomia; Mutlu e Sesen (2016) para aceder ao conhecimento sobre química; ou Kiliç e Saglam (2014) na identificação de conceções dos alunos sobre conteúdos de genética. Face ao exposto, poder-se-ia concluir que as conceções alternativas não seriam conhecimento, ou pelo menos não conhecimento «válido», capaz de ser integrado num modelo do conhecimento do professor.

As conceções alternativas são um tema de grande impacto na comunidade educativa e na comunidade científica, mas é necessário alinhar esta investigação com a ideologia defendida no modelo MTSK (Carrillo, *et al.*, 2018). Os investigadores mentores do MTSK reconheceram e assumiram o conhecimento dos professores sem avaliações ou julgamentos, seguindo outro pressuposto defendido por Schoenfeld (2000) na sua conceção de modelo. Desta forma o modelo *BTSK*, reúne, como o MTSK o conhecimento mobilizado pelo professor no decorrer do ensino, independentemente do pormenor e do rigor com que for revelado. Não cabe nesta investigação a avaliação do conhecimento e o julgamento da sua potencialidade para levar a cabo uma tarefa ou resolver um problema. Com esta nova informação estão definidas as balizas do que se considera como conhecimento neste modelo do *BTSK*.

Considerando esta definição de Schoenfeld que reconhece como conhecimento toda a informação disponível, interessa ainda referir a designação dada por Gómez-Chacón (2003) e Pehkonen e Pietilä (2003) quando se referem ao conhecimento resultante das experiências e das memórias construídas ao longo do tempo. Trata-se do conhecimento subjetivo (Gómez-Chacón, 2003) ou implícito (Pehkonen e Pietilä, 2003). Este conhecimento é resultado de experiências e memórias afetivas e avaliativas e é por isso muito pessoal (Thompson, 1992). Constituem um quadro de valores pessoais que norteiam o entendimento sobre o mundo. Este conhecimento também será considerado neste trabalho, mas será designado como crença pela sua natureza, mais afetiva e pessoal.

2.2. O conhecimento especializado do professor

Os diferentes investigadores que se dedicam à caracterização do conhecimento do professor usam diferentes designações para o nomear: conhecimento prático (Elbaz, 1983), conhecimento profissional (Shulman, 1986, 1987; Ponte, 1992, 1994; Galvão e Reis, 2002; Roldão, 2007; Grossman, Hammerness, e McDonald, 2009; Gess-Newsome J., 2015), conhecimento especializado (Carrillo *et al.*, 2018), ou Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (Magnusson *et al.*, 1999).

Em 1983, a investigadora Freema Elbaz caracterizou o conhecimento do professor como essencialmente prático, resultante da experiência em sala de aula e construído a partir de um conhecimento teórico adquirido na formação de treino para a docência. Porém, este tema só ganha uma maior dimensão após os trabalhos de Shulman. Shulman (1986, 1987) investigou o conhecimento profissional do professor e apresentou sete categorias que devem ser incluídas neste conhecimento: 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.

Na área das ciências surgem diferentes trabalhos de investigação desenvolvidos por vários investigadores. Também estes propõem os aspetos do conhecimento que devem ser considerados. Destacam-se os trabalhos de Grossman (1990), Magnusson *et al.* (1999) e Park e Oliver (2008b) nos quais são reconhecidos os domínios do conhecimento. A primeira investigação, de Grossman (1990), apresenta um modelo do conhecimento do professor no qual centra as categorias do conhecimento do professor de Shulman (1986) em quatro componentes: a) conhecimento pedagógico geral; b) conhecimento do tema; c) conhecimento pedagógico do conteúdo e d) conhecimento do contexto. Neste modelo o *PCK* ocupa o centro da estrutura e assume maior importância em termos de conhecimento. Sobre o *PCK* situa-se o conhecimento do conteúdo/tema, o conhecimento pedagógico geral e em baixo o contexto em que o ensino ocorre. O *PCK* influencia e deixa-se influenciar por estas três estruturas. A componente relativa ao tema, Conhecimento do conteúdo/tema, integra as Estruturas sintáticas, o Conteúdo e as Estruturas substantivas.

As contribuições de Magnusson *et al.* (1999) e Park e Oliver (2008b) surgem a partir dos trabalhos de Grossman (1990) e integram somente aspetos do *PCK*. O quadro 4 clarifica sobre as similaridades e diferenças entre os aspetos do *PCK* presentes nas três publicações. Como se observa os aspetos do *PCK* presentes não diferem grandemente, havendo em todas a referência ao conhecimento de estratégias instrucionais, conhecimento sobre a compreensão dos conceitos por parte dos alunos, o conhecimento do currículo e o conhecimento dos objetivos da disciplina. A conceção de *PCK* de Grossman (1990) inclui as crenças dos professores sobre os objetivos de ensinar a disciplina e as conceções de Magnusson *et al.* (1999) e Park e Oliver (2008b) incluem o conhecimento da avaliação das aprendizagens em ciências.

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, conceções 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

Quadro 4 - Domínios dos *PCK* apresentados por Grossman (1990), Magnusson *et al.* (1999) e Park e Oliver (2008b), traduzido pelos autores.

Esta conceção do *PCK*, enquanto estrutura representativa do conhecimento pedagógico do conteúdo, é alterada após a primeira cimeira do *PCK*, realizada em 2012. Nesta cimeira, participaram 32 investigadores, entre os quais Amanda Berry, Jan Van Driel, John Loughran, Marissa Rollnick e Soonhye Park, e 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 o grande objetivo de construírem um modelo unificador das diferentes conceções do *PCK* e que melhor representasse o conhecimento do professor e a prática docente.

A partir das bases do conhecimento profissional do professor, de Shulman (1986, 1987), e das suas palavras chave estabeleceram um modelo que representa o processo contínuo no qual o

professor põe em prática o seu conhecimento sobre a avaliação, a didática, o conteúdo, os estudantes e o currículo (*PCK Summit*, <http://pcksummit.bsccs.org>).

O modelo consensual do *PCK* foi apresentado por Gess-Newsome (2015). Apresentou um modelo do conhecimento do professor que denomina como Conhecimento Profissional do Professor & Competências e que se encontra traduzido na figura 1. Este modelo revela aproximações aos modelos anteriores de Grossman (1990), Magnusson *et al.* (1999) e Park e Oliver (2008b), mas acrescenta o contexto no qual é realizado o ensino, o comportamento dos alunos e os resultados escolares. O trabalho desenvolvido durante a cimeira deu origem a um modelo consensual do conhecimento profissional que representa a grande ideia (*Big Idea*) do conhecimento do professor, construído a partir dos aspetos identificados por Shulman (1986, 1987). O modelo parte de uma estrutura de topo designada como a base do conhecimento profissional do professor proveniente da investigação, da formação inicial e referenciada pelas melhores práticas. Este conhecimento é traduzido no conhecimento profissional sobre os temas, mas continua a ser um conhecimento teórico.

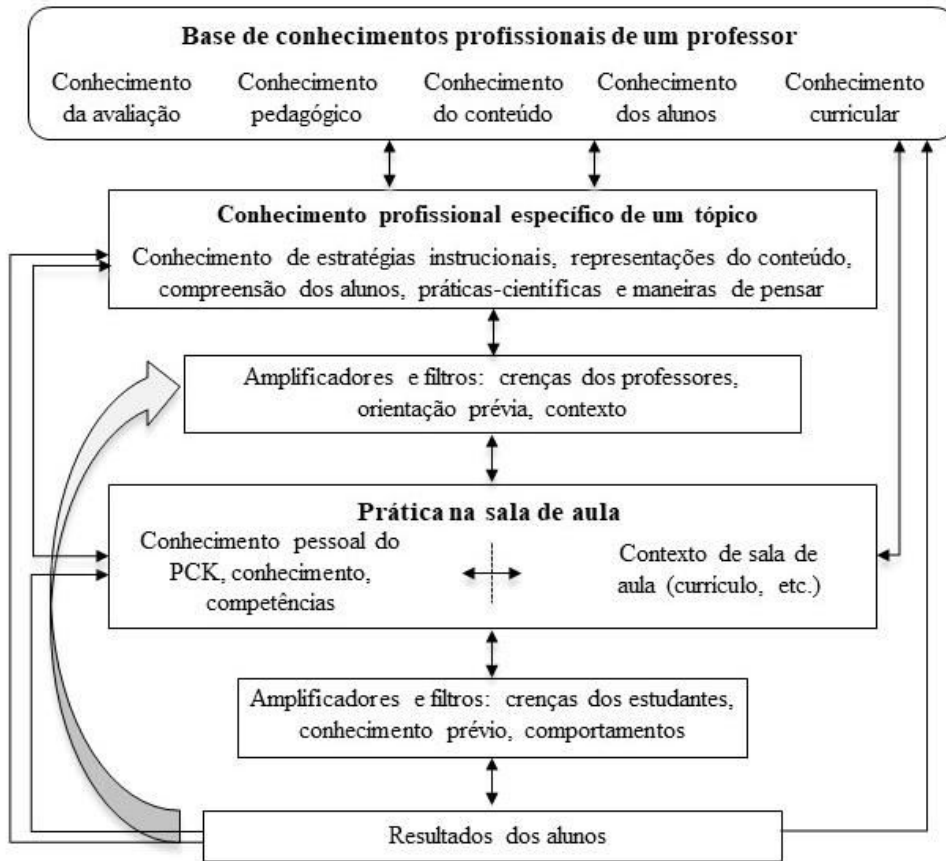


Figura 1 - Modelo consensual do Conhecimento Profissional do Professor & Competências incluindo o PCK e influências na prática de sala de aula e resultados dos alunos. (Gess-Newsome J. , 2015) Traduzido.

Este 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, com o contacto direto com os alunos, que o professor usa o PCK. É um conhecimento dinâmico no qual o conhecimento teórico é constantemente influenciado pelo contexto de ensino no momento. Este modelo consensual inclui ainda as crenças, o conhecimento prévio dos alunos e o seu comportamento que amplificam ou filtram os seus resultados escolares.

Após esta exposição, é importante sublinhar o facto de o conceito de PCK não ser sempre o mesmo. Dependendo dos autores, pode representar apenas o conhecimento pedagógico do conteúdo ou o conhecimento profissional do professor. De acordo com este novo conceito, o PCK é uma componente do Conhecimento Profissional do Professor & Competências. Os autores Berry *et al.* (2017) apresentam uma revisão deste modelo consensual no qual invertem as estruturas e se observam dois níveis: o nível disciplinar que integra o conhecimento do conteúdo, das matérias e dos tópicos específicos e o nível do contexto no qual o professor aplica

os seus conhecimentos. Este modelo continua a evidenciar a influência das crenças e concepções do professor assim como as influências do contexto.

O modelo do Conhecimento Profissional do Professor & Competências, apesar de ser o mais recente de entre os apresentados, comporta aspetos que não são considerados, pelo grupo de investigadores e autores do MTSK, como conhecimento. Nomeadamente, os resultados dos alunos, o seu comportamento ou o contexto de sala de aula.

A necessidade de separar o conhecimento do conteúdo, do conhecimento pedagógico está patente no trabalho de Alarcão, Freitas, Alarcão, e Tavares (1997) que confirmam ser necessário uma dupla especialização por parte dos professores. Por um lado, precisam de ter conhecimento científico de base, mas é necessário também que tenham competências de índole educacional para diagnosticar e resolver problemas, nomeadamente os de aprendizagem.

Estes dois grandes domínios encontram-se presentes do modelo de Carrillo, *et al.* (2018), apresentado na figura 2. O Conhecimento do Conteúdo assume a designação de *Mathematical Knowledge* (MK) e inclui o Conhecimento dos temas (KoT), o Conhecimento sobre a Estrutura da Matemática (KSM) e o Conhecimento sobre a Prática Matemática (KPM); transcendendo largamente o *Content Knowledge* estabelecido por Shulman (1986). O conhecimento da estrutura da matemática vai além do conhecimento sobre o tema, pois implica o conhecimento de ligações ou relações que possam existir com outros temas. Integra o conhecimento sobre a forma como diferentes temas se tocam e cruzam. No que diz respeito ao Conhecimento da Prática Matemática, este integra o conhecimento das regras para a produção de conhecimento científico em matemática, isto é, os procedimentos e as normas da matemática, bem como as regras para a validação das novas descobertas.

Além destes dois domínios do conhecimento, o modelo de Carrillo, *et al.* (2018) apresenta um terceiro domínio, o Domínio das Crenças. Este domínio nutre-se da prática, das experiências vividas ou fantasiadas. É mais ou menos consciente, dependendo de pessoa para pessoa, e influencia os outros dois domínios: o domínio do Conhecimento da Matemática e domínio do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. Inclui as crenças sobre o conteúdo e as crenças sobre o ensino e aprendizagem. As crenças sobre o conteúdo, a matemática, foram definidas no modelo em três categorias: o tipo de conhecimento, o objetivo da matemática e o modo de evolução da própria matemática. Também as crenças sobre o ensino e a aprendizagem da matemática integra diferentes categorias: metodologia, sentido da disciplina, concepção da aprendizagem, papel do aluno, papel do professor e avaliação das aprendizagens.

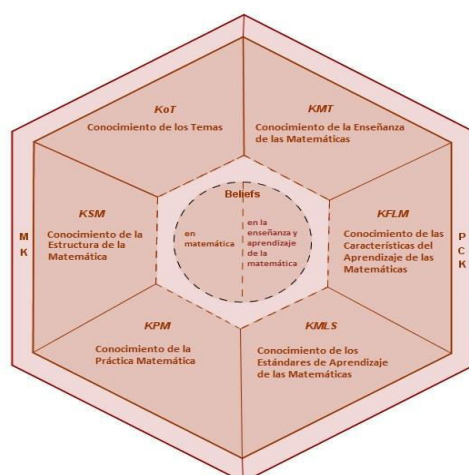


Figura 2 - MTSK - Modelo do Conhecimento Especializado do professor de Matemáticas (Carrillo, *et al.*, 2018).

A palavra “especializado” na designação do modelo de Carrillo (MTSK) tem um significado muito particular que lhe confere ainda mais especificidade. O conhecimento de pedagogia ou psicologia geral não tem lugar neste modelo apenas o conhecimento usado especificamente para ensinar matemática. Também não se inclui aqui o conhecimento do professor de outra disciplina que use a matemática como ferramenta para ensinar a sua disciplina ou o conhecimento matemático dos matemáticos que usam a matemática com outro propósito que não ensinar (Escudero, Flores, e Carrillo, 2012). Trata-se de um conhecimento profundo e particular do professor que ensina matemática.

O modelo de Carrillo, *et al.* (2018) tem sido desenvolvido e ampliado por investigadores que partilham as mesmas ideias e pertencem ao SIDM (*Seminario de Investigación en Didáctica de la Matemática*), da Universidade de Huelva. Atualmente este modelo apresenta subdomínios e categorias que estão detalhadamente caracterizados em diversas publicações. O elevado detalhe em que está definido faz com que possa ser usado de forma eficaz como ferramenta de análise de conhecimento, mesmo que conhecimento no âmbito de outra disciplina, como é o caso desta investigação, a biologia. Este potencial analítico toma maior relevância, e aumenta a expectativa, para identificar as dimensões do conhecimento da biologia e do ensino da biologia, a partir das categorias homólogas do MTSK. Este domínio é pouco ou nada destacado noutros modelos, apresentando o conteúdo como um todo.

Entre o modelo das ciências, validado recentemente na cimeira, e o MTSK, centrado no conhecimento do professor de matemática, este último é o que oferece maiores garantias na identificação do conhecimento do professor de biologia, na caracterização e na construção de um modelo que espelhe o *Conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia (BTSK)*.

3. O modelo teórico do Conhecimento Especializado do Professor quando ensina tópicos da Biologia (*BTSK*)

3.1. Conceção e corpo dos modelos do conhecimento

O modelo que se apresenta neste momento do trabalho não é o mesmo que toma corpo no decorrer da análise dos resultados. Este modelo é um modelo teórico e aquele que se verá completo no fim deste documento é um modelo teórico-empírico. No entanto, ambos são modelos descritivos. O modelo teórico-empírico não pretende ser um modelo no sentido de representar o conhecimento que o professor deve ou tem de ter. Não se trata de uma representação do conhecimento ideal pois não se pretendeu fazer uma avaliação do conhecimento observado, nem incluir conhecimento desejável. O conhecimento presente no *BTSK* (assuma-se que se trata novamente do modelo teórico-empírico) resulta do registo de todo o conhecimento mobilizado, sem julgamentos ou juízos de valor. Porém, os valores e as crenças destas professoras foram igualmente anotados, pois estes elementos fazem parte do modelo.

O modelo resultante desta investigação integrou o conhecimento do professor no que diz respeito ao conhecimento do conteúdo e conhecimento pedagógico. Integrou também as suas crenças sobre o conteúdo, o ensino e a aprendizagem (Schoenfeld, 2000; Carrillo, *et al.*, 2018).

Porém, antes do modelo teórico-empírico, o *BTSK* é fundamentado de forma teórica. Neste capítulo, o modelo que se apresenta é um modelo teórico, construído, tão detalhadamente quanto possível, através da revisão da literatura sobre o tema. No capítulo Análise dos resultados o modelo teórico foi cruzado com os dados tendo presente as categorias identificadas no modelo MTSK e o resultado final foi o modelo que reflete, de forma fundamentada pela teoria e pelas evidências recolhidas, os conhecimentos mobilizados e as crenças reveladas por duas professoras durante o ensino do tema Reprodução das Plantas. Esse conhecimento foi descrito e enquadrado em domínios, subdomínios e categorias representados por frases-chave.

3.2. As diferenças epistemológicas entre a matemática e a biologia

A opção tomada relativamente ao uso de um modelo da matemática em detrimento de um modelo das ciências ou em particular da biologia, sugere uma discussão mais aprofundada no que diz respeito à epistemologia da matemática e da biologia. Esta demarcação epistemológica está intimamente ligada à afirmação da filosofia da biologia relativamente à filosofia da ciência tradicional e a assunção desta disciplina como ciência autónoma (Bertato, 2015). A filosofia da biologia foi desenvolvida no ponto 3.6.1. deste capítulo, por se relacionar com as crenças sobre a biologia. Neste ponto manter-se-á o foco de evidenciar as diferenças epistemológicas entre as duas disciplinas.

A diferença mais evidente é talvez o facto de que a atividade em matemática é baseada principalmente na dedução, na criação teórica, enquanto em biologia a atividade é dependente da experimentação e da observação. O sujeito biológico não pode prescindir dos objetos para elaborar as suas teorias. A construção do conhecimento matemático está profundamente dependente do sujeito, do matemático, do seu raciocínio e atividade mental. O conhecimento biológico está alicerçado nos seus objetos, nos elementos vivos da natureza, e a atividade de pensamento do observador é reduzida ao mínimo na relação que estabelece com o meio (Bellini, 2007).

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), mas isso não invalida que um modelo do conhecimento do professor de matemática não possa ser usado como instrumento para identificar conhecimento de um professor de outra área. 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 reforça a necessidade de compreender as particularidades dos modelos e de destacar essas diferenças.

A caracterização teórica do *BTSK*, apresentada nos pontos 3.4., 3.5. e 3.6. deste capítulo, apresenta-se fundamentada com aspetos do conhecimento identificados em várias ciências, incluindo a matemática, e já previamente esplanadas noutros modelos do conhecimento do professor. No entanto, o instrumento de análise que orientou a pesquisa foi o modelo do

conhecimento especializado do professor de matemáticas (MTSK) pelas razões já apresentadas no ponto anterior deste trabalho: o modelo está muitíssimo detalhado em subdomínios e categorias o que faz dele uma excelente ferramenta analítica, inclui apenas conhecimento ao contrário dos demais modelos apresentados e é específico da disciplina.

3.3. As origens do *BTSK*

A construção do modelo do *Conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia*, doravante denominado por *BTSK*, a partir do modelo do conhecimento especializado do professor de matemáticas, doravante designado por *MTSK*, foi iniciado Luís, Monteiro e Carrillo (2015), a partir da adaptação direta às ciências das designações de cada um dos subdomínios que o compõem. As investigações seguintes vieram revelar que a biologia tem características muito próprias e o modelo devia evidenciar essa especificidade. Por isso, Monteiro e Luís (2016) elaboraram uma nova aproximação do *MTSK*, desta vez à biologia. A figura 3 apresenta esse modelo, num hexágono dividido em seis triângulos que correspondem a seis subdomínios. Este estudo revela, de forma geral, que o tipo de conhecimento que caracteriza os subdomínios do *MTSK* pode ser reconhecido no âmbito da disciplina da biologia. Por outras palavras, é possível estabelecer um paralelismo entre os subdomínios de ambos os modelos. Porém, o trabalho é pouco aprofundado não especificando a convergência ou divergências das categorias entre os modelos.

Estes trabalhos tiveram seguimento através de investigações desenvolvidas no Brasil e na Península Ibérica por Luís, Carrillo, e Monteiro (2019), Luís e Carrillo (2020), Marques (2020); Marques e Moriel Junior (2020) e Silva, *et al.* (2020). No entanto, nenhuma destas publicações apresenta o modelo do conhecimento especializado do professor de biologia de forma detalhada ou completa.

Nas páginas seguintes encontra-se a caracterização teórica do modelo *BTSK*. Este enquadramento foi realizado procurando descrever de forma generalizada o conhecimento da cada um dos subdomínios do *BTSK*: *Conhecimento da Biologia*, *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo* (específico da biologia) e *Crenças*. Foi considerada não só a literatura no âmbito desta disciplina, mas também das ciências e do próprio *MTSK*. A figura 4 constitui a representação desse modelo (Luís e Carrillo, 2020).

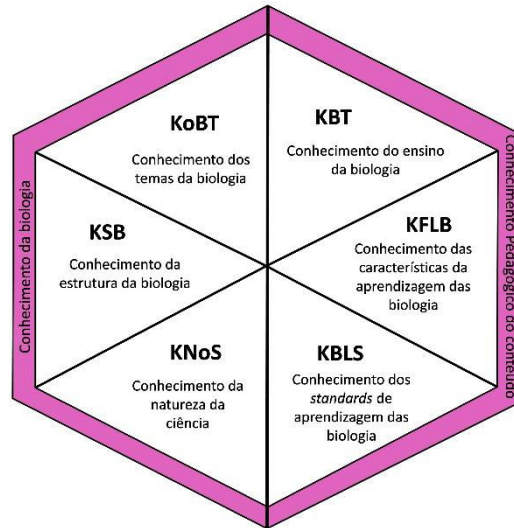


Figura 3 - Modelo do conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia (Luís e Monteiro, 2016).

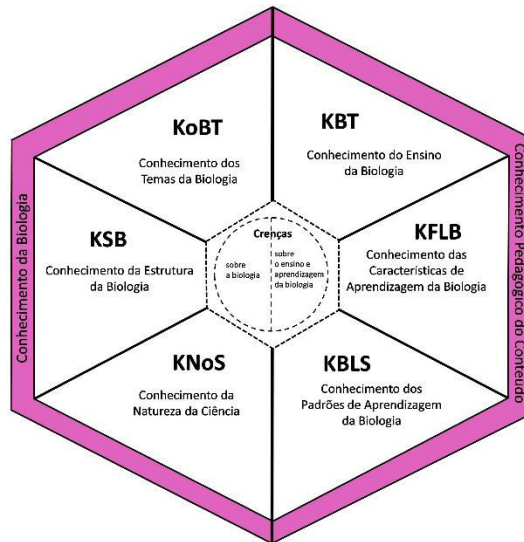


Figura 4 - Modelo do *Conhecimento Especializado do Professor quando ensina tópicos da Biologia* (Luís e Carrillo, 2020).

3.4. O domínio do Conhecimento da Biologia

O domínio do *Conhecimento da Biologia (BK)*, em destaque na figura 5, integra o conhecimento do professor sobre o conteúdo Reprodução das Plantas, um tópico da disciplina da biologia. Trata-se do conhecimento da biologia em si mesmo. Integra não só o conhecimento aprofundado do tema em estudo, mas também integra as diferentes possibilidades de interação deste tema com outros; o que permite atingir um nível de entendimento superior, mais aprofundado e abrangente. Para além do conhecimento dos temas em biologia, este domínio do *BTSK* contempla

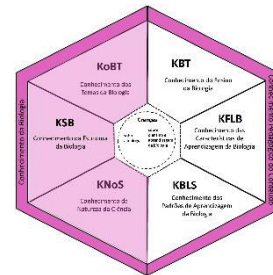


Figura 5 - Destaque do domínio BK, do modelo *BTSK*.

ainda o conhecimento sobre as descobertas científicas, ou seja, o conhecimento sobre a origem do conhecimento científico. Aspectos relacionados com os processos de produção do conhecimento científico, mas também as formas de tornar esse conhecimento válido e acessível para a sociedade.

As linhas mestras que definem este domínio, *Conhecimento da Biologia*, são as mesmas que definem o Conhecimento da Matemática, no modelo MTSK. Porém, por serem disciplinas diferentes, com características também diferentes, existem ao nível dos subdomínios pequenas variações que caracterizam a especificidade da disciplina da biologia. Assim, os subdomínios são: *Conhecimento dos temas da biologia*, *Conhecimento da estrutura da biologia* e *Conhecimento da natureza da ciência*. Os aspetos que definem cada um dos subdomínios que compõem este domínio e as similaridades ou diferenças comparativamente ao modelo MTSK são evidenciadas de seguida.

Os subdomínios são descritos de forma genérica sem menção a categorias que não estão definidas ainda nesta fase do trabalho. No entanto, ao longo da caracterização de cada um deles serão destacadas palavras-chave, relevantes na definição do subdomínio e necessariamente importantes para a conceção dos nomes das categorias.

3.4.1. O subdomínio do Conhecimento dos temas da biologia

O subdomínio do *Conhecimento dos temas da biologia (KoBT)*, representado na figura 6, representa o conhecimento que um professor de biologia tem sobre os temas da disciplina. Os autores Van Dijk e Kattmann (2007) e Park e Chen (2012) fazem menção a este conhecimento referindo que é importante para um professor de biologia possuir um conhecimento aprofundado sobre os conteúdos que ensina.

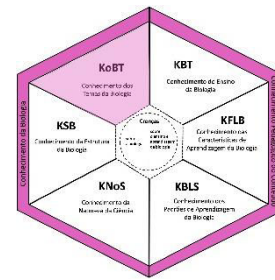


Figura 6 - Destaque do subdomínio KoBT, do modelo BTKS.

A ideia de que o professor é detentor de um conhecimento sólido sobre os temas que pretende ensinar e assim tem a capacidade de responder a quaisquer dúvidas por parte dos alunos é partilhada por outros investigadores, nomeadamente Flores-Medrano, *et al.* (2016) que descrevem o conhecimento dos temas (KoT) do modelo do MTSK da seguinte forma:

O conhecimento dos temas não se refere somente ao conhecimento da matemática como disciplina, mas inclui a matemática escolar. Assim, descreve o que é e como o professor de matemática conhece os tópicos que vai ensinar; supõe conhecer de maneira bem fundamentada os conteúdos matemáticos (conceitos, procedimentos, factos, regras, teoremas, etc.) e os seus significados. Integra o conteúdo que queremos que o aluno aprenda, com um nível de profundidade substancialmente maior.

(...)

No conhecimento do professor sobre os temas, consideramos o conhecimento dos significados associados ao conteúdo, dos fenómenos que lhe dão sentido (alguns ligados à sua origem), das aplicações do conteúdo (em matemática ou em outras áreas), das definições e imagens de um conceito, das propriedades e suas fundações, das representações do conteúdo e dos procedimentos. (p. 210)

A ideia de conhecer de forma fundamentada os **conteúdos**, de conhecer **conceitos**, **procedimentos**, **factos**, **regras** e **teoremas** é acompanhada na área da química por Rollnick, Bennett, Rhemtula, Dharsey, e Ndlovu (2008) quando refere que o professor deve ter aquilo que designa por *Subject Matter Knowledge*. Na mesma linha de pensamento, o *National Research Council* (2008) refere que as **leis**, os **princípios** e as **teorias**, produzidos a partir da análise sistemática dos **fenómenos**, **factos** e **processos científicos** são igualmente importantes para a

ciência e para o professor de ciências já que permitem avanços e novas descobertas e constituem também eles conhecimento sobre os temas.

As **leis** são facilmente aceites em referências à ciência, mas geram polémica se se pretender justificar a existência de **leis na biologia**. Lorenzano (2011) expõe os argumentos de diferentes filósofos e investigadores a favor e contra a aplicação da designação «Lei» nesta disciplina aprofundando o conceito da própria natureza das leis. São vários os autores e argumentos usados para justificar os pontos de vista sobre o uso da designação «Lei» e da sua aplicação à biologia, mas esses argumentos ultrapassam largamente o âmbito deste trabalho. Tendo presente que é um tema sensível, consideram-se as leis em biologia como “regularidades do mundo natural que são conhecidas por nós e que foram colocadas em apropriadas formas linguísticas (enunciados).” (Lorenzano, 2011, p. 59); mesmo que possam eventualmente não cumprir todos os critérios e não constituam uma lei fundamental.

O conhecimento sobre os **procedimentos** referido por Flores-Medrano, *et al.* (2016) permite encontrar um paralelismo com a biologia através do **trabalho prático**. Os trabalhos práticos desenvolvidos pelo professor em sala de aula obrigam ao conhecimento prévio relativamente aos procedimentos a tomar. Por isso, o conhecimento sobre a natureza e intenção do trabalho prático são também eles conhecimento dos temas, em biologia (Hodson, 1998; Magnusson, *et al.*, 1999; Leite, 2001). Os trabalhos práticos são as atividades em que os alunos estão ativamente envolvidos podendo esta participação ser psico-motora, intelectual ou afetiva (Leite, 2001). Nestes trabalhos práticos integram-se o trabalho laboratorial que implica a utilização de material de laboratório e o trabalho de campo que pressupõe a saída para o exterior. Ambos os trabalhos, de laboratório ou de campo, podem ser desenvolvidos sob uma abordagem experimental e serem cumulativamente qualificados como trabalho experimental (Hodson, 1998).

Outro aspeto incluído no KoT, do MTSK, são as imagens de um conceito e as suas representações. No âmbito do ensino das ciências, Magnusson, *et al.* (1999) cita Hewitt (1993) e indica que as representações podem compreender as ilustrações, os exemplos e os modelos. Para Chen, Hand, e Park (2016) os **modelos** são representações de ideias, conceções, fenómenos e incluem-se neste subdomínio já que, não raras vezes, constituem um recurso importante no processo de clarificação do tema. No âmbito das ciências, o ensino apoia-se, muitas vezes, nos modelos para ajudar a compreender alguns fenómenos não observáveis ou apenas parcialmente observáveis (Ferreira, Guimarães, Guimarães, e Franco, 2013). Também na disciplina de biologia

se observam vantagens no uso de modelos tridimensionais, pois "(...) auxiliam uma melhor visualização e compreensão dos conteúdos, normalmente microscópicos e abstratos" (Orlando, *et al.*, 2009, p. 13).

Os modelos tridimensionais referidos por Orlando, *et al.* (2009) são também referidos por Gilbert (1998) no âmbito do ensino da química. Para este autor este tipo de modelos constitui os modelos concretos, materiais, produzidos em materiais duradouros. Mas apresenta mais 4 tipos de modelos: verbais, que são modelos descritivos; simbólicos, que recorrem a símbolos e fórmulas; visuais, onde se incluem os gráficos, os diagramas e animações, representações em duas dimensões; e gestuais, no qual é usado o corpo ou parte dele para representar um movimento (Gilbert, 1998). Ainda no âmbito do ensino da química, a autora Rosária Justi (2006) confirma a importância dos modelos no processo de ensino e aprendizagem das ciências, nomeadamente através da construção de modelos tridimensionais, e acrescenta a necessidade de um professor conhecer os argumentos que validam o modelo construído, mas também as suas limitações enquanto representação da realidade.

O investigador Adúriz-Bravo (2013) refere que os modelos, a partir da década de 1950-1960, passaram a ser considerados como a mais fundamental forma de representação científica e apresenta alguns estudos realizados no sentido de identificar e categorizar os modelos em ciências e ciências da educação. Indica uma classificação dos modelos na disciplina de física, de acordo com o seu uso, em particular o modelo de pêndulo. Este autor apresenta os modelos sob duas perspetivas. Por um lado, os modelos como representações de um objeto real, o pêndulo, construído com o propósito de ser estudado e a partir dele produzir novo conhecimento, nomeadamente as leis envolvidas no seu movimento. Por outro, o pêndulo como um sistema físico que satisfaz um conjunto particular de leis de mecânica. Noutros termos, também usados pelo autor, os modelos podem ser «modelos de» ou «modelos para».

O modelo MTSK comporta ainda outro aspeto dos modelos matemáticos que não se pode deixar de referir e está presente no trabalho de Aguilar (2015). Este autor refere o "conhecimento que o professor tem acerca de modelos atribuíveis a um tópico, vistos estes como fenómenos que podem servir para gerar conhecimento matemático, entre eles, os que aparecem na génese do próprio conceito" (p. 27). De acordo com o que refere este autor os modelos podem surgir como formas de produzir o próprio conhecimento em matemática. Do ponto de vista da biologia, não é a representação que gera o fenómeno ou o conceito. Os tópicos em estudo são observáveis diretamente ou com recurso a instrumentos e posteriormente são produzidos os modelos que

facilitam o estudo e a compreensão (Ferreira, *et al.*, 2007; Orlando, *et al.*, 2009; Chen, *et al.*, 2016). Esta diferença é consistente com as diferenças epistemológicas entre estas duas disciplinas já assinalada no ponto 3.2. deste capítulo.

Esta ideia é parte da caracterização de uma categoria referente ao subdomínio do conhecimento dos tópicos denominada como Conhecimento da fenomenologia associada a um conteúdo matemático (Carrillo, Climent, Contreras, e Muñoz-Catalán, 2013a; Carrillo, Flores, e Contreras, 2013b, Carrillo, *et al.*, 2018). Ainda que o que se acaba de referir não tenha aplicação na biologia, esta categoria comporta ainda outra ideia que pode observar-se nesta disciplina. A categoria inclui o conhecimento relativo à ampla variedade de contextos e aplicações ligada ao conteúdo que permitem ao professor conhecer os diferentes significados que se lhe podem atribuir. Este conhecimento revela o conhecimento aprofundado que tem relativamente ao tema que está a ensinar (Muñoz-Catalán, 2009).

Esta ampla variedade de **contextos e aplicações ligadas ao conteúdo** remete imediatamente para as aplicações e implicações da reprodução das plantas na vida em sociedade. O conteúdo da Reprodução das Plantas apesar de surgir, neste estudo, no contexto escolar está presente na vida do dia-a-dia e relacionado com diversas atividades profissionais, terapêuticas e económicas. Os agricultores, os floristas, os silvicultores, os farmacêuticos, os perfumistas e em última instância, a população em geral enquanto seres vivos heterotróficos, dependem diretamente da continuidade da existência das plantas. Trabalho científicos sobre as plantas surgem em variados temas desde o uso da biomassa florestal para produção de energia (Soares, Carneiro, Gonçalves, e Lelles, 2006), a variedade e importância das plantas medicinais (Maciel, Pinto, Veiga Jr., Grynberg, e Echevarria, 2002) ou alimentos transgênicos (Nodari e Guerra, 2003). Assim, o conhecimento relativo à aplicação do tema a outros contextos pode fazer parte do conhecimento do professor e do modelo *BTSK*.

Incluem-se ainda como conhecimento neste subdomínio as concepções alternativas dos professores sobre os conceitos. Os professores, especialmente aqueles que estão em princípio de carreira, têm concepções sobre conceitos em ciência (Yip, 1998; Koc, 2006; Kartal, Öztürk, e Yalvac, 2011; Narjaikaew, 2013).

3.4.2. O subdomínio do Conhecimento da estrutura da biologia

A estrutura da biologia ou as conexões em biologia não surgiram na literatura consultada, por isso a pesquisa direccionou-se para a matemática na tentativa de compreender em que consiste no modelo MTSK e procurar um paralelismo com esta disciplina. O subdomínio do Conhecimento da Estrutura da Matemática (KSM), do modelo MTSK, é apresentado como o conhecimento integrado de conexões que permitem compreender e desenvolver conceitos avançados desde uma perspectiva elementar e conceitos elementares mediante o recurso a uma visão avançada. Este modelo compreende ainda as conexões transversais e as conexões transversais. As conexões transversais permitem estabelecer ligação entre conceitos diferentes através de aspetos em comum e as conexões auxiliares associam o conteúdo a outro que permite a compreensão do primeiro (Carrillo, *et al.*, 2018).

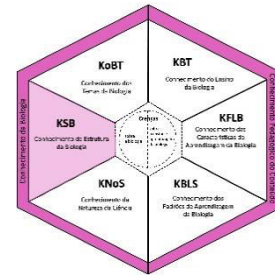


Figura 7 - Destaque do subdomínio KSB, do BTSK.

A proximidade entre o que foi anteriormente exposto e a literatura no âmbito da área da biologia pode ser encontrada nas conexões transversais que estabelecem a ideia de que existem aspetos comuns a vários temas. Nesta perspetiva, pode entender-se o *Conhecimento da estrutura da biologia*, ilustrado na figura 7, como o conhecimento da relação íntima e dependente entre um tema em estudo e outros. Por outras palavras, o conhecimento que o professor tem que lhe permite compreender as **ligações entre os diferentes conceitos, factos e conceptualizações** da disciplina (Shulman, 1986; Ball e Bass, 2000; Käpylä, Heikkinen, e Asunta, 2009).

Se para os matemáticos este subdomínio tem uma palavra chave que são as conexões, na biologia e nas outras ciências as palavras chave são as **grandes ideias**, da designação inglesa **Big Ideas**, pois são definidos como os temas integradores das ciências. Para Harlen (2010) as **Big Ideas** tomam diferentes formas: *Big Ideas of Science*, *Big Ideas about science* e *Big Ideas in Science*.

A investigadora Wynne Harlen (2010) descreve como *Big Ideas of Science*, as grandes ideias da ciência, figura 8. As *Big Ideas of Science* envolvem e interrelacionam os conteúdos, fenómenos, factos das disciplinas que compõem as ciências sejam eles os fenómenos físicos, químicos, astronómicos, biológicos, etc..., do planeta. São grandes ideias na verdadeira aceção da palavra.

A grande ideia onde pode ser enquadrada a reprodução das plantas é: Organismos organizam-se a partir de uma base celular. Mas muitos outros temas podem ser aqui incluídos, como a evolução, a genética, ou qualquer tópico da microbiologia, tal a sua abrangência. Devido a este leque alargado de conceitos que podem ser incluídos nas *Big Ideas of Science* de Harlen, é preferida outra definição de *Big Idea*. Atendendo à definição que está presente nos trabalhos de Duncan, Rogat e Yarden (2009) e de Mitchell, Keast, Panizzon, e Mitchell (2016): as grandes ideias como frases que contextualizam os temas em estudo e estabelecem relações com outros temas.

Por outro lado, o Ministério da Educação (1991b) apresenta um **tema globalizador**, mais limitado, no qual se inclui a reprodução das plantas e é designado como: Processos vitais comuns aos seres vivos. Esta *Big Idea* enquadra-se na definição apresentada por Duncan, *et al.* (2009) ou Mitchell, *et al.* (2016), já que nela se pode incluir não só a reprodução das plantas, mas também a dos animais e as similaridades que existem entre ambos, apesar das diferenças evidentes. As grandes ideias ou *Core Ideas* (Duncan, *et al.*, 2009) revelam um conhecimento profundo do tema por parte do professor e por outro lado evidenciam as relações que contribuem para uma melhor compreensão do conteúdo por parte dos alunos.

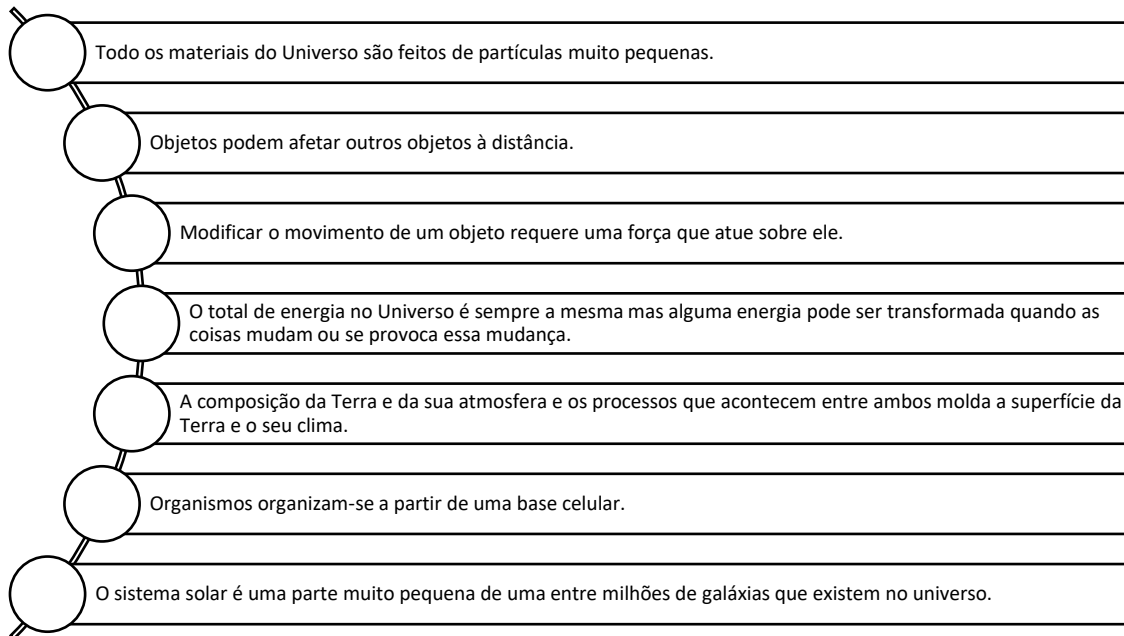


Figura 8 - *Big Ideas of Science* adapt. de Harlen (2010), traduzido.

3.4.3. O subdomínio do Conhecimento da natureza da ciência

O *Conhecimento da natureza da ciência (KNoS)* está, em tudo relacionado com a Natureza do Conhecimento, em particular a Natureza do Conhecimento em Ciência ou Natureza da Ciência (NoS) é um conceito sobre o qual a comunidade científica se tem debruçado nas últimas décadas (figura 9). Esta representa a compreensão de como se produz e valida a ciência e constitui uma componente central da literacia científica (American Association for the Advancement of Science, 1993; Lederman, Abd-El-Khalick, Randy, e Renée, 2002;

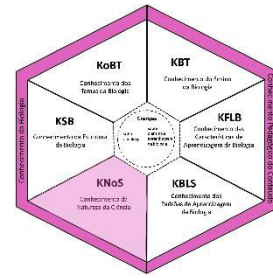


Figura 9 - Destaque do subdomínio *KNoS*, do BTKS.

Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, e Duschl, 2003; Wong e Hodson, 2008; Abd-El-Khalick, 2012). Desde a década de 2000 que vários autores têm vindo a estabelecer categorias para a Natureza da Ciência recolhendo entre antropólogos, químicos, historiadores, biólogos e demais cientistas, o que devia integrar o NoS. Neste âmbito, destacam-se os trabalhos de Lederman (1992), Lederman, *et al.* (2002), Osborne, *et al.* (2003) e Wong e Hodson (2008) pois as categorias que apresentam para a Natureza da Ciência são coincidentes. As categorias em questão são: a Natureza Empírica, a Criatividade, o Método Científico, o Contexto Social, a Subjetividade, a Influência do conhecimento prévio, a Influência das crenças, a Influência da experiência, a Influência das expectativas do investigador na observação (*Theory-laden*), a Tentativa, o Questionamento e as Teorias e Leis.

O trabalho de Wong e Hodson (2008), cujos resultados se encontram esquematizados na figura 10, mostram as categorias do NoS recolhidas entre cientistas de diferentes partes do mundo com mais de 10 anos de trabalho de investigação nas áreas de física, biologia, astrofísica, virologia e genética. Para além da identificação de oito categorias estes autores agruparam-nas em duas mais abrangentes: os Métodos de Investigação Científica, o Estatuto e Conhecimento Científico; e um terceiro grupo cujo nome não foi indicado pelos autores.

Os **Métodos de Investigação Científica** integram: a Teoria versus experimentação, a Inexistência de um método científico, o Avanço tecnológico, a Criatividade e a Objetividade subjetiva/especulação teórica. O segundo grupo identificado como o **Estatuto e Conhecimento Científico** inclui o caráter provisório dos princípios, regras, teorias, modelos; o valor das diferentes perspetivas e a Triangulação metodológica e/ou de investigadores. No terceiro grupo, sem

designação, estão integradas a Investigação, liberdade académica e ética; a Colaboração e competição e a Validação entre pares.

Métodos de Investigação Científica	Estatuto e Conhecimento Científico	(sem designação)
<ul style="list-style-type: none"> •Teoria versus experimentação •Inexistência de um único método científico •Avanço tecnológico •Criatividade •Objetividade subjetiva/ especulação teórica 	<ul style="list-style-type: none"> •O caráter provisório dos princípios, regras, teorias, modelos •O valor das diferentes perspetivas •Triangulação metodológica/ de investigadores 	<ul style="list-style-type: none"> •Investigação, liberdade académica e ética •Colaboração e competição •Validação entre pares

Figura 10 – Categorias da Natureza das Ciências (NoS) identificadas (adapt.) nos três grupos propostos por Wong e Hodson (2008), traduzido.

O conhecimento sobre a Natureza da Ciência é parte do conhecimento específico do professor uma vez que, de acordo com Aydin, Demiordögen, Muslu, e Hanuscin (2013), este conhecimento consiste na prova do conhecimento científico. À parte da sua importância, importa a ressalva feita pelos investigadores Marín e Jiménez-Gómez (1992), Jiménez-Aleixandre (2005) e Wong e Hodson (2008). Estes autores referem que a Natureza da Ciência ensinada em sala de aula não deve ser confundida com a Natureza da Ciência dos cientistas. Apesar de nas escolas se realizarem experiências, ou atividades práticas, com os alunos, estas não constituem verdadeiras experiências científicas e importa neste subdomínio estabelecer essa diferença. As atividades experimentais escolares são usadas pelos professores para pôr em evidência um fenómeno ou evento, demonstrar uma ideia, princípio ou teoria, ou desenvolver uma determinada competência de laboratório; com o propósito de ajudar os alunos a (re)construir o seu próprio conhecimento.

A biologia constitui um ramo particular das ciências naturais e está centrada no conhecimento profundo dos fenómenos e acontecimentos naturais (Adegboye, Bello, e Abimbola, 2017). Tem características específicas que a distingue, por exemplo, da física, como refere Tsai (2006). Lederman (2007) reconhece que intuitivamente parece haver diferenças entre a natureza das

diferentes ciências, mas as publicações existentes não apontam qualquer especificidade reforçando a ideia que a natureza das diferentes ciências é comum.

Lederman (1992) e Lederman, *et al.* (2002) acrescentam que a criatividade e a descoberta por tentativa ocupam uma posição de maior relevo na biologia e Tsai (2006) diz também que nesta disciplina as perguntas mais frequentes são o como e o porquê e nem sempre as atividades experimentais são as mais apropriadas para responder a este tipo de questões. Tendo em consideração estas duas declarações, entende-se ser possível fazer um ligeiro ajuste às categorias definidas por Wong e Hodson (2008). A experimentação mantém o lugar no alcance de novos conhecimentos, mas com maior valorização da criatividade e da descoberta por outras vias além da experimentação; nomeadamente perspectiva histórica, já que é uma metodologia recorrente na construção de explicações no âmbito desta disciplina (Adegboye, *et al.*, 2017).

A objetividade subjetiva referida no trabalho Wong e Hodson (2008) obrigou à reflexão sobre os parâmetros a que obedecem as definições em biologia, questão metafísica. No que diz respeito a esta disciplina, biólogos e filósofos enfrentam alguns problemas no que diz respeito a definições de conceitos e tem surgido a necessidade de concertar do que se fala quando se discutem conceitos como adaptação, o que se entende por função de um órgão ou de uma característica, em que consiste a seleção natural, a evolução, o desenvolvimento de um organismo (Pradeu, 2018), qual o conceito de organismo (Shields, 2017) ou de espécie (Nathan, 2019). Estas definições são suportadas por um conjunto complexo de inferências que se revelam através da discussão. Os múltiplos significados têm vindo a ser discutidos de forma a estabelecer um discurso mais claro e geral (Serrelli, 2016).

Assim, assumem-se as categorias reveladas por Wong e Hodson (2008) como sendo as mais consensuais, com as integrações que consideram úteis nos trabalhos de Lederman (1992), Lederman, *et al.* (2002) e Abd-El-Khalick (2012), figura 11.

A natureza da ciência está direcionada para as ciências e não se encontra paralelismo na matemática nem no modelo MTSK. Porém, aquilo que caracteriza o subdomínio do Conhecimento da Natureza das Ciências está em plena harmonia com o que descreve Carrillo, *et al.* (2013a, 2013b, 2018) no subdomínio Conhecimento da Prática Matemática (KPM). Este subdomínio destaca a importância do conhecer as formas de proceder para chegar aos conhecimentos científicos e as características do trabalho matemático. Trata-se de saber como se explora e se gera conhecimento em matemáticas, como se estabelecem relações, correspondências e equivalências, como se argumenta, se justifica e se generaliza, que papel

tem a convenção, e que características têm de ter as definições ou as demonstrações, por exemplo. Os investigadores do MTSK acrescentam que este conhecimento substancia e dá solidez ao conhecimento matemático no momento de gerir as intervenções dos alunos, contribuindo assim para a decisão de aceitar, refutar ou reformular se necessário as suas respostas.

Métodos de Investigação Científica	Estatuto e Conhecimento Científico	(sem designação)
<ul style="list-style-type: none"> •Teoria versus experimentação •Inexistência de um único método científico •Avanço tecnológico •Criatividade •Tentativa •Objetividade subjetiva (metafísica)/ especulação teórica 	<ul style="list-style-type: none"> •O caráter provisório dos princípios, regras, teorias, modelos •o valor das diferentes perspetivas (perspetiva histórica) •Triangulação metodológica/ de investigadores 	<ul style="list-style-type: none"> •Investigação, liberdade académica e ética •Colaboração e competição •Validação entre pares

Figura 11 – Categorias da Natureza Ciência de Wong e Hodson (2008) e contribuições específicas da biologia de Lederman (1992), Lederman, *et al.* (2002), Tsai (2006) e Adegboye, *et al.* (2017), *traduzido*.

Como no MTSK, o *BTSK* integra também as conceções alternativas dos professores sobre a prática científica. O estudo sobre as conceções dos professores sobre a Natureza da Ciência (NoS) não é novo. O trabalho de Lederman (1992) apresenta o resultado de várias investigações levadas a cabo por outros investigadores sobre este tema. Destaca-se o trabalho de Carey and Stauss (1970a) cujos resultados confirmam que os professores de ciências, no geral, possuem conceções alternativas sobre a NoS. As variáveis: graduação profissional, cursos específicos ou tempo de experiência profissional, não têm uma relação direta com a existência de conceções sobre a Natureza da Ciência. Apesar de ser um estudo com mais de 50 anos, as ideias individuais dos professores sobre este tema são bastante atuais como confirma Abd-El-Khalick e Lederman (2000) ou Wong, Firestone, Ronduen, e Bang (2016) que reforça a ideia da necessidade de melhorar as conceções dos professores sobre este tema.

3.5. O domínio do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo

O domínio do *conhecimento pedagógico do conteúdo* ou *PCK* no âmbito do modelo *BTSK*, ilustrado na figura 12, é caracterizado pelo 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. Em suma: “...inclui questões diretamente relacionadas com o ensino e aprendizagem de um determinado conteúdo” (Pozo e García, 2001, p. 65). Caracteriza o professor em ação, em contacto

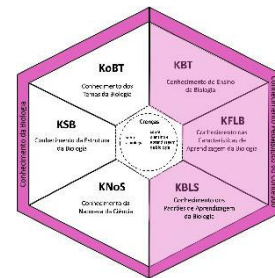


Figura 12 - Destaque do domínio do *PCK*, do modelo *BTSK*.

direto com os seus alunos, o que denomina por didática, e constitui uma forte componente nos cursos de formação de professores de biologia. Para ensinar um determinado tópico ou tema, o professor é detentor de um conjunto de conhecimentos particulares que lhe permitem, de entre um vasto número de combinações, escolher a estratégia, o recurso ou a atividade que melhor se adequa ao lugar, ao público alvo, à situação que tem pela frente (Loughran, Berry e Mulhall, 2012).

O domínio do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo está intimamente ligado ao conhecimento do professor sobre a didática da biologia e é composto por três subdomínios homólogos ao modelo *MTSK*, apesar das categorias que os compõem serem, algumas delas, específicas da biologia. Os subdomínios que se apresentam de seguida são: o *Conhecimento do ensino da biologia*, o *Conhecimento das características de aprendizagem da biologia* e o *Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia*.

Também na apresentação teórica deste domínio se destacam as palavras-chave que ajudam a caracterizar cada um dos subdomínios e contribuirão, de alguma forma, para a construção das categorias. Além de orientarem a leitura ajudam à familiarização com o conteúdo temático de cada um deles.

3.5.1. O subdomínio do Conhecimento do ensino da biologia

Incluí-se no subdomínio do *Conhecimento do ensino da biologia (KBT)*, representado pelo trapézio cor-de-rosa na figura 13, o conhecimento das **teorias de ensino**, o **conhecimento de estratégias, atividades, recursos, materiais** no contexto do ensino das ciências e da biologia em particular, ou seja, enquadra-se aqui o mesmo conhecimento que Carrillo, *et al.* (2013a, 2013b) enquadram no subdomínio homólogo da Matemática do modelo MTSK: o conhecimento do ensino da matemática.

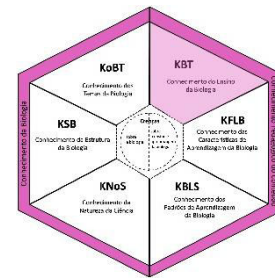


Figura 13 - Destaque do subdomínio *KBT*, do modelo BTKS.

O conhecimento para ensinar biologia é, em parte, aquilo que Chevallard (1985) denomina por transposição didática ou o conhecimento dos tópicos da biologia para um contexto escolar, com conteúdos compreensíveis e adequados aos alunos (Van Dijk e Kattmann, 2007).

Enquadra-se neste subdomínio o conceito de Pedagogo Especialista de Loughran, *et al.* (2012). Aquele professor que opta pelo uso de um procedimento específico, num momento particular, por uma razão especial, porque percebeu que o ensino feito daquela forma contribui para o sucesso educativo. De acordo estão Blanco, *et al.* (1995), Magnusson, *et al.* (1999) e Aguilar (2015) quando referem que um profissional profundamente conhecedor dos recursos e estratégias de ensino que tem ao seu dispor, é capaz de escolher os melhores para orientar os alunos no seu percurso. Os recursos em questão podem ser materiais ou virtuais, específicos para o ensino do conteúdo.

Ainda relativamente aos recursos, Carrillo, *et al.* (2018) refere que não basta ter conhecimento dos variados **recursos disponíveis**. É igualmente importante conhecer o seu potencial, as suas vantagens e desvantagens, ou por outras palavras, em que medida, determinado recurso é mais adequado e porquê.

Entre os **recursos materiais** intensamente usados no ensino das ciências incluí-se os **diagramas de Venn**. São uma estratégia de ensino, “emprestada” da matemática, usada para ilustrar relações entre conteúdos e/ou objetos. É uma boa estratégia na medida em que permite a compreensão de conceitos, definições e relações entre elementos com diferentes características (Loughran, *et al.*, 2012).

Do mesmo modo, os **mapas de conceitos** permitem relacionar de forma mais simples ou mais complexa a relação que existe entre conceitos. Para além de constituir uma ferramenta, um recurso de ensino/aprendizagem, permite ao professor compreender sobre o nível de entendimento que os alunos atingiram sobre o tema em estudo. De acordo com Trowbridge e Wandersee (2000) os mapas de conceitos servem igualmente o objetivo de identificar as conceções alternativas.

A linguagem pode também constituir um recurso. Para clarificar um conceito ou uma ideia o professor pode recorrer à linguagem através do uso das **analogias** (Hewitt, 1993, in Magnusson, *et al.*, 1999). A investigação levada a cabo por Ferraz e Terrazan (2001) revela que o recurso às analogias para resolver o problema da compreensão de conteúdos, no âmbito da biologia, é muito frequente. Em investigação posterior, os mesmos autores referem que “Tendo um conhecimento relacionado ao uso de recursos como analogias, os professores terão condições de fazer seu planeamento usando as analogias de uma forma mais estruturada.” (Ferraz e Terrazan, 2002, p. 127). As figuras de estilo, nomeadamente a **metáfora**, constituem igualmente um recurso. Mellado, *et al.* (2014) cita o trabalho de Zembylas (2004) e faz referência às metáforas dizendo que as metáforas pessoais dos professores se formam a partir das próprias experiências escolares e de aprendizagem. Permitem expressar de forma global as conceções e o conhecimento prático, influenciam a conduta da aula e são uma ponte entre o cognitivo e o afetivo.

No que diz respeito ao conhecimento das **estratégias instrucionais** podem ser incluídas as sequências e ciclos de aprendizagem, as estratégias para mudança concetual, as atividades e as representações (Bybee, *et al.*, 2006). De acordo com o relatório do centro educacional *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS), em particular o relatório realizado por Bybee, *et al.* (2006), um dos primeiros modelos de **sequência de aprendizagem** foi o apresentado por Herbart no início do século XX, no qual apresenta uma sequência de 4 fases: preparação, apresentação, generalização e aplicação; esquematizado na figura 14.

A preparação inicia-se com a percepção daquilo que o aluno já conhece sobre o conteúdo ou tema, pois os seus conhecimentos prévios são o ponto de partida para as novas aquisições. Desta forma o novo conteúdo é relacionado com o anterior. Segue-se a explicação por parte do professor (fase de generalização) e aplicação do novo conteúdo a novos contextos (fase de aplicação).

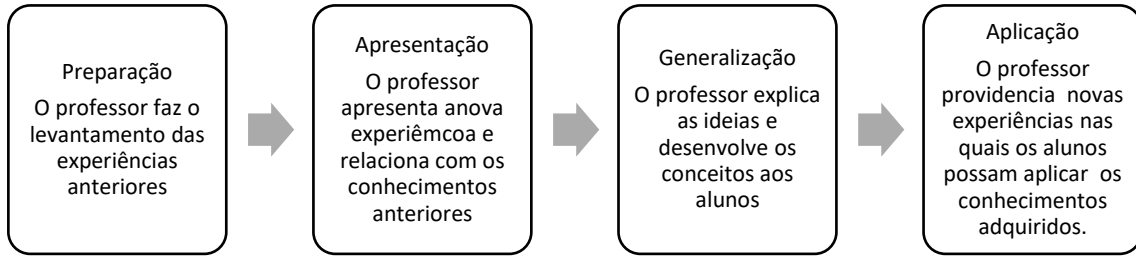


Figura 14 - Modelo instrucional de Herbart, em Bybee, *et al.* (2006), traduzido.

Posteriormente à sequência de Herbart, Dewey apresenta também uma sequência de aprendizagem intimamente relacionada com a aprendizagem das ciências. Esta sequência encontra-se ilustrada na figura 15. A sequência composta por seis fases é baseada na experiência e no pensamento reflexivo e requer uma participação ativa por parte dos alunos. São fases desta sequência a (i) identificação do problema, (ii) reconhecimento das condições associadas ao problema, (iii) formulação das hipóteses para solucionar o problema, (iv) realização de experiências que refutem ou comprovem a hipótese, (v) realização de testes que comprovem ou não os resultados e (vi) a produção de conclusões ou de novas experiências a partir destas.

A partir de década de 1950 surge nos manuais escolares de ciências uma adaptação de Heiss, Obourne Hoffman ao modelo de aprendizagem de Dewey designado como **Ciclo de Aprendizagem**. Descrevem o ciclo de aprendizagem em cinco fases basicamente com o mesmo conteúdo proposto anteriormente por Dewey: Exploração da unidade, Realização de experiências, Organização das aprendizagens e Aplicação a novas situações.



Figura 15 - Modelo instrucional de Dewey (Bybee, *et al.*, 2006), traduzido.

Entre os ciclos de aprendizagem mais conhecidos encontra-se o Modelo Instrucional 5E (Bybee, *et al.*, 2006): *engage, explore, explain, elaborate and evaluate*; em português: envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação, ilustrado na figura 16.



Figura 16 - Modelo Instrucional 5E, adaptado de Bybee, *et al.* (2006), traduzido.

Em 2014, Burke acrescenta mais um momento a este ciclo de aprendizagem que designa por *Engineer*. Segundo o autor, nesta etapa os estudantes têm a oportunidade de desenvolver um conhecimento mais aprofundado sobre o tópico pois é o momento de criarem uma solução para o problema da sua investigação.

O projeto IRRESISTIBLE, desenvolvido pela Comunidade para Educação em Ciência na Europa (Scientix) acrescentou duas etapas a este ciclo: “Exchange e Empowerment – que implicam o desenvolvimento de exposições científicas interativas pelos alunos, assumidas como uma estratégia de ativismo em contexto escolar” (Marques, Azinhaga, e Reis, 2016).

Segundo ao encontro do que foi dito no subdomínio do NoS relativamente ao facto das atividades experimentais desenvolvidas em sala de aula não constituírem verdadeiras experiências científicas, importa agora clarificar que se tratam de **estratégias de ensino**. O trabalho prático estimula o interesse e gosto pela aprendizagem de conhecimento científico e serve o propósito do ensino de competências laboratoriais e de procedimentos no âmbito do NoS (Hodson, 1985) e constituem um instrumento válido na promoção do exercício de pensar (Cachapuz, Praia, e Jorge, 2000). Ainda relativamente ao ensino do NoS, Magnusson, *et al.* (1999) admite que o conhecimento de episódios históricos, que possam servir para ilustrar um aspeto particular do NoS, e as analogias, que possam ser usadas para ajudar a compreender o NoS, constituem o conhecimento de estratégias instrucionais.

As conclusões dos trabalhos levados a cabo por estes investigadores no âmbito das ciências e da biologia coincidem com as características do subdomínio Conhecimento do Ensino da Matemática (KMT) do modelo MTSK. Neste subdomínio estão presentes os conhecimentos específicos para ensinar um conteúdo em particular, sejam eles o conhecimento de sequências e ciclos de aprendizagem ou a escolha dos melhores recursos, exemplos e tarefas.

O ensino através da **resolução de problemas** ou **realização de projetos** (*problem-based* e *project-based*) referido por Mils e Treagust (2003) ou ainda através de questões de pesquisa (Inquiry-based teaching) referido por Chin e Chia (2006) e Pedaste, *et al.*, (2015), como estratégias de ensino das ciências, pode também ser incluído aqui. O papel do professor é definir, em articulação com os alunos, que questões, que temas ou que problemas vão ser trabalhados em sala de aula, sendo que a principal diferença é que é através destes trabalhos que os alunos adquirem o conhecimento sobre o conteúdo e desenvolvem as capacidades (Chin e Chia, 2006). Ao longo do processo o professor faz balanços, discute procedimentos e orienta os alunos.

Pedaste, *et al.* (2015) identifica cinco grandes fases no desenvolvimento deste tipo de ensino a partir da revisão de 32 artigos publicados sobre este tema. Apesar das diferentes designações que cada investigador ou grupos de investigadores usam, existe uma concordância nas seguintes fases: orientação, conceptualização, investigação, conclusão e discussão.

O *Conhecimento do ensino da biologia* está centrado no conhecimento dos recursos e materiais, mas principalmente no conhecimento destes ciclos de aprendizagem. Apesar das diferenças de designações dos diferentes autores, todos centram os alunos no processo. Os alunos identificam os problemas ou os temas sobre os quais recai o ensino e individualmente ou em grupos exploram, organizam e aprendem. Aos professores cabe a responsabilidade de orientar: orientar as pesquisas, o levantamento e teste de hipóteses e a organização das aprendizagens para posterior discussão ou apresentação aos pares.

Apesar de ser uma estratégia de ensino cada vez mais comum entre os professores de biologia ou ciências naturais não é exclusiva desta disciplina. Jim Minstrell é um professor com experiência e mérito reconhecido no ensino da física e aplica estratégias não convencionais na sua prática letiva, nomeadamente o ensino através de questões colocadas aos seus alunos, ou seja, ensino por questionamento (Schoenfeld, Minstrell, e Van Zee, 2000).

3.5.2. O subdomínio do Conhecimento das características de aprendizagem da biologia

O subdomínio do *Conhecimento das características de aprendizagem da biologia (KFLB)* é, como o nome indica, o conhecimento que o professor tem sobre a forma como os alunos aprendem biologia e sobre as teorias de aprendizagem. Este subdomínio encontra-se destacado na figura 17. Relativamente às teorias de aprendizagem, Tavares e Alarcão (1985) apresentam as teorias behavioristas, cognitivistas e humanistas desenvolvidas por figuras de renome da psicologia, do desenvolvimento humano e da aprendizagem, como Watson e Skinner, Piaget e Ausubel, e Maslow e Rogers, entre outros.

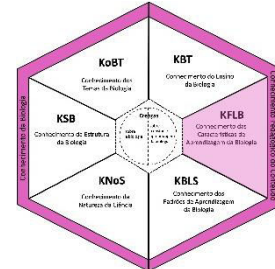


Figura 17 - Destaque do subdomínio KFLB, do BTKS.

A teoria de aprendizagem preconizada por Jean Piaget, e dos behavioristas que o antecederam, está direcionada para o desenvolvimento das competências da linguagem e do comportamento, mas são generalistas o bastante para se adequarem à aprendizagem de uma qualquer disciplina. O conhecimento destas teorias importa ao professor na medida em que lhe proporcionam ferramentas para compreender as estruturas do desenvolvimento cognitivo dos alunos e a adequação do modo de estar e de comunicar em sala de aula, mas não são específicas da aprendizagem da biologia ou das ciências.

Simultaneamente a Piaget, também Ausubel dedicou os seus estudos à compreensão do processo de aprendizagem que designou de **aprendizagem significativa** (Valadares e Moreira, 2009) e posteriormente Joseph Novak e Bob Gowin (1996) continuam o ramo de investigação e denominam de **construtivismo humanista** à teoria de aprendizagem na qual os alunos são pensadores críticos e os únicos responsáveis pela construção do seu conhecimento. Wood e Bandura (1989) referem que a aprendizagem não é determinada exclusivamente por fatores internos ou externos. O efeito dos estímulos exteriores e a cognição interagem e influenciam-se bilateralmente, características de uma teoria social cognitiva. Mas, mais recentemente, Valadares e Moreira (2009) aceitam que é atualmente muito consensual uma boa aprendizagem depender da motivação psicológica.

Na aprendizagem da biologia, importa que os estudantes adquiram um conhecimento concreto do mundo vivo e isso não pode ser alcançado de forma teórica ou através de leituras. O

conhecimento do mundo vivo e dos fenómenos associados aos animais e às plantas não pode estar dependente de uma aprendizagem passiva. Para Mariana Iancu (Iancu, 2014) a aprendizagem da biologia passa por promover processos nos quais os alunos “façam um esforço numa direção heurística e nas suas habilidades” (p. 69). Esta investigadora Romena aposta num ensino multidimensional desta disciplina, com a perspetiva de criar confronto entre os conceitos previamente adquiridos e aqueles que se pretende que assimilem. Gera, nos alunos, um **conflito socio-cognitivo** para resolver em grupo, num processo mais ou menos apoiado pelo professor dependendo da idade dos alunos. Este conceito, de que as crianças e jovens aprendem a partir do esforço pessoal e da resolução de problemas, vai ao encontro do resultado da investigação levada a cabo por cinco biólogos brasileiros: Bezerra, Rodrigues, Cavalcante, Nogueira, e Lima, num trabalho publicado em 2017. Como conclusão do seu trabalho revelam que é necessário “problematizar mais o conhecimento científico a fim de tornar o ensino da botânica e princípios ativos mais atrativos e investigativos nas escolas” (Bezerra, Rodrigues, Cavalcante, Nogueira, e Lima, 2017, p. 19). O estudo desenvolvido por Pessin e Nascimento (2010) refere que a aprendizagem mais significativa no âmbito da aprendizagem da botânica, acontece a partir das aulas de cariz teórico-prático. Nestas aulas, com a implementação de atividades de carácter experimental, observou-se uma maior compreensão e entendimento dos conteúdos. Coincide com a teoria de **aprendizagem pela experiência** de Kolb (2015) em que a aprendizagem acontece pela experiência e que o conhecimento é produzido pela transformação da experiência. Para o professor de física, Jim Minstrell, também esta é uma disciplina que deve envolver os alunos e nesse sentido propõe problemas da vida real nos quais os estudantes se envolvem intensamente e aprendem os conteúdos (Schoenfeld, *et al.*, 2000).

A ideia de experiência remete para o envolvimento ativo dos alunos na sua aprendizagem e a transformação da experiência encaminha o pensamento para a ultrapassagem dos obstáculos provocados pelas ideias prévias. Sobre o envolvimento ativo dos alunos, estudos recentes revelam uma nova abordagem na aprendizagem das ciências, denominado de ativismo socio-científico. A aprendizagem através de iniciativas de ativismo (Trindade, 2015) ou ativismo socio-científico (Conceição, Baptista, e Reis, 2019) tem pautado as novas investigações sobre a aprendizagem das ciências numa abordagem que permite aos alunos um envolvimento mais ativo e independente da figura do professor. O estudo de Trindade (2015) foi realizado numa escola de 3º ciclo com alunos de 9º ano. Os alunos aprenderam o Sistema cardiorespiratório através da realização de tarefas pré-definidas integradas num projeto. As atividades definidas

foram de cariz diverso, entre as quais pesquisas, formulação de novas questões ou preparação de apresentações à turma e à escola. De acordo com as conclusões do estudo,

(...) os alunos desenvolveram competências ao nível do conhecimento substantivo o que foi demonstrado durante a participação ao longo das várias etapas do trabalho de projeto. (...) Os alunos também desenvolveram competências do conhecimento processual, por meio do planeamento do trabalho de projeto e da construção dos materiais para a sua concretização demonstraram capacidade de organização e do cumprimento de tarefas(...) As competências no domínio do raciocínio e comunicação foram também desenvolvidas em todas as etapas, o que foi possível de constatar através do planeamento do projeto, na análise e interpretação de dados e construção dos produtos finais. Estas “habilidades” estiveram particularmente em evidência durante as discussões e debates de ideias, ao nível do grupo de trabalho, da turma ou da comunidade escolar (Trindade, 2015, p. 184)

No estudo de Conceição, *et al.* (2019) os vinte e um alunos, de oitavo ano de currículo alternativo, estiveram envolvidos na resolução de uma problemática relacionada com a contaminação de um riacho localizado perto da escola que frequentavam. Os resultados mostram que os alunos se interessam pelas ciências e aprendem quando se envolvem em tarefas de ativismo socio-científico. Além disso, permitiu a estes alunos implicarem-se pessoalmente “nos temas públicos da ciência, tomar decisões e desenvolver a sua responsabilidade individual e cívica, como se aconselha nos documentos internacionais sobre o ensino das ciências (...)” (Conceição, *et al.*, 2019, p. 9). Neste contexto os alunos realizam aprendizagens, nomeadamente os conteúdos do estudo em questão, mas desenvolvem outras competências e capacidades entre as quais a comunicação, a organização da informação e a interação social com os seus pares, mas também com outros elementos da comunidade.

Além de tudo o que já foi descrito, é necessário sublinhar o novo paradigma que surge associado à aprendizagem das ciências. Atendendo à velocidade a que acontecem os avanços científicos é humanamente impossível acompanhar tudo o que acontece. A memorização clássica dos conteúdos é menos valorizada dando-se primazia à compreensão de como surgem os novos conhecimentos e à capacidade de resolver os novos desafios da sociedade (Vasconcelos, Cardoso, e Vasconcelos, 2018). Assim aprender passa a ser conhecer. “Essa ideia torna o processo de ensino-aprendizagem mais ativo, mais assente na descoberta e resolução de problemas, na construção e desconstrução de significados pessoais” (Vasconcelos, Praia, e Almeida, 2003, p. 17).

A outra ideia mencionada anteriormente, a da transformação da experiência, vai ao encontro da primeira experiência e do facto de constituir, muitas vezes, uma barreira às novas aprendizagens. Trata-se das **concepções alternativas, ideias prévias** ou **intuições** (Driver, 1985). Estas ideias são formadas a partir da experiência pessoal com o meio envolvente, mas também podem ter a sua origem na família, na sociedade, nos meios de comunicação ou na própria escola (Veglia, 2007). Estas ideias estão também no cerne do ensino da biologia pois apresentam muitas vezes o principal obstáculo à aprendizagem (Santos, *et al.*, 1997). Deste modo, o conhecimento das concepções prévias, que são muitas vezes alternativas, ajuda o professor a interpretar as ações e as verbalizações dos alunos e a compreender as suas ideias. Assim, pode planificar as aulas e criar um discurso que estimule os alunos a desenvolver pontos de vista aceitáveis relativamente aos conceitos científicos. É esta a posição de Gullberg, Kellner, Attorps, e Tärneberg (2008). Mas são vários os autores de corroboram esta ideia. Luís (2010) refere que “saber à partida o que podem compreender os seus alunos sobre o tema e perceber a sua proximidade/ afastamento do conhecimento escolarmente aceite possibilita a preparação das suas aulas no sentido de promover a progressão da aprendizagem dos seus alunos.” (Luís, 2010, p. 89). Para Van Dijk e Kattmann (2007) os professores, entre outros profissionais ligados ao ensino, devem estar cientes dessas ideias prévias para assim poderem desenvolver ambientes propícios à aprendizagem e Magnusson, *et al.* (1999) também refere que as concepções alternativas constituem um foco de dificuldade na aprendizagem por serem muitas vezes contrárias aos conteúdos ou fenómenos científicos. Acrescenta que os tópicos muito abstratos e/ou muito afastados das experiências comuns dos alunos e a dificuldade em resolver problemas constituem também eles dificuldades à aprendizagem das ciências.

As concepções alternativas dos alunos são resultado da sua perceção do mundo e da sua experiência pessoal (Driver, 1985; Santos, *et al.*, 1997), mas nem todas. A revisão da literatura realizada por Yip (1998) revela que existe uma grande quantidade de concepções alternativas em biologia que podem não ter a sua origem na experiência pessoal dos alunos. Conceitos complexos ou abstratos como a divisão celular, a ultrafiltração no nefrónio [funcionamento do rim] e o mecanismo da circulação não são tópicos da vivência do dia-a-dia e dificilmente podem ser geradas ideias prévias sobre eles. O trabalho de Lawson, Abraham, e Renner (1989) revela que as concepções podem também ter a sua origem num ensino pouco eficaz ou, nas palavras dos autores, “numa defeituosa instrução” (p. 78).

No trabalho de investigação de Sadler e Sonnert (2016) foi realizado um questionário de resposta múltipla a alunos e professores com questões das disciplinas de física e química. Aos professores foi pedido ainda que identificassem, de entre as respostas disponíveis, aquelas que seriam a escolha dos alunos. Aos alunos foi aplicado novamente o questionário no fim do ano letivo. Os resultados desta intervenção revelaram que os melhores resultados escolares foram dos alunos cujos professores reconheceram mais facilmente as respostas erradas dos alunos.

Os investigadores Coll e Treagust (2003) desenvolveram um estudo de identificação de conceitos e conceções sobre o mundo micro e macro entre um grupo de estudantes do ensino secundário, antes e depois do ensino do tópico. Os resultados do estudo revelam sete conceções alternativas predominantes em mais de 20% dos alunos e outras conceções alternativas surgiram posteriormente nos grupos de discussão. A análise do conteúdo dos manuais escolares sugere que os erros conceptuais dos alunos possam ter surgido durante o ensino. Este estudo diz ainda que as conceções alternativas em biologia ao nível do ensino secundário foram reconhecidas com o maior fator de influência na compreensão da ciência. Os erros persistem e acompanham os alunos até à universidade. O ensino da biologia deve promover não só uma compreensão correta dos conceitos, mas também a reformulação do conhecimento substituindo as conceções alternativas por conceitos científicos (Marek, Cowan, e Cavallo, 1994).

Porém, aceder às conceções alternativas dos alunos pode depender de alguma habilidade do profissional uma vez que nem sempre são conscientes e verbalizadas. De acordo com Karmiloff-Smith (1991) apenas no nível três de funcionalidade da linguagem, que corresponde ao Conhecimento acessível à consciência, é que as crianças têm noção da forma como pensam (metacognição) e são capazes de verbalizar esse conhecimento. Nos níveis anteriores, Conhecimento implícito e Conhecimento explícito, o conhecimento não é consciente e é mais difícil de aceder, mas não impossível.

As conceções alternativas integram o modelo de PCK apresentado por Park e Oliver (2008a,b) e encontram paralelismo no modelo do conhecimento especializado do professor de matemáticas (MTSK). Encontram-se no subdomínio do Conhecimento das Características de Aprendizagem das Matemáticas (KFLM) pois este integra o conhecimento sobre as formas de interação do aluno com o conteúdo e podem constituir também um obstáculo à aprendizagem. No modelo de PCK de Park e Oliver (2008a), a par das conceções alternativas encontram-se as dificuldades ou necessidades de aprendizagem dos alunos, que não constituem conhecimento. No modelo

consensual do PCK (Gess-Newsome, 2015) também surgem contempladas as concepções prévias designadas como «conhecimento anterior».

Um outro aspeto que pode constituir um **bloqueio à aprendizagem** de conceitos relacionados com as plantas, é denominada «cegueira botânica». A cegueira botânica está relacionada com a incapacidade de ver ou observar as plantas no seu próprio ambiente o que leva a incapacidades mais profundas. Pode ficar comprometida a capacidade de reconhecer a importância das plantas na biosfera e para a vida humana, a valorização das características biológicas e estéticas das plantas e pode levar à sua desvalorização, considerando-as inferiores aos animais (Wandersee e Schussler, 2001). Nas palavras dos autores esta cegueira botânica pode ser observada através de vários sintomas:

- (a) não perceber, tomar conhecimento, ou reparar nas plantas no seu dia-a-dia;*
- (b) pensar que as plantas são apenas o pano de fundo da vida animal;*
- (c) não compreender que tipos de matéria e energia as plantas precisam para se manterem vivas;*
- (d) não perceber a importância das plantas nas lides diárias;*
- (e) não distinguir as diferentes escalas de tempo de atividade entre plantas e animais;*
- (f) falta de experiência prática de cultivo, observação e identificação das plantas da própria região geográfica;*
- (g) ser incapaz de explicar a ciência básica das plantas, incluindo o crescimento, nutrição, reprodução e considerações ecológicas relevantes;*
- (h) falta de consciência de que as plantas são essenciais para um ciclo biogeoquímico (ciclo de carbono) e*
- (i) ser insensível às qualidades estéticas das plantas e as suas estruturas especialmente no que diz respeito às suas adaptações, co-evolução, cores, dispersão, diversidade, hábitos de crescimento, perfumes, tamanhos, sons, espaçamento, vigor, simetria, tato, sabores e texturas (Wandersee e Schussler, 2001, p. 3).*

Este não reconhecimento das plantas e a sua desvalorização variam necessariamente de acordo com a cultura, com a proximidade da sociedade ao campo e às experiências pessoais, mas podem ser uma condicionante no momento de despertar do interesse e motivação dos alunos para o estudo das plantas (Machado e Amaral, 2015).

3.5.3. O subdomínio do Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia

O subdomínio do *Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia (KBLS)* comporta todo o conhecimento do professor relacionado com 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, figura 18. Para Shulman (1987) são os «Conhecimentos dos fins educativos, propósitos, valores e significados históricos e filosóficos» e para Magnusson, *et al.*

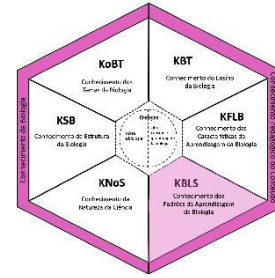


Figura 18 - Destaque do subdomínio KBLS, do BTKS.

(1999) o conhecimento que aqui se inclui é denominado como «Conhecimento do Currículo de Ciências». Estes últimos autores descrevem este conhecimento como o saber que professores especialistas têm sobre os objetivos e as metas curriculares, o currículo vertical, os programas que são relevantes para ensinar um domínio científico ou um tópico particular das ciências. Para este estudo, que se centra numa das disciplinas da ciência, podia ser descrito assim. Mas interessa envolver tudo o que a designação “**padrões**” (*standards*) e **currículo** possam comportar. Deste modo, os padrões de aprendizagem da biologia incluem o currículo, mas também os outros aspetos dos *standards* contemplados no subdomínio homólogo no modelo MTSK (Carrillo, *et al.*, 2018). Trata-se de uma referência aos **documentos orientadores** para o ensino provenientes de comissões de avaliação, de associações profissionais e de investigadores e as orientações presentes nos manuais provenientes das editoras, homologados pelo Ministério da Educação e Ciência (MEC). Além dos documentos orientadores para o desenvolvimento do currículo e dos programas, o MEC disponibiliza ainda **cadernos de atividades experimentais**, de várias temáticas, no âmbito do Programa de Formação em Ensino Experimental das Ciências (PFEEC). Para além de todos estes documentos existem ainda os trabalhos de investigação, que podem contribuir para o desenvolvimento de um currículo mais rico, produzido por investigadores, equipas de associações profissionais e associações ligadas ao ensino e à educação.

3.6. O domínio das Crenças

O domínio das Crenças no modelo *BTSK* situa-se, como no *MTSK*, no centro da figura hexagonal como se pode observar destacado a cor-de-rosa na figura 19. A designação mais direta para as crenças é a que em inglês se designa por *beliefs*. Consiste nas ideias próprias dos professores sobre os estudantes, o ensino, as salas de aula ou sobre os temas ou conteúdos que tem que ensinar (Kagan, 1992). A forma como os professores ensinam é influenciada pelas suas ideias mais profundas sobre o ensino e a aprendizagem (Schoenfeld, 2000; Rustaman e Widodo, 2001) e estão presentes na tomada de decisões e nas formas de agir dos professores refletindo os propósitos e os métodos de ensino (Zembylas, 2007).

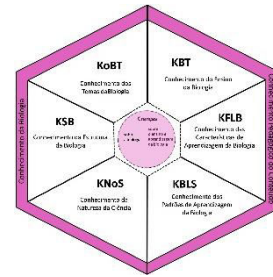


Figura 19 - Destaque do domínio das crenças, do modelo *BTSK*.

A designação de crença não é consensual entre os investigadores e surgem termos como sistema de crenças (Abelson, 1979), conhecimento subjetivo (Gómez-Chacón, 2003) ou conhecimento implícito (Pehkonen e Pietilä, 2003).

Observem-se as ideias de Abelson (1979) que apresenta sete componentes que distinguem o sistema de crenças do sistema de conhecimento:

1. Os elementos (conceitos, preposições, regras, etc) de um sistema de crenças não são concensuais;
2. Os sistemas de crenças estão relacionados com a existência ou não existência de determinadas entidades conceituais;
3. Os sistemas de crenças incluem frequentemente representações de mundos ideais;
4. Os sistemas de crenças acentam firmemente em componentes avaliativas e afetivas;
5. Os sistemas de crenças incluem grandemente as experiências pessoais, folclore ou propaganda;
6. Os aspetos a ser incluídos num sistema de crenças são vastos;
7. As crenças podem estar fundadas em vários níveis de certeza. (pp. 356–360)

Alguns destes aspetos do sistema de crenças de Abelson (1979) recebem a concordância de Thomson (1992) já que esta autora também refere que as crenças podem ser consideradas com diferentes graus de convicção, estão dependentes de experiências afetivas e avaliativas e de memórias resultantes de experiências pessoais.

Apesar das diferenças das designações usadas pelos autores Gomez-Chácon (2003) e Pehkonen e Pietilä (2003), ambos concordam no conteúdo que caracteriza o conhecimento subjetivo ou o conhecimento implícito. Ambos referem que é um conhecimento marcado pela experiência e fortemente influenciado pela dimensão afetiva. Por isso este conhecimento é individual e único (Pehkonen e Pietilä, 2003).

Esta particularidade confere às crenças uma grande importância no contexto educacional pois podem contribuir para o aprimoramento da prática docente (Oliveira, 2015). A reflexão sobre as suas crenças pode torná-las mais conscientes e cada professor pode compreender o modo como influenciam a sua prática pedagógica.

As crenças estão atualmente associadas à afetividade, assim refere Gómez-Chacón (2000) na sua investigação. De acordo com a autora a “afetividade (emoções, atitudes e crenças) dos estudantes são a chave para a compreensão do seu comportamento na matemática” (p. 149). Esta ligação entre crenças, afetividade e emoções já havia sido observada no trabalho de McLeod (1992), que caracteriza o domínio afetivo e inclui precisamente estes três aspetos. Este autor faz menção a várias dimensões das crenças: crenças sobre matemática, crenças sobre si, crenças sobre o ensino da matemática e crenças sobre o contexto social, e refere que as atitudes consistem na resposta afetiva à matemática que envolve sentimentos positivos e negativos. Apesar dos estudos sobre as emoções relativamente à matemática serem poucos, de acordo com o autor, foi já possível identificar algumas como: o medo, a ansiedade, o embaraço ou o pânico. No âmbito das ciências, que importa particularmente neste estudo, também já foram identificados alguns sentimentos, nomeadamente no trabalho de Alvarado, De las Heras-Pérez, Vázquez Bernal, e Jiménez-Pérez (2018): susto, entusiasmo, medo, satisfação, raiva, interesse, tensão, aceitação, frustração, tranquilidade, aborrecimento, bem-estar, recusa e surpresa.

Apesar da dificuldade em distinguir onde termina o conhecimento e começa a crença ou vice-versa (Pajares, 1992), aceita-se a definição de Pajares por se enquadrar na ideia de crença patente nesta tese. As crenças são profundamente pessoais, formadas a partir de experiências, acontecem ao acaso ou constituem ideias fantasiadas. Incluem frequentemente as ideias sobre como somos ou como são os outros. “Estão rodeadas de uma aurea emocional que dita o que está certo ou errado” (Pajares, 1992, p. 312). A emoção é a resposta ao que é vivido e pode influenciar positiva ou negativamente não só a aprendizagem como o ensino (Damásio, 1995). Este neurologista e neurocientista português descreve a emoção como um processo avaliatório mental, simples ou complexo, que resulta em respostas do corpo e do próprio cérebro. O

trabalho sobre a aprendizagem, de Seniciato e Cavassan (2008), apoia os dados da psicologia pois revela que emoções positivas favorecem a participação e curiosidade dos alunos.

Apesar de ser um tema muito interessante, as emoções estão fora do âmbito desta investigação, centrada no estudo do conhecimento, em particular no conhecimento do professor quando ensina um tópico da biologia. Por isso este aspeto foi deixado para outra investigação e o discurso segue centrado nas crenças e na sua relação com o conhecimento especializado do professor.

A ideia de interdependência entre conhecimento e crença é partilhada por Carrillo, *et al.* (2018) que inclui o Domínio das Crenças como terceiro domínio do Conhecimento Especializado do Professor de Matemáticas. Esta é a estrutura do domínio das crenças definidas no MTSK e é também a que foi usada para agrupar as crenças no âmbito do *BTSK*. O domínio das *Crenças* foi estabelecido com dois subdomínios: *Crenças sobre a biologia* e *Crenças sobre o ensino e a aprendizagem da biologia*.

A orientação da leitura destes subdomínios é feita de forma semelhante ao que se observa nos subdomínios anteriores. Em alguns parágrafos, as palavras-chave dão lugar partes de frase por melhor cumprirem o seu objetivo que é a compreensão do conhecimento que integram.

3.6.1. Subdomínio das Crenças sobre a Biologia

Estão aqui incluídas as crenças dos professores sobre o conteúdo, ou seja, sobre a biologia. Por outras palavras, estão aqui agrupadas as ideias que os professores construíram, a partir da sua experiência de vida e do seu trabalho em sala de aula, sobre a biologia. Este subdomínio encontra-se destacado no semi-círculo da figura 20.

As crenças sobre a biologia são as **ideias mais profundas sobre o conhecimento em biologia, as crenças sobre como é criado o conhecimento científico nas ciências ou na biologia em particular e como é fundamentado**. As ideias presentes no domínio das crenças deste modelo pretendem seguir a mesma orientação presente no MTSK e seguir ao encontro da filosofia que suporta o conhecimento sobre a biologia.

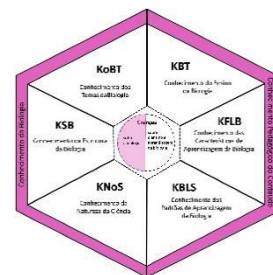


Figura 20 - Destaque do subdomínio das crenças sobre a biologia, do BTSK.

A filosofia da biologia manteve-se durante muito tempo ligada à filosofia geral das ciências, mas durante a década de noventa, do século passado, começou gradualmente a afastar-se da filosofia das ciências (generalista) e aproximar-se dos biólogos (Pradeu, 2018). A filosofia da biologia é um campo de estudo em expansão e os últimos avanços refletem particularidades dentro da própria disciplina que permitem especificar diferentes abordagens filosóficas. Segundo Griffiths (2018), podem considerar-se diferentes ramos da filosofia da biologia, nomeadamente: filosofia da biologia evolucionária, filosofia da biologia sistemática, filosofia da biologia molecular, filosofia da biologia do desenvolvimento ou filosofia da biologia da ecologia e conservação. No entanto, neste trabalho a atenção é dirigida para questões que abraçam todos os ramos da biologia, nomeadamente as questões metafísicas, epistemológicas, metodológicas e éticas referidas no trabalho de Abrantes (2011).

A questão metafísica está relacionada com o conhecimento que existe e como é que existe. Está intimamente ligada ao conhecimento que se tem da natureza e a maneira como esse conhecimento representa o que realmente existe. Nas palavras de Abrantes (2011, p. 13): “Qual é a imagem da natureza desenhada pelo conhecimento produzido por elas [ciências]?”. Este aspeto, apesar de ser uma questão filosófica está ligada à forma que toma o conhecimento, estritamente relacionada com a produção científica e por esse motivo, neste trabalho, está integrada no âmbito do conhecimento e não nas crenças. A interpretação do que existe à luz do que se conhece está incluída no subdomínio do *Conhecimento da natureza da ciência (KNoS)*.

A **questão epistemológica** relaciona-se com o que se pode conhecer e como se conhece o que se conhece. As ideias de Francis Bacon (1561-1626) relativamente à construção do conhecimento perduraram por mais de dois séculos. Bacon defendia que a boa ciência era resultado de observações sucessivas. O observador tinha de ser uma pessoa experiente, pleno de confiança nos seus sentidos e não se podia deixar influenciar por sentimentos subjetivos, pela sociedade ou pela religião (Freitas, 2004). Esta ideia assemelha-se à visão platónica da matemática plasmada no trabalho de Carrillo (1998) que reconhece a matemática como “um corpo de conhecimento preexistente dotado de uma estrutura lógica, que lhe dá um caráter objetivo, absoluto, universal, livre de valores e abstrato.” (p. 69).

Kuhn (2013) defende que o conhecimento é construído pela mente através dos sentidos. Mas para este autor, o conhecimento surge do questionamento. A ciência normal é rotineira e preocupada em resolver os problemas diários. É baseada em atividades semelhantes já realizadas anteriormente, na “resolução de quebra cabeças” (Kuhn, 2013, p. 81) e não produz

verdadeira ciência. Para este autor, os grandes avanços acontecem quando há uma quebra neste trabalho normal dos cientistas, nos momentos de crise e de revolução (por exemplo a revolução copernicana; Kuhn, 1957). O trabalho normal dos cientistas é, então, interrompido com resultados anómalos detetados pela enorme familiaridade com os resultados rotineiros, previsíveis e expectáveis (tabela 1).

Quando, (...), uma anomalia parece ser algo mais do que um novo quebra-cabeças da ciência normal, é sinal de que se iniciou a transição para a crise e para a ciência extraordinária. A própria anomalia passa a ser mais comumente reconhecida como tal pelos cientistas. Um número cada vez maior de cientistas eminentes do setor passa a dedicar-lhe uma atenção sempre maior (Kuhn, 2013, p. 107)

Estes aspetos relacionados com a «descoberta científica» remete para outra questão: **a questão metodológica**. Quanto ao método como meio de produzir conhecimento científico, observam-se, na literatura, diferentes visões daquilo que pode constituir o método, mas sem que uma ou outra visão se sobreponha às demais pelo seu valor ou importância (Massoni, Moreira, e Silva, 2018).

Tabela 1 – Questão epistemológica e metodológicas segundo uma visão moderna e contemporânea.

	Questão epistemológica Geração de novo conhecimento	Questão metodológica Método na geração de novo conhecimento
Visão moderna da ciência	O conhecimento é a acumulação de criteriosas experiências realizadas por mentes treinadas.	Método científico baseado na observação.
Visão contemporânea da ciência	O trabalho rotineiro dos cientistas não gera conhecimento. O avanço científico acontece em momentos de crise e provocam uma mudança de paradigma.	A formulação de problemas são o ponto de partida para a investigação. Valorização da argumentação e do recurso a vários métodos ou abordagens.

No entanto, a visão de dois filósofos parece destacar-se pela sua contemporaneidade: Karl Popper (1902-1994) e Paul Feyerabend (1924-1994). Popper defende que as novas descobertas têm início com a definição de problemas e “...a Ciência pode ser definida por meio de regras metodológicas. Cabe proceder ao estabelecimento dessas regras de forma sistemática.” (Popper, 2000, p. 56). O autor refere ainda que esse conjunto de regras que denomina de

«método empírico» é o que garante a possibilidade de provar os enunciados e aferir a sua veracidade ou falseabilidade.

Esta ideia da construção do conhecimento científico a partir da resolução de problemas está presente nos trabalhos de Carrillo e Contreras (1995) e Carrillo (1998) no âmbito da matemática. Definem a resolução de problemas como um modo dinâmico de produzir matemática, dependente do contexto.

Por outro lado, Feyerabend (1986) defende que o mundo é bastante pluralista e diversificado e os cientistas devem também ter liberdade para procurarem e justificarem as suas opções e descobertas de forma mais natural. Apresenta o argumento como uma alternativa à prova. Para este pensador, o cientista deve seguir a sua busca e desvendar os segredos da natureza com total liberdade e sem estar dependente dos formalismos rígidos e dos métodos fechados impostos pela ciência.

A última questão referida por Abrantes (2011) diz respeito à ética ou bioética. Este conceito está relacionado com os limites éticos do progresso científico. Constituem as barreiras morais que condicionam a atividade dos biólogos construídas pelos próprios cientistas e pela sociedade, mas que outrora eram garantidos pela própria natureza (Engels, 2004). Este tema está fora do âmbito desta investigação e não será por isso mais desenvolvido.

3.6.2. Subdomínio das Crenças sobre o Ensino e Aprendizagem da Biologia

As crenças sobre o ensino e a aprendizagem consistem no posicionamento do professor na escolha das atividades que desenvolve e na forma como as desenvolve, aceitando que se trata da melhor e mais eficaz forma de promover a aprendizagem por parte dos seus alunos, figura 21. É novamente um processo consciente tanto na escolha e desenvolvimento da atividade como na justificação que apresenta para essa opção. Estas **opções pedagógicas** assumem diferentes designações dependendo dos autores: são os Estilos Docentes de Moreno e Azcárate (1997), recolhidos a partir do estudo

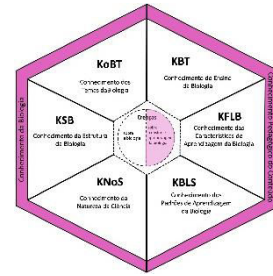


Figura 21 - Destaque do subdomínio das crenças sobre o ensino e a aprendizagem da biologia, do BTSK.

de quatro professores durante o ensino de equações diferenciais; as **Perspetivas de Ensino das Ciências** de Cachapuz, *et al.* (2000) ou as **Tendências Didáticas** do professor de matemática, em particular na resolução de problemas, de Carrillo e Contreras (1995) e Carrillo (1998). Estas formas de organizar as posições pedagógicas dos professores variam em número e em forma, dependendo dos autores.

Moreno e Azcárate (1997) apresentam três **estilos docentes**: Estilo tradicional, Estilo transitório, Estilo avançado. Os autores resumem estes três estilos numa linha com duas extremidades. Numa das extremidades encontra-se o Estilo Tradicional, no qual as equações são tratadas de forma mais estrutural, e no outro extremo o Estilo Avançado, no qual as equações diferenciais são organizadas de uma forma muito próxima dos interesses das ciências experimentais, recorrendo à resolução de problemas da biologia ou da química. Entre estes dois extremos encontram-se todas as outras opções, num leque vasto de posições intermédias, nas quais os professores questionam o que fazem e o que poderiam fazer.

As Perspetivas de Ensino de Cachapuz, *et al.* (2000) e as Tendências Didáticas de Carrillo e Contreras (1995) e Carrillo (1998) estão divididas em quatro posições pedagógicas desde a posição mais conservadora: Tendência Didática Tradicional (Carrillo e Contreras, 1995; Carrillo, 1998) e Ensino por transmissão, Cachapuz, *et al.*, 2000); até à posição mais globalizante: Tendência Didática Investigativa (Carrillo e Contreras, 1995; Carrillo, 1998) e Ensino por Resolução de Problemas (Cachapuz, *et al.*, 2000).

Nas duas posições extremadas, apesar da diferença dos focos das disciplinas, matemática e ciências, os autores acordam nas linhas gerais que as descrevem, figura 22.



Figura 22 - Tendências didáticas (Carrillo e Contreras, 1995; Carrillo, 1998) e Perspetivas de ensino (Cachapuz, *et al.*, 2000).

Na posição pedagógica mais conservadora (Tendência Didática Tradicional ou Ensino por transmissão) o ensino está muito próximo do conteúdo e do professor. O professor apoia-se no manual didático e transmite ao aluno os conceitos e os procedimentos que estes precisam de saber. Estes conteúdos são sequenciados por si ou pelo manual, podendo ter, ou não, relação entre si. O aluno, por sua vez, ouve, memoriza e reproduz (Carrillo e Contreras, 1995; Carrillo, 1998; Cachapuz, *et al.*, 2000).

Na posição pedagógica mais globalizante (Tendência Didática Investigativa ou Ensino por descoberta) o ensino acontece com o aluno no centro do processo. Carrillo e Contreras (1995) e Carrillo (1998) propõem a abordagem dos problemas como investigações e Cachapuz, *et al.* (2000) apresenta o estudo de problemas abertos nos quais os alunos são implicados diretamente na descoberta de respostas. Em ambas as posturas, a avaliação faz parte integrante do processo de aprendizagem com partilha frequente de descobertas entre os alunos. O professor apresenta os problemas ou as questões para discussão, promove debates, reflexões sobre as tarefas assumindo-se como orientador do processo de construção do conhecimento.

Nas posições pedagógicas intermédias de Carrillo e Contreras (1995), Carrillo (1998) e Cachapuz, *et al.* (2000) observam-se aspetos comuns numa delas. Na Tendência Didática Espontaneista de Carrillo e Contreras (1995) e Carrillo (1998) o professor apresenta problemas do quotidiano como atividades potenciadoras da aprendizagem. Os alunos trabalham em grupos e estão

diretamente implicados na tarefa. O papel do professor é manter o interesse na atividade fazendo pontos de situação, verificando os resultados e concluindo a atividade. Esta descrição coincide de alguma forma com a Perspetiva de Ensino por Descoberta de Cachapuz, *et al.* (2000) na qual os alunos assumem o papel de «alunos cientistas»: realizam atividades de cariz experimental e fazem «descobertas».

A Tendência Didática Tecnológica de Carrillo e Contreras (1995) e Carrillo (1998) e a Perspetiva de Ensino por Mudança Concetual de Cachapuz, *et al.* (2000) apresentam-se como mais específicas das disciplinas que aportam. A Tendência Didática Tecnológica centra o processo de ensino/aprendizagem no professor que organiza e seleciona os problemas para atribuir a uma teoria o seu significado prático. Aos alunos cabe captar e repetir os estilos, bem como aceitar os processos e os resultados (Carrillo e Contreras, 1995; Carrillo, 1998). A Perspetiva do Ensino por Mudança Concetual “vai contra uma convergência de ideias sobre a conceptualização da aprendizagem centrada na mera aquisição de conceitos” (p. 19). Os alunos constroem e reconstroem os seus conhecimentos devendo o professor estar atento à forma como o fazem. O professor é o organizador de tarefas que promovam a mudança concetual com o objetivo de desenvolver aprendizagens adequadas. O erro assume um papel positivo sendo o fator que faz progredir a aprendizagem (Cachapuz, *et al.*, 2000).

4. Síntese

Neste capítulo do enquadramento teórico foi caracterizado o modelo do *Conhecimento especializado do professor de Biologia: BTSK* (da designação inglesa: *Biology Teacher's Specialised Knowledge*). É uma caracterização teórica, com base na literatura das ciências experimentais, mas também na matemática.

O conhecimento foi entendido da mesma forma como foi definido para a estruturação do modelo MTSK e inspirado no conceito globalizante e integrador definido por Schoenfeld (2000): o conhecimento como um conjunto de informação que os professores têm ao seu dispor e lhes permite atuar e desenvolver as suas tarefas. Os dois domínios: *Conhecimento da Biologia (BK)* e *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK)* abarcam o conhecimento concreto e de natureza cognitiva. O domínio das Crenças é o terceiro domínio do modelo e não integra o conhecimento cognitivo. Apesar de ser conhecimento, é um conhecimento subjetivo e pessoal. Neste domínio encontram-se as crenças dos professores sobre o ensino deste tópico da biologia, as suas ideias sobre o que ensinar, como ensinar, as razões, muitas vezes inconscientes, que justificam determinadas opções pedagógicas. Não sendo conhecimento, na sua forma mais racional e cognitiva, influencia o conhecimento do professor e a sua atividade docente.

O domínio do *Conhecimento da Biologia (BK)* divide-se em três subdomínios: o *Conhecimento dos temas da biologia (KoBT)*, o *Conhecimento da estrutura da biologia (KSB)*, e o *Conhecimento da natureza da ciência (KNoS)*.

O *KoBT* diz respeito ao conhecimento aprofundado do professor sobre o tópico (Van-Dijk e Kattman, 2007; Park e Chen, 2012). Inclui o *Subject Matter Knowledge* de Rollnick, *et al.* (2008) quando refere que o professor deve ter aquilo que designa por conhecimento sobre os termos, conceitos, fenómenos e factos associados ao tema e o conhecimento de princípios, leis ou teorias; como refere o *National Research Council* (2008). Neste subdomínio inclui-se ainda o conhecimento de modelos para representar algum aspeto particular da reprodução das plantas (Adúriz-Bravo, 2013; Chen, *et al.*, 2016) e o conhecimento sobre a natureza e intenção do trabalho prático (Hodson, 1998; Magnusson, *et al.*, 1999; Leite, 2001).

O *KSB* diz respeito ao conhecimento da relação interdependente entre um tema em estudo e outros, que permite ao professor estabelecer relações e associações (Shulman, 1986; Ball e Bass, 2000; Käpylä, *et al.*, 2009). A palavra chave que caracteriza esta relação é a estrutura, a própria

forma da disciplina. A literatura encaminha a investigação para as *Big idea* ou grandes ideias (Duncan, *et al.*, 2009; Mitchell, *et al.*, 2016) que constitui o tema mais abrangente ou a grande ideia que envolve o tema em estudo e outros, pelas características comuns.

O *KNoS* é o terceiro subdomínio do domínio do *Conhecimento da Biologia* e inclui o conhecimento sobre como se produz o conhecimento científico (American Association for the Advancement of Science, 1993; Lederman, *et al.*, 2002; Osborne, *et al.*, 2003; Wong e Hodson, 2008; Abd-El-Khalick, 2012) e o conhecimento do estatuto que esse conhecimento tem (Wong e Hodson, 2008). Por outras palavras, trata-se do conhecimento do professor sobre o facto de que não existe uma única forma de produzir novo conhecimento em ciências, nem uma única forma de o validar. Inclui também a ideia de que o conhecimento científico não é permanente nem imutável. Depende dos avanços tecnológicos e da evolução da própria maneira de pensar da humanidade, estando em constante atualização. Incluem-se também as conceções alternativas dos professores sobre como o conhecimento se produz e valida (Abd-El-Khalick e Lederman, 2000; Wong, *et al.*, 2016).

O domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK)* para o ensino da reprodução das plantas está também dividido em três subdomínios: *Conhecimento do ensino da biologia (KBT)*, *Conhecimento das características de aprendizagem da biologia (KFLB)* e *Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia (KBLS)*.

O *KBT* inclui o conhecimento do professor relativamente às estratégias específicas para o ensino da biologia, em particular o conhecimento sobre os ciclos de aprendizagem (Bybee, *et al.*, 2006; Burke, 2014; Marques, *et al.*, 2016). Estes ciclos de aprendizagem, com mais ou menos fases, pretendem envolver os alunos diretamente na sua aprendizagem através da resolução de problemas, realização de projetos (*problem-based* e *project-based*, Mils e Treagust, 2003) ou de pesquisas (*Inquiry-based teaching*, Chin e Chia, 2006; Pedaste, *et al.*, 2015).

Este subdomínio inclui também o conhecimento do professor face aos recursos materiais e as suas potencialidades e limitações (Carrillo, *et al.*, 2013a, 2013b) entre os quais os diagramas de Venn (Loughran, *et al.*, 2012), os mapas de conceitos (Trowbridge e Wandersee, 2000), as analogias (Ferraz e Terrazzan, 2001), ou as metáforas (Zembylas, 2004).

O *KFLB* inclui o conhecimento do professor sobre como aprendem os alunos. O conhecimento das teorias gerais de aprendizagem, nomeadamente que as aprendizagens estão dependentes da maturação das estruturas mentais (Piaget, 1973, 2000) e que não são determinadas

exclusivamente por fatores internos ou externos, mas pela influência bilateral que existe entre os dois (Wood e Bandura, 1989). As crianças aprendem pela experiência e pela transformação da experiência (Kolb, 2015), teoria mais próxima da aprendizagem da biologia, respondendo muito bem às iniciativas de ativismo (Trindade, 2015) ou ativismo socio-científico (Conceição, *et al.*, 2019); nas quais os alunos têm uma participação muito ativa.

Este subdomínio inclui também o conhecimento sobre as ideias prévias dos alunos relativamente ao tema em estudo, que constituem muitas vezes os principais obstáculos à aprendizagem (Santos, *et al.*, 1997; Magnusson, *et al.*, 1999).

O *KBLS* diz respeito ao conhecimento dos padrões da aprendizagem definidos pelo Ministério da Educação, pelas associações de professores e investigadores da educação relativamente aos conteúdos e competências que os alunos em determinado nível de escolaridade devem aprender. Inclui o conhecimento sobre o que os alunos precisam de aprenderem em determinado nível de ensino e como esse tema ou conteúdo se relaciona com os demais já aprendidos ou que irão surgir numa fase seguinte do seu percurso escolar (Magnusson, *et al.*, 1999; Carrillo, *et al.*, 2018).

O domínio das crenças inclui o conhecimento particular dos professores sobre a biologia e sobre o processo de ensino e aprendizagem da biologia. Estas ideias pessoais dos professores são responsáveis pelas opções pedagógicas e pela forma como o professor atua em sala de aula (Zembylas, 2005). Este domínio divide-se em dois subdomínios: crenças sobre a biologia e crenças sobre o ensino e a aprendizagem da biologia.

As crenças sobre a biologia estão relacionadas com a forma como se produz ciência (questão epistemológica) e como se valida esse conhecimento (questão metodológica). As crenças sobre o ensino e a aprendizagem da biologia incluem as convicções do professor no momento da escolha das estratégias de ensino e as suas ideias sobre a forma como os alunos aprendem. São designadas por Perspetivas de Ensino das Ciências por Cachapuz, *et al.* (2000), investigadores na área das ciências, ou por Tendências Didáticas por Carrillo e Contreras (1995) e Carrillo (1998), investigadores da área na matemática.

III. Desenho metodológico

1. Introdução

Este capítulo contém o problema de investigação que deu o mote para esta tese. Inclui a descrição dos objetivos definidos e a natureza desta investigação não só revelando o seu carácter descritivo, mas também colocando em evidência os paradigmas inerentes a todo o processo.

A secção relativa ao desenho da investigação inclui os detalhes que caracterizam este estudo de caso: a forma como foram seleccionados e que medidas foram tomadas para que respeitasse as regras da confidencialidade e ética. São clarificados também neste capítulo os instrumentos de recolha da informação e a forma como foram transcritas as aulas e as entrevistas realizadas.

A descrição dos processos e métodos utilizados no tratamento da informação constitui a última secção deste capítulo. Neste espaço são indicados o processo metodológico de análise, quais os instrumentos de análise de dados usados, a perspectiva metodológica e os processos de triangulação que permitiram aumentar a imparcialidade desta investigação, de carácter interpretativo.

2. Objetivo e problemas de investigação

O objetivo de uma investigação é o que se pretende ver atingido após finalizado o trabalho. Neste caso particular, o principal objetivo foi compreender que conhecimento foi mobilizado por duas professoras quando ensinaram um tema da disciplina da biologia, mais especificamente o tema da Reprodução das Plantas.

O conhecimento do professor de ciências, enquanto modelo, tem representatividade especialmente no modelo consensual do Conhecimento profissional do professor & competências (Gess-Newsome, 2015), por ter sido encontrado após o debate entre os principais investigadores da área do *PCK*, do ensino, do conhecimento, das ciências e da matemática. Porém, aborda o ensino da ciência, em geral, e inclui aspetos que ultrapassam o conhecimento especializado do professor, de acordo com a conceção de Carrillo, *et al.* (2018). Interessa, neste trabalho, um modelo que represente somente o conhecimento do professor e que seja específico da disciplina de biologia.

O ensino da reprodução das plantas é um tópico específico da biologia. Em Portugal, no ensino básico, este tema é ensinado no 1º ciclo (1º CEB), por professores generalistas, e no 2º ciclo (2º CEB), por um professor com formação acrescida para ensinar Matemática e Ciências da Natureza. O conhecimento que mobilizam é diferente, pois o ensino é direcionado para grupos etários diferentes e os programas curriculares também não coincidem. Neste contexto, várias são as perguntas que surgem naturalmente: Que estratégias usam para ensinar a reprodução das plantas? A que recursos podem aceder que facilitem esse processo? Como articulam o ensino deste tema com outros? Que crenças estão subjacentes às suas escolhas? Que conhecem sobre as conceções dos alunos? Todas estas questões estão direcionadas para o mesmo fim que representa o principal objetivo deste trabalho. Para isso identificam-se três questões que sintetizam todas as outras já mencionadas:

1. Que conhecimento e que crenças apresentam duas professoras quando ensinam o tema da Reprodução das Plantas a crianças do 3º e 6º anos de escolaridade (com aproximadamente 8 e 12 anos de idade)?
2. Como se caracteriza o conhecimento mobilizado por estas duas professoras ao ensinar este tema da biologia?

3. Como se define o modelo do conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia?

Estas três grandes perguntas de investigação dirigiram a recolha de informações relativas ao conhecimento mobilizado, a caracterização do conhecimento e a construção teórica e empírica de um modelo que representa o conhecimento de um professor quando ensina o tópico Reprodução das Plantas (tema da biologia). Para facilitar a designação do modelo, tão só e apenas, será usado o nome: Modelo do conhecimento especializado do professor de Biologia (*BTSK*). Este processo foi alicerçado pelas investigações de vários autores e pela observação direta da mobilização desse conhecimento no seu contexto natural, a sala de aula.

3. Caracterização da investigação

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 a verdade presente nesta investigação está ancorada em paradigmas específicos de modo a melhor ser estudado o conhecimento, objeto do estudo.

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). É irresistível a denominação de Denzin (2012) quando declara que o paradigma “é a doutrina do significado, a teoria da verdade” (p. 82).

Assim, o paradigma desta investigação é interpretativo (Bassey, 1999) já que foi realizada a interpretação de uma realidade observada para a compreender e caracterizar. O conhecimento mobilizado pelas duas professoras quando ensinam o tema da Reprodução das Plantas, não é uma realidade absoluta, não é concreta e esteve sujeita à interpretação dos investigadores como humanos, professores e investigadores. 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 se observou esteve dependente de fatores impossíveis de controlar. O facto de se ter 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 ter alterado a «verdade» que se quer 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 ter influenciado a forma como a realidade foi vista. 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.

Estas ideias apresentadas no parágrafo anterior constituem as três questões básicas dos paradigmas: a questão ontológica, a questão epistemológica e a questão metodológica. Os parágrafos seguintes descrevem o que se entende em cada uma destas questões.

“A questão ontológica. Qual é a forma e natureza da realidade e, conseqüentemente, o que existe que possa ser conhecido?” (Guba e Lincoln, 1994, p. 108). Segundo esta perspectiva, a realidade não é só uma, mas várias. É uma verdade relativa pois são múltiplas as construções mentais de acordo com a base que as sustenta: social ou experiencial; estando dependentes da forma e do contexto. Assim se “assume que a realidade não existe fora da consciência do sujeito, tratando-se ela mesma de uma construção social impregnada de significado” (Silva E. A., 2015).

O conhecimento especializado do professor quando ensina o tema da Reprodução das Plantas não é uma verdade incontestável. Foi elaborada de acordo com o que considera ser possível definir tendo em conta que o conhecimento é um fenómeno construído pela sociedade.

“A questão epistemológica. Qual é a natureza da relação entre o conhecedor, ou pretendo conhecedor, e o que pode ser conhecido?” (Guba e Lincoln, 1994, p. 108). O investigador e o objeto da investigação estabelecem uma relação na qual o investigador interpreta e constrói significados sobre o que observa. O entendimento dos investigadores, relativamente ao significado que as professoras atribuem à sua realidade e como atuam face a esses significados, foi construído progressivamente.

Estas duas questões do paradigma estão ligadas já que esta relação que se estabelece entre o investigador e o objeto da investigação depende da construção mental do investigador e da sua experiência. Por outro lado, o facto da construção da realidade estar dependente da construção de significados por parte do investigador remete para outra questão: a subjetividade da informação recolhida; e isso leva à questão metodológica do paradigma.

“A questão metodológica. Como pode o investigador conhecer aquilo que crê querer saber” (Guba e Lincoln, 1994, p. 108). Segundo o paradigma interpretativo o investigador observa, interpreta e descreve aquilo que crê conhecer. Porém, sendo o conhecimento profissional do professor uma construção social, subjetiva, e estando esse conhecimento sujeito à interpretação é necessário estabelecer a fiabilidade dos resultados. De forma a reduzir a subjetividade procedeu-se à triangulação de várias formas cujos detalhes se encontram descritos mais adiante neste capítulo, no ponto 7.

4. Desenho da investigação: Estudo de caso

Tendo em linha de conta o objetivo principal desta investigação e os problemas inerentes e já clarificados, é chegado o momento de referir o desenho desta investigação. Pretende-se conhecer uma realidade em particular que consiste no conhecimento mobilizado durante o ensino de um tema das ciências naturais. Assim, foram estudados dois casos entre muitos e os esforços foram concentrados em conhecê-los. Foram duas realidades diferentes, em dois contextos diferentes que permitiram conhecer em profundidade a realidade particular de cada um deles (Stake, 2005). 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 3º ano do 1º CEB, não é a mesma quando o tema é ensinado a alunos de 6º, do 2º CEB. Diferem pelos conteúdos, pela maturidade emocional e psicológica dos alunos, pelo ambiente escolar, ... Por isso o desenho de investigação é um estudo de casos, mais especificamente, de dois casos.

A profundidade com que os casos foram estudados e a variedade na realidade a estudar tomam uma relevância particular nos estudos de caso de Stake (2005), mas importa também fazer referência ao contexto em que as informações foram recolhidas. As professoras foram observadas no seu ambiente natural, no espaço e no contexto em que desenvolvem a sua atividade. Os dados referentes ao conhecimento que mobilizaram foram recolhidos em sala de aula enquanto decorreu o ensino, em situação real com os seus alunos e com todas as condicionantes a que está ligada. Também as entrevistas aconteceram nos espaços da escola ou da sala, em momentos imediatamente anteriores ou posteriores às aulas.

Stake (2005) refere diferentes designações para o estudo de caso, dependendo de fatores como o destino da informação recolhida e o número de casos em estudo. Refere-se ao estudo de vários casos conjuntamente para compreender o fenómeno, a população ou uma condição geral e designa por casos múltiplos ou caso coletivo. Apesar de termos dois casos e cumprir a condição de plural não se adequa à designação de Stake por se entender que não se pode considerar dois casos um largo espetro de casos. Também se entende que não se trata de um estudo de caso múltiplo de acordo com Yin (2001) pois estes dois casos dizem respeito ao ensino do mesmo tema. Atendendo ao exposto, o caso foi designado como estudo de casos.

Os estudos de caso não são todos iguais. Diferem não só nas designações, mas também de acordo com a natureza do estudo. Para Robert Stake (1995) os estudos de caso estão agrupados em função do destino da informação recolhida com o estudo, como já foi referido; podendo ser designado por estudo de caso intrínseco ou estudo de caso instrumental. Num estudo de caso intrínseco o investigador está apenas focado no objeto do estudo, em conhecê-lo em profundidade e no seu contexto. As suas intenções relativamente ao caso não vão além do conhecimento do caso em si mesmo. Num estudo de caso instrumental, o caso é estudado igualmente em profundidade, mas para fornecer informações sobre uma questão ou refinar uma teoria (Stake, 1995). No excerto que se apresenta, o autor esclarece sobre o que entende por estudo de caso instrumental.

O caso é de interesse secundário, desempenha um papel de suporte e facilita a nossa compreensão sobre outra coisa. O caso continua a ser analisado em profundidade, o seu contexto escrutinado e as suas atividades detalhadas, mas tudo porque isso nos ajuda a prosseguir um interesse externo (Stake, 2005, p. 445).

No que diz respeito ao tipo de estudo de caso, trata-se de um estudo de caso instrumental já que o papel do caso é de suporte. Pretende-se conhecer em profundidade e ao pormenor o conhecimento mobilizado por duas professoras, mas com a ambição de definir e produzir um instrumento, um modelo. Um modelo que reúna o conhecimento mobilizado em sala de aula, num contexto muito próprio e particular, mas real e concreto. Uma ferramenta passível de ser refinada e ampliada, mas viável na análise de conhecimento noutros momentos igualmente ímpares.

Dada a especificidade de cada um dos casos não se pode produzir uma generalização, mas pode extrapolar-se para situações semelhantes. O facto de se saber a respeito do conhecimento destas professoras e de se conseguir caracterizá-lo e construir o modelo do conhecimento do professor quando ensina este tópico da biologia, permitirá dizer que outros professores quando ensinam este tema, noutras escolas, podem mobilizar o mesmo tipo de conhecimento.

4.1. Seleção dos casos

As duas professoras escolhidas para o estudo foram selecionadas entre pares de acordo com aquilo que Patton (2002) define como efeito bola de neve. As duas professoras foram escolhidas

entre colegas de escola como aquelas que poderiam fornecer a informação mais significativa a respeito do conhecimento mobilizado no âmbito do tema da biologia (Patton, 2002; Nieuwenhuis, 2007). Esta seleção entre pares assume importância relevante na medida em que demonstra um reconhecimento, por parte dos colegas de escola, das competências profissionais destas duas docentes.

A professora Ana, lecionava o terceiro ano do primeiro ciclo (crianças com 8/9 anos), primeiro ciclo, e realizava sistematicamente atividades práticas, nomeadamente de cariz experimental, em sala de aula. A outra professora, Beatriz, lecionava o sexto ano (12/13 anos), segundo ciclo, e manifestava ter um gosto especial pelo ensino das plantas e da sua reprodução, nas suas aulas de ciências. Ambas as professoras têm a mesma habilitação académica: licenciatura em ensino básico, variante Matemática/ Ciências Naturais. A professora Beatriz tem ainda mestrado em Dinamização das Ciências em Contexto Escolar. As professoras apresentavam na altura da recolha de informação, em 2015, dezasseis anos de tempo de serviço, prestado em escolas públicas portuguesas. As escolas onde foram recolhidas as informações estão inseridas uma no meio urbano e outro no meio rural, no Algarve, em Portugal.

Dada a informação providenciada pela literatura de que, no geral, os professores dos níveis mais avançados estão mais centrados nos conteúdos e os dos níveis mais elementares mais centrados na pedagogia (Gess-Newsome e Lederman, 1995) e dadas as características próprias destas professoras selecionadas, entendeu-se que pudessem constituir casos interessantes e capazes de contribuir com informação significativa para a recolha de evidências do conhecimento e posterior construção do modelo do conhecimento do professor quando ensina tópicos da biologia.

4.2. Ética e confidencialidade

As responsabilidades éticas e morais para com as professoras foram acauteladas, de acordo com Lincoln e Guba (1989), nomeadamente o consentimento informado e a proteção da sua privacidade e confidencialidade. Às professoras foi dada a garantia de que seria mantido o seu anonimato bem como o dos alunos, sendo mudado o nome de todos. É, no entanto, possível às duas professoras, reconhecer as suas declarações e identificarem-se ao longo do trabalho como previsto por Odgen (2008).

Os diretores das escolas nas quais foram realizadas as recolhas de imagem foram igualmente contactados no sentido de pedir autorização para a realização do estudo que não dispensou a autorização de todos os encarregados de educação de todos os alunos envolvidos. Foi dado a conhecer aos encarregados de educação, professores e responsáveis pelas escolas os propósitos do estudo e a duração do mesmo. Foram dadas garantias de que as informações serviriam única e exclusivamente para os fins para os quais foram declarados.

5. Instrumentos de recolha da informação

Os Instrumentos de recolha de informação deste estudo coincidem com videogravação e audiogravação. Foram videogravadas e observadas catorze aulas, no total, e realizadas quatro entrevistas apoiadas pelo registo de audiogravação. As datas e duração das aulas e entrevistas estão reunidas no quadro 5. A professora do 1º CEB foi designada por professora Ana e a professora de 2º CEB por professora Beatriz. Foi necessário o consentimento dos encarregados de educação de todos os alunos de ambas as turmas e só após a autorização por parte dos mesmos se procedeu à recolha de imagens e de som.

Professora (nome e ciclo)	Entrevistas (data e duração)	Aulas (data e duração)
Ana (1º CEB)	14 de maio – 13 min.	Aula 1 (24 fev.; 150 minutos) Aula 2 (25 fev.; 74 minutos) Aula 3 (26 fev.; 90 minutos) Aula 4 (27 fev.; 90 minutos) Aula 5 (2 mar.; 50 minutos) Aula 6 (4 mar.; 50 minutos) Aula 7 (6 mar.; 60 minutos) Aula 8 (16 mar.; 45 minutos)
Beatriz (2º CEB)	19 janeiro – 14 min. 2 fevereiro -14 min. 9 fevereiro – 10 min.	Aula 1 (19 jan.; 90 minutos) Aula 2 (29 jan.; 45 minutos) Aula 3 (02 fev.; 90 minutos) Aula 4 (05 fev.; 45 minutos) Aula 5 (09 fev.; 90 minutos) Aula 6 (12 fev.; 45 minutos)

Quadro 5 - Datas e duração das aulas observadas e entrevistas realizadas a duas professoras do 1º e 2º CEB; professora Ana e Beatriz, respetivamente.

O instrumento de recolha escolhido foi a videogravação por ser um instrumento que preserva os aspetos de interação pessoal, em particular a conversação dos professores com os alunos, fosse com o grande grupo ou apenas com um aluno, e os gestos dos professores, em situação de sala de aula. Para além deste aspeto, e não menos importante, o vídeo acrescenta vantagens analíticas uma vez que permite observações repetidas do mesmo evento (Rochelle, 2000). Este aspeto contribui para uma maior reflexão sobre as imagens recolhidas e para a troca de impressões entre investigadores.

As vídeograções e as audiograções centraram-se nas aulas relativas à unidade didática da Reprodução das Plantas. Quer na recolha de imagens das aulas da professora Ana quer da professora Beatriz, a câmara de filmar foi posicionada no fundo da sala, a um canto sobre um tripé, para que pudesse capturar imagens de toda a sala e de todos os intervenientes, apesar do foco ser o professor. Em alguns momentos, apenas nas aulas da professora Beatriz, foram realizadas aproximações (*zoom*) para que determinado aspeto pudesse ser observado, nomeadamente projeções ou trabalhos escritos no quadro.

A professora Ana dispôs as mesas da sala em grupos de duas mesas, próprias para trabalhar em grupo. A professora Beatriz manteve a disposição definida para aquela sala (sala de ciências) com as mesas separadas e em fila, viradas para o quadro. As aulas decorreram sem a intervenção dos investigadores.

As aulas foram igualmente audiogravadas para garantir uma maior qualidade do som. Para a audiogração das aulas da professora Ana foi necessário um gravador de lapela, uma vez que, para acompanhar os vários grupos, o professor esteve em movimento por toda a sala. Para gravar as aulas da professora Beatriz o gravador foi posicionado sobre a secretária à esquerda do quadro.

As entrevistas aconteceram nos estabelecimentos escolares onde trabalhavam estas professoras. A professora do primeiro ciclo foi entrevistada dentro da própria sala de aula, após a saída dos alunos. As entrevistas à professora de segundo ciclo tiveram lugar em salas destinadas a reuniões e preparação de aulas. As entrevistas foram gravadas em formato áudio, como já foi referido. Estas entrevistas aconteceram em momentos antes ou depois das aulas para compreender melhor o que se iria passar na aula seguinte ou compreender melhor alguma situação observada.

As planificações de aula disponibilizadas pelas professoras forneceram informações pouco significativas para este trabalho, em termos de volume de evidências de conhecimento. No entanto, tornaram-se um complemento à compreensão relativamente à forma como os conteúdos foram organizados para o ensino. Serviram igualmente como ponte para algumas perguntas realizadas no decorrer das entrevistas que resultaram no contributo para a caracterização do modelo.

6. Processos e métodos seguidos na análise da informação

6.1. Procedimento metodológico e instrumento de análise

A análise de toda a informação foi precedida da transcrição das aulas e das entrevistas realizadas às professoras. As transcrições refletem principalmente a interação entre os alunos e as professoras, em diferentes contextos e atividades. Além da interação puderam observar-se outros momentos respeitantes a explicações ou apresentações de conteúdos variados. Todos esses momentos foram ouvidos e transcritos.

Ao longo das gravações podem ouvir-se também ruídos de cadeiras, mesas ou portas. Há igualmente interrupções por parte de funcionários. Estes ruídos e as conversas estabelecidas com o pessoal não docente estão fora do âmbito desta investigação e não foram transcritos. Apesar disso foram assinaladas na transcrição com recurso a reticências entre parêntesis “(...)”. Esta ocorrência pode ser observada na transcrição que se apresenta na figura 23. Por vezes houve também necessidade de contextualizar o discurso e explicar o que estava a acontecer. Nesse caso recorreu-se aos parêntesis retos que também podem ser observados na mesma transcrição, a partir da linha 3, e à ligeira redução do tamanho da letra: “[dá instruções à professora do apoio educativo que irá trabalhar com um aluno autista]”.

Finalizada a transcrição, as aulas foram divididas em episódios sendo que cada um deles marca uma atividade específica com recurso a materiais específicos. No seguimento desta ideia, é a ação do professor que condiciona a mudança de episódio e sempre que alterou o tipo de atividade, o conteúdo em estudo ou o recurso deu-se início a um novo episódio (Monteiro, 2005). A figura 23 ilustra, como exemplo, a forma como a transcrição aconteceu. Como se pode observar, para além do conteúdo da aula, encontra-se identificado a professora, que coincide neste caso com a professora Ana, do 1º CEB (Prof.A), o número da aula, neste caso a primeira, o episódio que foi também ele o primeiro, as linhas correspondentes a este episódio, linha 1 a 14, e um título que resume a atividade do mesmo. Todas as transcrições se encontram anexados a este trabalho (anexos I e II).

Prof.A; Aula 1; Episódio 1 – linha 1 a 14 – “cartaz de sementes”

- 1 P: Vamos ouvir com atenção, se faz favor. O Ricardo vai começar... Eu estou a falar. O Ricardo
 2 vai começar a fazer um cartaz, depois nós vamos acabar. Enquanto nós vamos fazer a
 3 experiência ele faz o cartaz. [dá instruções à professora do apoio educativo que irá trabalhar com um
 4 aluno autista] Olha é para ele fazer circulos, muitos circulos. Depois aqui dentro vai recortar,
 5 depois aqui nós vamos colar as sementes e identif... Aqui... Pronto... Pomos aqui umas três ou
 6 quatro e vamos identificar. Para... Depois vamos fazer este cartaz. Ele pode até... Pode passar
 7 as letras por cima e depois fazer muitas, cerca de quarenta destas. Pronto. Agora tentem
 8 arrumar a mesa de maneira a que fiquem com espaço no meio. Se calhar há livros e
 9 cadernos...Oiçam todos. Vocês precisam do vosso caderno pautado para escrever o resto
 10 podem colocar dento da mochila. E depois põem tudo assim num canto, o que sobrar.
- 11 A: Pomos assim debaixo da mesa.
- 12 P: Mas têm que ter cuidado para não pisar.
- 13 A. Professora, podemos pôr debaixo desta mesa, ninguém pisa.
- 14 (...)

Figura 23 – Exemplo de transcrição de aula com identificação da professora, do episódio, do número de linha de início e de fim e um título ilustrativo do conteúdo do episódio.

Os números das aulas, dos episódios e das linhas ocupadas por estes, assim como o título dos episódios foram organizados em quadros como o que se apresentam de seguida, quadro 6. Existem, no anexo II, quadros como este para todos os episódios de aula identificados quer nas aulas da professora Ana, como da professora Beatriz.

Aula 1	Episódio 1 – Linha 1 à 8	Organização do cartaz com a aluno com necessidades educativas especiais e professora de apoio.
	Episódio 2 – Linha 9 à 16	Preparação da sala.
	Episódio 3 – Linha 17 à 223	Brain Storming sobre: O que é uma semente?
	Episódio 4 – Linha 224 à 519	Mostra e identificação de diferentes sementes, no quadro interativo.
	Episódio 5 – Linha 520 à 813	Início da atividade prática: Como se podem agrupar as sementes?
	Episódio 6 – Linha 814 à 1024	Início da atividade experimental: Como se podem agrupar as sementes?

Quadro 6 – Exemplo do registo dos episódios, da sua localização e dos títulos que os encabeçam.

Os episódios foram analisados um a um, na procura de evidências de conhecimento específico do professor de biologia, mas nem todos os episódios contribuíram para a caracterização do modelo.

No que diz respeito às entrevistas, foram realizadas de forma semi-estruturada de acordo com as autoras Arksey e Knight (1999). Este tipo de entrevistas (semi-estruturadas) proporcionam maior segurança na sua condução e simultaneamente permitem alterar as questões sempre que necessário, de acordo com o rumo tomado ao longo do diálogo com os professores a respeito do conhecimento que eles próprios mobilizaram em sala de aula. As questões foram estabelecidas previamente no sentido de orientar o rumo da entrevista e garantir que se iria aceder aos vários subdomínios definidos no modelo MTSK, já que constitui a base de toda esta investigação. Foi necessário assumir os subdomínios definidos no modelo da matemática numa tradução linear para a biologia pela incerteza do que iria ser captado nesta disciplina. Porém, apesar das diferenças inerentes a ambas as disciplinas, seria de esperar alguma proximidade ao modelo da matemática, principalmente pelo facto de ser um modelo que abarca grande variedade de conhecimento.

As entrevistas tiveram o objetivo de melhorar a compreensão face ao conhecimento revelado na observação. Para aceder ao seu conhecimento relativamente aos tópicos foram colocadas questões associadas à prática letiva, como: “Relacionas a reprodução das plantas com algum outro tema das ciências do 6º ou outros anos?” (Guião de entrevista 1) ou “Qual foi a intenção do pedido aos alunos para que escrevessem individualmente um texto sobre o que pensavam ser a fecundação?” (Guião de entrevista 2). No entanto também se pretendeu clarificar os objetivos das aulas pois parte das entrevistas foram realizadas antes do seu início.

As aulas e as entrevistas foram exaustivamente analisadas de modo a identificar e recolher evidências de todos os subdomínios do modelo do Conhecimento Especializado do Professor de Biologia. A análise permitiu a recolha de um elevado número de evidências do conhecimento, o que proporcionou uma melhor segurança na caracterização e definição do modelo.

O conhecimento usado para a construção do *BTSK* tem a sua origem em evidências, na existência inequívoca de conhecimento. O mesmo que dizer que o conhecimento presente no modelo teórico-empírico é claramente manifestado. No decorrer desta análise surgiram excertos menos esclarecedores neste aspeto, suscitaram dúvida e foram, por isso, descartados. Estes eventos, designados por indícios podem ter a sua importância se se confirmar o conhecimento. (Moriel Junior e Carrilo, 2014). Apresentamos, no quadro 7, a título de exemplo, alguns indícios encontrados ao longo das transcrições das aulas das professoras.

O primeiro excerto, retirado do episódio 1, da terceira aula da professora Ana, indicia que a professora conhece a importância de fazer o controlo das variáveis no decorrer de uma atividade

de cariz experimental (subdomínio *KoBT*). Para confirmar essa informação poder-se-ia ter questionado a professora, pedindo-lhe para explicar melhor a sua posição face à opção de não ter compensado a água em falta no frasco.

Excerto de aula	Indícios de conhecimento (Subdomínio <i>BTSK</i>) <i>Indício de que a professora conhece...</i>	Pergunta
<p>PA. A3. Ep.1 (l.294-296) Mas ontem, lembro-me que vocês disseram “Professora, agora tem menos água”. Alguns de vocês comentaram isso. Não se lembram? Alguns disseram “Professora, agora tem menos água. Vamos pôr mais.” Mas não pusemos.</p>	<p>1) ... a importância de controlar as variáveis na realização de uma atividade experimental (<i>KoBT</i>)</p>	<p>Na aula sobre a germinação do feijão, um aluno quis nivelar a água do frasco e tu não deixaste. Fala-me mais sobre essa tua posição?</p>
<p>PB. A5. Ep.9 (l.694-696) P: Estás a comparar a semente... Os animais ovíparos. A galinha, está lá o choco, está lá o ovo, também tem substâncias de reserva para alimentar o pintainho. São os animais ovíparos. Mas o nosso caso, já não. Quem alimenta o embrião é a própria mãe. Hum? Está?</p>	<p>2) ... aspetos comuns entre a reprodução dos animais e das plantas (<i>KSB</i>).</p>	<p>Os teus alunos falaram em alguns aspetos semelhantes entre a reprodução dos animais e das plantas. De que outras formas a reprodução dos animais e das plantas é próxima?</p>
<p>PB. A5. Ep.12 (l.1079-1083) P: Chiu! Posso corrigir o que está ali no quadro? [A professora lê o trabalho realizado pela aluna no quadro referente a um mapa de conceitos] P: «A»-fruto, «B»- embrião. A: Professora, eu não pus humano. P: «B». ...</p>	<p>3) ... a potencialidade do mapa de conceitos (<i>KBT</i>)</p>	<p>Que vantagem (ou desvantagem) vês no uso dos mapas de conceitos ou daquele que usaste?</p>
<p>PA. A3. Ep.1 (l. 168-170) “Os cientistas têm de seguir umas regras muito rigorosas. Tem que se fazer sempre daquela maneira e se houver intervenções já pode não dar certo.”</p>	<p>4) ... o procedimento dos cientistas para fazer investigação (<i>KNoS</i>)</p>	<p>Explica melhor as regras ou precedimentos que os cientistas têm de seguir para que o trabalho dê certo?</p>

Quadro 7 – Quadro de indícios encontrados nas transcrições das professoras Ana e Beatriz (adap. Moriel Junior e Carrilo, 2014).

No segundo exemplo do quadro, o excerto revela o conhecimento da professora sobre a estrutura da biologia (*KSB*) pois é evidente o seu conhecimento sobre a proximidade entre a reprodução dos animais e das plantas. As substâncias de reserva do ovo alimentam o embrião (da ave) de um modo similar ao que os cotilédones alimentam o embrião da planta. No entanto, constitui também uma oportunidade para aprofundar a investigação e tentar compreender se a professora conhece outras formas de aproximar os animais e as plantas no que diz respeito ao tema da reprodução.

O terceiro exemplo constitui uma oportunidade de compreender se a professora conhece a potencialidade do mapa de conceitos enquanto estratégia de ensino. Na aula 5, a professora Beatriz usou um mapa de conceitos em sala de aula mas não revela conhecimento sobre a sua utilidade ou potencialidade. Poder-se-ia ter questionado a professora sobre as suas intenções no uso dos mapas de conceitos e que vantagens/desvantagens observa no uso deste recurso.

O último excerto consiste num indício sobre o conhecimento sobre o trabalho científico. A professora Ana refere-se às regras rigorosas que devem ser seguidas pelos cientistas na sua atividade profissional e uma entrevista posterior poderia ter revelado o seu conhecimento sobre a natureza da ciência (*KNoS*).

Esta reflexão sobre os indícios foi realizada e as perguntas foram estruturadas, mas não tiveram seguimento nesta investigação. Um dos motivos esteve relacionado com o elevado número de evidências recolhido que permitiu caracterizar todos os subdomínios do modelo. O outro motivo prendeu-se com a necessidade de delimitar, no tempo, este trabalho.

Porém, interessa registar, a consciência da potencialidade do seu contributo para esta investigação. O trabalho de Moriel Junior e Carrilo (2014) indica as vantagens de continuar as investigações seguindo os indícios. Apresenta ganhos a três níveis: amplitude, profundidade e confiabilidade. Os indícios registados no quadro anterior, como exemplos, teriam proporcionado ganhos nestas dimensões apresentadas.

O indício registado como o primeiro exemplo poderia permitir uma maior confiabilidade aos resultados pois, a verificar-se o conhecimento esperado, seria reforçado e confirmado o conhecimento sobre a necessidade de controlar as variáveis durante uma atividade experimental (ganho em confiabilidade). O segundo indício, a confirmar-se a evidência de conhecimento, permitiria conhecer com maior profundidade ou de forma mais rica o conhecimento sobre os aspetos que unem a reprodução de animais e de plantas (ganho em

profundidade). O terceiro indício, se convertido em evidência, seria um acréscimo neste modelo, pois seria a primeira evidência de conhecimento do mapa de conceitos como estratégia de ensino ou recurso para o ensino (ganho em amplitude). O último indício poderia proporcionar ganhos ao nível da amplitude, profundidade ou confiabilidade do conhecimento. Por um lado, devido ao tipo de pergunta, por outro devido ao facto de se terem verificado poucas evidências no subdomínio em questão (KNoS).

Como procedimento metodológico de análise foi usada a análise de conteúdo (Bardin, 2012; Krippendorf, 2018) por permitir uma categorização do conhecimento mobilizado pelo professor, emergente do ensino do tema. As informações foram agrupadas por temas de acordo com o seu significado (Anderson e Spencer, 2007).

Os excertos das transcrições realizadas no âmbito deste trabalho, foram agrupados de acordo com o seu conteúdo, de acordo com o conhecimento evidenciado; primeiro em grupos mais abrangentes, os subdomínios, a partir das palavras-chave, e posterior e progressivamente em grupos mais restritos, as categorias. A tabela 2 resume a evolução do instrumento de análise. As palavras-chave que se apresentam surgiram a partir da caracterização teórica do *BTSK*, as mesmas palavras-chave destacadas no texto nos pontos 3.4, 3.5 e 3.6 do capítulo II, referente ao enquadramento teórico. Ao longo do processo de análise, os excertos foram sistematicamente ajustados às categorias em progressiva formação e definição. As categorias que se apresentam são as finais, resultantes das continuadas interações com os dados e de afinações, e também constam no sumário do *BTSK* (ponto 4, do capítulo IV).

Tabela 2 – Início e fim do processo de construção do instrumento de análise: início- subdomínios definidos por palavras-chave; final- subdomínios definidos por categorias estabelecidas.

Dom.	Subdomínios	<i>BTSK</i> teórico (Palavras-chave)	<i>BTSK</i> teórico-empírico (Categorias)
BK	Conhecimento dos temas da biologia	Conceitos, procedimentos, regras, teoremas, princípios, teorias, fenómenos, factos, processos científicos, trabalho prático, representações, modelos, exemplos, contextos e aplicações.	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	Grandes temas, <i>big ideas</i> , tema globalizador, <i>core ideas</i> .	Conhecimento de <i>Big Ideas</i> .

	Conhecimento da natureza da ciência	Literacia científica, métodos científicos, natureza da ciência, estatuto do conhecimento científico.	Conhecimento de métodos de investigação científica. Conhecimento do estatuto da ciência e do conhecimento científico.
PCK	Conhecimento do ensino da biologia	Teorias de ensino, estratégias, atividades, recursos, materiais, recursos disponíveis, diagrama de Venn, mapa de conceitos, analogias, metáforas, estratégias instrucionais, sequências de aprendizagem, ciclo de aprendizagem, resolução de problemas, realização de projetos.	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	Aprendizagem significativa, construtivismo humanista, conflito socio-cognitivo, aprendizagem pela experiência, concepções alternativas, ideias prévias, intuições, bloqueios à aprendizagem.	Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia.
	Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia	Padrões, currículo, documentos orientadores, cadernos de atividades experimentais.	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.
Belif.	Crenças sobre a biologia	Questão epistemológica, questão metodológica.	Crenças sobre a natureza da ciência.
	Crenças sobre o ensino e a aprendizagem da biologia	Opções metodológicas, perspectivas de ensino, tendências didáticas, estilos docentes.	Crenças sobre o ensino.

No quadro 9, apresenta-se um exemplo de como foi organizada a informação. Trata-se da primeira unidade de contexto na qual foi identificado conhecimento. As linhas 178 a 187 correspondem ao episódio 1, da aula 1, no qual a professora Ana (PA) orientou um *brain storm* sobre semente. Nas linhas em questão foi encontrada uma evidência de conhecimento enquadrada no subdomínio do Conhecimento dos tópicos da biologia. Esta unidade de contexto, [U1], revela que a professora: “Conhece que a semente contém o embrião, que este se encontra adormecido, mas dará origem a uma nova planta.”. O destaque a cor de laranja diz respeito à identificação da categoria. Apesar de não estar neste documento legendada a cor, no anexo III pode observar-se essa legenda como sendo referente à identificação da categoria: *Conhecimento de factos e fenómenos biológicos* (Anexo II, p. 373). Reforça-se a ideia de que nem todos os episódios foram dispostos em quadros como o exemplificado no quadro 8, apenas as linhas que revelaram evidência de conhecimento.

Localização	Conhecimento (Unidade de Contexto)	Unidade de Significado
PA. A1[178,187]	[U1] P: O que nós chamamos o caroço é a semente. Quando é colocado na terra e regado dá origem a uma planta. E aqui diz que é a parte do fruto que contém o embrião no estado de vida latente. O que é que será isto “embrião em estado de vida latente”? Latente quer dizer adormecido. Um embrião. Sabem o que é um embrião? É alguma coisa que vai dar origem. Quando nós dizemos “vai fazer nascer”, “as plantas e as árvores estão dentro da semente”, então este embrião é uma nova planta muito pequenina que ainda não está formada, tem só... Eu ainda não vou dizer porque vamos fazer experiências mais tarde para descobrir o que é que está dentro da semente então eu não vou já dizer. Agente depois vai descobrir. Está o embrião... A semente é o embrião da nova planta. Se é uma planta... Uma semente de laranjeira vai dar origem...	[KoBT1] Conhece que a semente contém o embrião, que este se encontra adormecido, mas dará origem a uma nova planta.

Quadro 8 - Exemplo da análise das transcrições com identificação da unidade de contexto, unidade de significado e conhecimento.

A análise de conteúdo foi mediada pelo instrumento de análise em construção: o *BTSK*. A primeira fase da análise esteve completamente dependente do modelo *BTSK* teórico. Tratou-se de posicionar a evidência do conhecimento nos subdomínios do *BTSK* já definidos no capítulo II, de acordo com o conteúdo que podia comportar cada um deles (tabela 2). Posteriormente, foi necessário criar um nível mais específico de compartimentação da informação, dentro de cada um dos subdomínios, e foram criadas as categorias do *BTSK*. O *MTSK* serviu como guia na definição destas categorias, pois compreendeu-se que poderia haver alguma proximidade apesar de se assumirem e reconhecerem as diferenças epistemológicas entre as duas disciplinas. Deste modo, as categorias do *MTSK* foram transpostas para o *BTSK* de forma quase linear sem que houvesse preocupação no rigor do nome ou no tipo de conhecimento que comportavam. Ao longo do processo de análise, com o crescente número de excertos categorizados, as categorias do *BTSK* ganharam sustentabilidade não só em termos de conhecimento que comportavam, mas na sua definição e designação. As categorias foram ajustadas e adaptadas ao conhecimento específico da biologia. O *BTSK*, enquanto modelo da biologia, ganhou forma e corpo. O crescimento do *BTSK* como modelo teórico-empírico aconteceu em simultâneo com o aumento do número de evidências categorizadas, ou seja, o conhecimento foi analisado sob o foco de um instrumento de análise em construção, o próprio *BTSK*.

Deste modo, os instrumentos de análise usados foram: o MTSK, pormenorizadamente caracterizado, e o *BTSK*, em construção. O MTSK foi um instrumento de análise muito útil. A definição prévia do conhecimento em categorias, caracterizadas em diversos trabalhos de vários investigadores, providenciou uma orientação no tipo de conhecimento que podia ser encontrado em cada uma das categorias. O *BTSK*, definido apenas teoricamente no início da análise, foi definido mais detalhadamente ao longo do processo de identificação e caracterização do conhecimento.

O processo tornou-se mais criativo no decorrer da análise, à medida que se tornou necessário adaptar e/ou criar as categorias do *BTSK*. Esteve igualmente presente a importância de tornar as categorias válidas, exaustivas, homogêneas e mutuamente exclusivas promovendo uma categorização consistente (Moraes, 1999).

As categorias foram definidas e caracterizadas ao longo de um processo com muitos ajustes e correções, mas contínuo. Permitiu caracterizar todo o conhecimento encontrado e resultou na construção do próprio modelo. O modo como decorreu este ajuste na categorização encontra-se descrito no ponto seguinte.

Este processo foi auxiliado pelo programa N-Vivo. Primeiramente foram criados, no programa, compartimentos virtuais aos quais se atribuíram os nomes dos subdomínios do MTSK. Na fase seguinte foram colocados nesses compartimentos os excertos com as evidências de cada conhecimento da biologia. Ao longo deste processo foi possível ajustar a dimensão do excerto, reduzindo-o ou aumentando-o, acrescentar novos excertos ou eliminá-los. Foi possível igualmente alterar o nome dos subdomínios e das categorias que ganharam diferentes designações ao longo da análise. O programa facilitou a tarefa da análise e agrupamento da informação de acordo com o tipo de conhecimento mobilizado.

6.2. Procedimento na abordagem dos dados e da teoria

O método usado para identificar e caracterizar o conhecimento mobilizado pelas professoras foi rigoroso e demorado, estando dependente da interação entre os dados e a observação dos investigadores (planos epistemológico e metodológico do paradigma construtivista, Guba e Lincoln, 1994). Por um lado, foram procuradas evidências do conhecimento mobilizado no material recolhido (aulas e entrevistas) que se enquadraram nos diferentes subdomínios e

respetivas categorias procurando-se registos desse tipo de conhecimento na literatura especializada. Por outro, recorrendo ao conhecimento já estabelecido relativamente ao conhecimento do professor foram procuradas evidências na prática das professoras. Essas publicações forneceram pistas sobre que conhecimento podia ser encontrado, permitindo o ganho de maior sensibilidade teórica para prosseguir na identificação de mais evidências de conhecimento.

A psicologia designa este processo como percepção. “O processo de percepção envolve sintetizar, organizar e interpretar informação de forma coerente” (Cherry e Mattiuzzi, 2010, p. 63). De acordo com Brewer e Loschky (2005) e Cherry e Mattiuzzi (2010) a percepção é resultante de dois processos que acontecem simultaneamente designados por bottom-up e top-down. O processo bottom-up está relacionado com a compreensão de informação que esteve disponível, que é preciso compreender. Sendo nova, é ambígua e confusa. Como se se estivesse na presença de um puzzle desmontado cuja imagem final não se conhecesse (Cherry e Mattiuzzi, 2010). O processo top-down consiste na observação da informação disponível sob a influência do conhecimento pré-estabelecido, o que permite compreender as regularidades do que é observado e identificar anomalias ou erros (Brewer e Loschky, 2005).

Apesar de ser um conceito no âmbito da psicologia, os processos top-down e bottom-up são usados na investigação científica, por exemplo em trabalhos no âmbito da informática e da computação (Allen, Smit, e Wallach, 2005; Fukuoka, Miwa, e Maehigashi, 2017). O estudo de Allen, *et al.* (2005) envolveu o desenvolvimento de inteligência artificial. O processo top-down sustentou a conversão dos princípios morais e das regras sociais em algoritmos. O trabalho de Fukuoka, *et al.* (2017) envolveu a análise de gráficos e o estudo baseou-se na compreensão da influência do processo top-down nas fases do processo bottom-up. Ambas as investigações aplicam as teorias da psicologia à investigação qualitativa e confirmam a sua potencialidade.

No campo de ação deste estudo, esta perspetiva metodológica permitiu esta dupla análise da informação no decorrer de toda a investigação. Em top-down foi realizado o levantamento teórico sobre o tema e o instrumento de conhecimento especializado do professor para ir definindo as diversas dimensões do conhecimento. Em bottom-up recorreu-se à observação das aulas de ambas as professoras, assumindo um constante refinar das categorias neste simultâneo processo de investigação.

Foi um processo cíclico no qual toda a estrutura foi continuamente ajustada. Após a identificação das evidências de conhecimento era verificada a adequação da designação

escolhida para a categoria em questão e verificada a sua validade na literatura existente. Foi um processo exaustivo e complexo com ajustes e aferições permanentes.

Apresentam-se três exemplos deste processo flexível e reflexivo, reunidos nos quadros 9, 10 e 11. O primeiro refere-se a um excerto que havia sido integrado num subdomínio e passou a integrar dois deles (quadro 9); o exemplo seguinte consiste em vários excertos erradamente categorizados na primeira análise (quadro 10) e o último exemplo diz respeito uma única unidade de contexto que foi dividida dando origem a duas unidades diferentes e consequentemente a duas evidências distintas de conhecimento (quadro 11).

O primeiro excerto, que coincide com o primeiro exemplo, corresponde a uma passagem da aula 1 da professora Ana (1^o CEB).

P: Seis semelhantes. Seis sementes semelhantes. Não sei se vocês já repararam... As sementes, por exemplo as do feijão branco, não são todas exatamente iguais. Pode haver uma um bocadinho maior ou uma um bocadinho mais pequena. Uma que está mais rugosa ou a outra que está mais macia. Para se fazer uma experiência nós temos que escolher as sementes que são o mais parecido umas com as outras. [U5]

Na primeira análise desta passagem foi-lhe associado o subdomínio *Conhecimento da natureza da ciência* uma vez que a professora revelou conhecer a necessidade do rigor na prática científica ([KNoS3]), como é referido por Wong e Hodson (2008) quando identificam os aspectos presentes na Natureza da Ciência. Porém, durante a revisão do trabalho com maior sensibilidade teórica, o mesmo excerto foi incluído cumulativamente noutra subdomínio, *Conhecimento dos temas da biologia*, já que a professora ao fazer esta declaração mostra que sabe que na realização de uma atividade experimental tem de haver controlo de variáveis ([KoBT5]). Esta postura da professora está de acordo com as instruções para desenvolver as atividades práticas de cariz experimental em sala de aula (Martins, *et al.*, 2007).

[U5] P: Seis semelhantes. Seis sementes semelhantes. Não sei se vocês já repararam... As sementes, por exemplo as do feijão branco, não são todas exatamente iguais. Pode haver uma um bocadinho maior ou uma um bocadinho mais pequena. Uma que está mais rugosa ou a outra que está mais macia. Para se fazer uma experiência nós temos que escolher as sementes que são o mais parecido umas com as outras.	
Categorização inicial	Categorização final
[KNoS3] Conhece a necessidade do rigor na prática científica.	[KNoS3] Conhece a necessidade do rigor na prática científica. [KoBT5] Conhece que na realização de uma atividade experimental tem de haver controlo de variáveis.

Quadro 9 – Categorização inicial e final do excerto da aula 1 da professora Ana.

Os próximos excertos também têm origem nas transcrições decorrentes das observações das aulas da professora Ana, em particular a aula 8: [U102], [U103] e [U104]. “P: Este aqui germinou, ficou aqui com folhas, mas a raiz teve aqui um problema. A raiz secou, tem o caule, tem o tegumento, tem aqui uma folha, mas parece que parou o processo da germinação.” [U102];

Parece que não vai acontecer mais nada. Ela ainda está viva, mas as reservas aqui nos cotilédones onde estão as reservas de alimento... Quando acabarem as reservas a planta vai-se alimentar de quê?

A. Nada.

P: A raiz não está a funcionar, secou-se, então esta planta vai acabar por morrer. [U103];

P: (...) Agora tem que procurar alimento através das raízes porque as reservas daqui já acabaram. Esta aqui ainda tem algumas reservas e tem algumas folhas, mas as folhas estão um bocadinho pequeninas e estão a ficar para dentro deste papel. [U104]

Nestas três sequências observam-se as concepções alternativas da professora. No primeiro excerto sobre a germinação da semente e nos seguintes sobre a nutrição das plantas. Atendendo a que são construções pessoais sobre os conceitos, construídos a partir das experiências ao longo da vida, foram inicialmente consideradas como evidências no domínio das crenças. Coincidem com as primeiras leituras que revelaram que no âmbito das ciências as concepções alternativas dos professores têm um grande impacto na sua performance em sala de aula. Têm implicações na forma como o professor articula e organiza os conteúdos, mas também pode ensinar de forma errada os seus alunos. Segundo os autores Lawson, *et al.* (1989), podem resultar numa instrução defeituosa. Por isso, numa primeira análise foram consideradas crenças e não conhecimento.

<p>[U102] P: Este aqui germinou, ficou aqui com folhas, mas a raiz teve aqui um problema. A raiz secou, tem o caule, tem o tegumento, tem aqui uma folha, mas parece que parou o processo da germinação.</p> <p>[U103] Parece que não vai acontecer mais nada. Ela ainda está viva. Mas as reservas aqui nos cotilédones onde estão as reservas de alimento quando acabarem as reservas a planta vai-se alimentar de quê?</p> <p>A. Nada.</p> <p>P: Da raiz não está a funcionar, secou-se, então esta planta vai acabar por morrer.</p> <p>[U104] P: (...) Agora tem que procurar alimento através das raízes porque as reservas daqui já acabaram. Esta aqui ainda tem algumas reservas e tem algumas folhas mas as folhas estão um bocadinho pequeninas e estão a ficar para dentro deste papel.</p>	
Categorização inicial	Categorização final
<p>[DC1] Tem a conceção de que a germinação continua após o surgimento das folhas.</p> <p>[DC2] Acredita que a planta se alimenta através da raíz.</p> <p>[DC3] Acredita que a planta se alimenta pela raíz.</p>	<p>[KoBT55] Conhece que a germinação continua após o surgimento das folhas.</p> <p>[KoBT56] Conhece que a planta se alimenta através dos cotilédones e da raíz</p> <p>[KoBT57] Conhece que a planta se alimenta através da raíz.</p>

Quadro 10 – Categorização inicial e final de três excertos da aula 8 da professora Ana.

O estudo aprofundado do modelo MTSK e a construção teórica do *BTSK* revelou outra perspetiva face às conceções dos professores e do próprio conceito de conhecimento. Na perspetiva do modelo MTSK e *BTSK*, e seguindo as ideias de Alan H. Schoenfeld (2000), conhecimento é toda a informação que permite resolver ou levar a cabo uma tarefa. Por outro lado, a ideia basilar do MTSK e *BTSK* é de identificar e caracterizar o conhecimento sem fazer disso uma intensão avaliativa. Nesta linha de pensamento, o conhecimento é sempre conhecimento independentemente da sua maior ou menor proximidade com o conhecimento científico. Assim, as unidades anteriormente indicadas constituem evidências de conhecimento, e não de crenças, integradas no subdomínio do *Conhecimento dos temas da biologia*, na categoria conhecimento dos factos e fenómenos biológicos. As evidências continuam a revelar as vivências pessoais, ideias interiorizadas a partir da experiência, mas enquadram-se na definição de conhecimento e não de crença. O quadro 10 sintetiza a informação relativa a este segundo exemplo de recategorização.

A passagem que se segue constitui o terceiro exemplo de verificação e reajuste na classificação do conhecimento. Foi registada entre as linhas 276 e 290 da transcrição da aula 4 da professora Beatriz (2º CEB) e é apresentada como exemplo de uma passagem que foi dividida e

categorizada em dois subdomínios diferentes. O quadro 11 ajuda a compreender o processo. Inicialmente todo o excerto foi considerado como uma evidência do *Conhecimento dos temas da biologia*.

Categorização inicial	Categorização final
<p>P: O que é que vai dar? A célula sexual masculina quando fecundar a oosfera vai dar o quê?</p> <p>A: Ou o ovo ou o zigoto.</p> <p>P: O ovo ou zigoto.</p> <p>A: Professora, eu ia dizer já uma coisa.</p> <p>A: Eu também.</p> <p>P: E que por sua vez vai dar?</p> <p>A: [Impercetível]</p> <p>P: O embrião.</p> <p>A: O feto.</p> <p>P: Não há «fetos» aqui. «Fetos» é na reprodução humana. Nas plantas não há «fetos».</p> <p>A: Feto.</p> <p>P: Feto, sim, feto. «Zigoto» [enquanto escreve no quadro]</p> <p>(...)</p> <p>P: Chiu! Olha, vão passando. Vão passando para não se perderem. Portanto. Daqui, desta fecundação, resulta o ovo ou zigoto, que depois vai dar origem ao embrião.</p> <p>[[KoBT100] Conhece que a fecundação da oosfera origina o ovo ou zigoto.)</p>	<p>P: O que é que vai dar? A célula sexual masculina quando fecundar a oosfera vai dar o quê?</p> <p>A: Ou o ovo ou o zigoto.</p> <p>P: O ovo ou zigoto.</p> <p>A: Professora, eu ia dizer já uma coisa.</p> <p>A: Eu também.</p> <p>P: E que por sua vez vai dar?</p> <p>A: [Impercetível]</p> <p>P: O embrião. [U165]</p> <p>[[KoBT111] Conhece que a fecundação da oosfera origina o ovo ou zigoto.)</p> <p>A: O feto.</p> <p>P: Não há «fetos» aqui. «Fetos» é na reprodução humana. Nas plantas não há «fetos».</p> <p>A: Feto.</p> <p>P: Feto, sim, feto. «Zigoto» [enquanto escreve no quadro] [U212]</p> <p>[KSB3] Conhece que a designação feto designa o ovo ou zigoto na reprodução humana.</p> <p>(...)</p> <p>P: Chiu! Olha, vão passando. Vão passando para não se perderem. Portanto. Daqui, desta fecundação, resulta o ovo ou zigoto, que depois vai dar origem ao embrião.</p>

Quadro 11 – Categorização inicial e final do excerto da aula 4 da professora Beatriz, entre as linhas 276 e 290.

Foi aqui reconhecido o conhecimento desta professora sobre os temas, mais especificamente sobre o conhecimento do facto da fecundação da oosfera originar o ovo ou zigoto da planta ([KoBT100]). O ganho de experiência melhorou a perceção dos dados e permitiu compreender um pouco melhor o conhecimento envolvido no diálogo e fazer ajustes na forma como havia sido classificado este excerto. Assim, a unidade [U165], entre as linhas 276 e 283, revela uma evidência do seu conhecimento sobre os temas da biologia (subdomínio: *KoBT*) o mesmo conhecimento que se identificou primeiramente, tendo mudado apenas o número de registo. Mas nas linhas seguintes, entre 284 e 287 ([U212]) pôde comprovar-se o seu Conhecimento sobre a estrutura da biologia ([KSB3]). A professora consegue estabelecer um paralelismo entre

a reprodução das plantas e a reprodução humana e exprime o seu conhecimento sobre a reprodução como um fenómeno com aspetos comuns entre animais e plantas.

Este tipo de análise, com os ajustes e afinações constantes, ora recorrendo à literatura ora à leitura mais atenta das evidências recolhidas, revela bem a natureza interpretativa desta investigação e a perspetiva metodológica inerente à mesma. O tempo, a reflexão e as constantes leituras permitiram uma compreensão crescente do conhecimento envolvido ao longo da prática destas professoras, cada vez mais detalhada e aprofundada.

6.3. Triangulação

Tendo em conta a natureza desta investigação, foi importante reduzir a subjetividade dos resultados alcançados. Esse feito foi conseguido através do processo de triangulação defendido por Stake (1995). A triangulação constitui uma tentativa de compreender em profundidade um fenómeno em estudo, uma alternativa à validação de uma verdade dependente da interpretação dos investigadores (Denzin e Lincoln, 2005). Uma das formas de validar a informação recolhida é o uso de diferentes métodos ou levando a cabo uma triangulação múltipla (Denzin, 2009). Esta variedade de métodos confere fiabilidade na medida em que cada um dos métodos revela diferentes aspetos da realidade (Denzin, 2009). As diferentes abordagens proporcionadas por várias fontes de evidências proporcionam diversas avaliações do mesmo fenómeno e aumentam a precisão dos resultados (Yin, 2001).

Deste modo, foram seguidas as diferentes abordagens sugeridas por Denzin (2009) e foram realizados três tipos de triangulação sugeridas pelo autor: triangulação de dados, triangulação de investigadores e triangulação metodológica.

Triangulação de dados – A triangulação de dados consiste na procura de saber que um determinado fenómeno ou ocorrência acontece noutras situações, momentos ou espaços com diferentes pessoas a agir de modo diferente (Stake, 1995). Na investigação, a informação foi facultada por duas professoras diferentes que trabalharam em locais diferentes, apesar de serem ambas do mesmo concelho, e em dois níveis de ensino também diferentes, apesar de serem ambas do ensino básico. Para além disso a observação não foi pontual tendo decorrido durante várias semanas, com ambos os professores. Acedeu-se ao conhecimento mobilizado

através da observação de várias aulas e a informação foi complementada pelas entrevistas que permitiram confirmar ou dissipar algumas das informações recolhidas refinando os dados.

Triangulação de investigadores - A triangulação de investigadores permite que diferentes investigadores observem e analisem a mesma cena ou fenómeno (Stake, 1995). A triangulação de investigadores também teve lugar neste trabalho. Primeiramente entre os três investigadores mais diretamente ligados à escrita desta tese de doutoramento e depois alargada a um grupo maior que compõe SIDM. O olhar dos diferentes investigadores permitiu aferir significados e interpretações do que foi observado.

7. Síntese

Todo o trabalho de investigação esteve acente num objetivo bastante geral que consistiu na compreensão do conhecimento que foi mobilizado por duas professoras quando ensinaram um tema da disciplina da biologia, mais especificamente o tema da Reprodução das Plantas. Para alcançar este objetivo foram definidos três problemas de investigação na forma de três questões:

1. Que conhecimento e que crenças apresentam duas professoras quando ensinam o tema da Reprodução das Plantas a crianças do 3º e 6º anos de escolaridade (com aproximadamente 8 e 12 anos de idade)?
2. Como se caracteriza o conhecimento mobilizado por estas duas professoras ao ensinar este tema da biologia?
3. Como se define o modelo do conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia?

A investigação desenvolvida foi de carácter qualitativo e descrito atendendo a que o conhecimento do professor constitui uma realidade social sujeita a interpretações e mediada pela atribuição de significados (Silva, 2013). A verdade que regeu toda a investigação, o paradigma, foi interpretativo (Bassegy, 1999) pois está subjacente a interpretação do que se observa, mas também construtivista já que as múltiplas interpretações permitem identificar o conhecimento que, enquanto ideia, é uma construção social (Guba, 1989). Esta ideia está intimamente ligada à questão ontológica do paradigma das investigações interpretativas. A realidade que se pretendeu capturar não é uma verdade única, estática e indiscutível. Constitui uma realidade que vai sendo construída, a par e passo, enquanto o investigador observa, interpreta e reflete sobre o que observa (questão epistemológica). Por isso, toma mais relevância a questão metodológica do paradigma. Garantir que aquilo que o investigador quer saber é o que está a conhecer. Este aspeto foi garantido através da definição de uma metodologia coerente garantindo a constante triangulação da informação (Guba e Lincoln, 1994).

O desenho da investigação correspondeu a um estudo de caso (Stake, 2005), mais especificamente de dois casos, que correspondem ao conhecimento de duas professoras do ensino básico enquanto lecionaram o tema Reprodução das plantas a crianças de 3º ano (8 anos

de idade) e 6º ano (12 anos de idade). Estes casos foram escolhidos usando o que Patton (2002) designa por efeito bola de neve. As professoras foram escolhidas entre os seus pares como os professores que podiam contribuir com a informação mais significativa para o estudo. Foram acauteladas todas as condições para que se pudessem recolher imagens e som nas salas de aula, de acordo com as regras de confidencialidade e ética. A informação recolhida no decorrer das aulas aconteceu através de gravação vídeo e foi realizada a gravação áudio das entrevistas e das aulas.

A informação foi analisada com recurso à análise de conteúdo (Bardin, 2012; Krippendorff, 2018), usando os modelos do conhecimento especializado do professor (MTSK e BT SK) como instrumentos de análise. O processo de categorização dos excertos de aulas e entrevistas foi auxiliado pelo programa informático N-Vivo.

O modo usado para relacionar a teoria e os dados recolhidos foi Top-down e Bottom-up que permitiu uma abordagem aos dados sob duas perspetivas: uma superior e mais abrangente em que foi analisada a literatura existente sobre aspetos do conhecimento do professor e outra muito específica analisando ao detalhe o conteúdo das transcrições. Esta escolha metodológica coincide com o conceito de percepção como sendo um processo de reconhecimento da informação disponível (Cherry e Mattiuzzi, 2010; Brewer e Loschky, 2005). Este processo ou perspetiva metodológica permitiu uma aproximação e distanciamento constante à informação recolhida e tornou possível o refinamento sistemático da categorização dos excertos e das categorias.

A garantia de que os resultados são objetivos, verdadeiros e válidos foi dada pela triangulação realizada ao nível dos dados, dos investigadores e do método. A informação foi recolhida de diferentes fontes, em dois locais diferentes e ao longo de quatro meses, tendo havido a triangulação de dados. A mesma informação foi analisada e interpretada por diferentes investigadores, não só os autores implicados diretamente neste trabalho, mas também os que pertencem ao SIDM.

IV. Análise dos resultados

1. Introdução

A análise dos resultados é composta por duas partes distintas. Na primeira parte são apresentados os dois relatórios de caso: da professora Ana e da professora Beatriz. Os relatórios descrevem o conhecimento mobilizado por estas duas professoras quando ensinaram, em 2015, o tema Reprodução das Plantas aos seus alunos do ensino básico, 3º ano e 6º ano, respetivamente. O conhecimento mobilizado foi analisado com o apoio inicial do *BTSK* teórico como instrumento de análise, mas a caracterização final, ou seja, a descrição do conhecimento observado foi realizada com o modelo *BTSK* teórico-empírico, construído ao longo da análise.

Reforça-se a ideia de que se trata do conhecimento mobilizado durante o ensino de um tema particular da biologia, a reprodução das plantas, apesar de haver a referência, ao longo dos relatórios, ao *Conhecimento da Biologia* (temas da biologia, estrutura da biologia, ensino da biologia, aprendizagem da biologia e padrões de ensino da biologia).

A segunda parte da análise dos resultados é a mais longa e integra a caracterização empírica do modelo, uma caracterização feita com recurso aos diferentes trabalhos realizados no âmbito da identificação e caracterização do conhecimento do professor de ciências (física, química, biologia, ...) mas dependente da sua identificação em sala de aula, durante o ensino do tema. Trata-se da apresentação do modelo teórico-empírico do *BTSK*, diferente da caracterização teórica já apresentada no ponto 3, do capítulo II, deste trabalho.

A caracterização é feita por domínios. Primeiro a caracterização do domínio do *Conhecimento da Biologia* em cada um dos subdomínios e categorias, posteriormente a caracterização do domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo* também com os seus subdomínios e categorias e finalmente o Domínio das Crenças, do mesmo modo.

2. Relatórios de caso

2.1. Relatório de Caso da professora Ana

A professora Ana, docente de 1º CEB, organizou a unidade temática da Reprodução das Plantas com recurso a um conjunto de oito atividades práticas e outras atividades, nomeadamente resposta a questionários no manual escolar, observação de imagens e diálogo com os alunos. O ensino desta professora esteve fortemente marcado pela organização rigorosa com que estruturou e encadeou todas as atividades. O seu ensino esteve orientado para que fossem os alunos a «descobrir» os conteúdos num processo de desenvolvimento de procedimentos e aquisição de competências. Este conhecimento está de acordo com a Perspetiva de Ensino por descoberta de Cachapuz, *et al.* (2000).

De entre as evidências do conhecimento que exibiu, durante as oito aulas vídeo gravadas e a entrevista, observou-se um conhecimento aprofundado dos conteúdos (*KoBT*) nomeadamente no modo de preparação das atividades experimentais. O quadro 12 reúne as unidades de significado, associadas ao respetivo código, elaboradas para resumir o conhecimento evidenciado pela professora. Revelou conhecimento sobre as fases em que se desenvolvem essas atividades e os resultados esperados em cada uma delas: [KoBT3], [KoBT4], [KoBT5], [KoBT6], [KoBT7], [KoBT8], [KoBT9], [KoBT11], [KoBT22], [KoBT23], [KoBT24], [KoBT25], [KoBT26], [KoBT27], [KoBT31], [KoBT33], [KoBT37] e [KoBT42]. A cor azul, no quadro, serve para destacar a categoria das demais encontradas. Os excertos e as respetivas linhas de onde foi extraído o conhecimento podem ser encontradas no anexo III.

Código	Unidade de Significado
[KoBT3]	Conhece as etapas de desenvolvimento da atividade.
[KoBT4]	Conhece os períodos de observação das atividades.
[KoBT5]	Conhece que na realização de uma atividade experimental tem de haver controlo de variáveis.
[KoBT6]	Conhece o procedimento para a realização das atividades experimentais em sala de aula.
[KoBT7]	Conhece que as atividades práticas requerem observação, registos dos resultados e a elaboração de uma conclusão de acordo com a questão problema definida.
[KoBT8]	Conhece que a observação implica a comparação com a experiência de controlo.
[KoBT9]	Conhece que é importante manter as condições das experiências até ao fim para que os resultados sejam fidedignos.
[KoBT11]	Conhece o procedimento que torna observável o interior da semente.
[KoBT22]	Conhece o procedimento para preparação da atividade experimental.
[KoBT23]	Conhece a importância do registo para a análise dos resultados.

[KoBT24]	Conhece o procedimento para a preparação da atividade experimental.
[KoBT25]	Tapar um frasco de 400 ml influencia a germinação.
[KoBT26]	Conhece o procedimento para a preparação da atividade experimental.
[KoBT27]	Conhece a necessidade dos cientistas controlarem as variáveis.
[KoBT31]	Conhece o modo de preparação da atividade.
[KoBT33]	Conhece que a observação e o registo são parte da atividade.
[KoBT37]	Conhece que o registo é parte da atividade.
[KoBT42]	Conhece o modo de preparação de uma atividade de cariz experimental.

Quadro 12 – Código e respetiva unidade de significado de evidências de conhecimento relativo ao subdomínio KoBT, categoria *Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação*.

De forma a ilustrar esse conhecimento exhibe-se de seguida parte da aula 2 (anexo II, p. 68) codificada como [U7]

P: Ainda nos falta observar passadas quarenta oito horas. Só vai ser amanhã. Amanhã é que vamos acabar a observação, o registo e finalmente a conclusão para a nossa Questão-problema que é: Como se comportam sementes diversas quando colocadas em água? Quem é que já foi o grupo que acabou? [U7]

Nesta sequência, a professora evidenciou o seu conhecimento relativamente aos períodos de observação, mas também o conhecimento sobre as fases da atividade: observação, registos e conclusão da atividade ([KoBT7]). Na passagem que se apresenta seguidamente, recolhida no decorrer da aula 7 (anexo II, p. 174), observa-se o conhecimento da professora relativamente ao rigor no controlo das variáveis quando levou a cabo uma atividade de cariz experimental.

P: É a experiência que diz 3-A. Oh Tomás! Para escrever vocês precisam de ter a experiência na frente agora. Não é? 3-A. Então, a questão era: As plantas precisam de água/ de humidade para germinar? E nós para descobrir isso fizemos... arranjamos dois frascos colocámos um papel dentro do frasco, dentro dos dois, colocámos as sementes de tamanho muito semelhante... Senta-te Jorge. O tamanho das sementes era o mesmo. Não é? Vocês escolheram aquelas que eram mais parecidas, de feijão. E depois no outro a diferença é que pusemos água. [U33]

Nesta síntese, que a professora fez para recordar os alunos sobre as condições da atividade experimental, é claro o seu conhecimento sobre a necessidade do controlo das variáveis ([KoBT42]). Indicou o que manteve igual: o número e aspeto de sementes, o tipo de sementes, o frasco e o papel; e o fator que foi alterado: a presença de água.

Estas duas evidências ([U7] e [U33]) sustentam o conhecimento sobre os procedimentos e foram integradas, ambas, na categoria Conhecimento dos procedimentos e técnicas de observação.

Para além das evidências que revelam o conhecimento da professora Ana sobre os procedimentos em biologia, observam-se também evidências relativamente a outras categorias, nomeadamente o *conhecimento de factos e fenómenos biológicos*: [KoBT1], [KoBT2], [KoBT10], [KoBT12], [KoBT13], [KoBT14], [KoBT16], [KoBT17], [KoBT18], [KoBT21], [KoBT38], [KoBT39], [KoBT45], [KoBT46], [KoBT49], [KoBT50], [KoBT51], [KoBT53]. A explicação dos códigos apresentados consta no quadro 13. A cor laranja nos códigos corresponde à categoria em questão e serve, no anexo III, para distinguir estas unidades de significado das demais referentes a outras categorias.

Código	Unidade de Significado
[KoBT1]	Conhece que a semente contém o embrião, que este se encontra adormecido, mas dará origem a uma nova planta.
[KoBT2]	Conhece que a semente contém o embrião e dará origem à nova planta.
[KoBT10]	Conhece que as sementes aumentaram de tamanho porque absorveram água.
[KoBT12]	Conhece que as semente de feijão são dicotiledóneas, mas há sementes monocotiledóneas.
[KoBT13]	Conhece que as sementes germinam a velocidades diferentes.
[KoBT14]	Conhece que a semente de feijão frade é das mais rápidas a germinar.
[KoBT16]	Conhece a localização dos cotilédones na semente.
[KoBT17]	Conhece que a semente de milho tem um cotilédone.
[KoBT18]	Conhece que quando a semente germina surge a futura raiz e as futuras folhas.
[KoBT21]	Conhece que a semente de feijão depois de aberta não germina devido à morte do embrião.
[KoBT38]	Conhece que o musgo e o feto são plantas sem flor.
[KoBT39]	Conhece que a flor precede o aparecimento do fruto.
[KoBT45]	Conhece que a água provoca a germinação da semente e o aparecimento da raiz.
[KoBT46]	Conhece o geotropismo positivo da raiz.
[KoBT49]	Conhece a reprodução assexuada da batateira.
[KoBT50]	Conhece a reprodução assexuada através do caule e da folha.
[KoBT51]	Conhece que as plantas podem reproduzir-se por semente ou através do caule.
[KoBT53]	Conhece que as videiras e as roseiras têm reprodução assexuada.
[KoBT54]	Conhece as fases de germinação do feijão.
[KoBT55]	Conhece que a germinação continua após o surgimento das folhas.
[KoBT56]	Conhece que a planta se alimenta através dos cotilédones e da raiz.
[KoBT57]	Conhece que a planta se alimenta através da raiz.

Quadro 13 - Código e respetiva unidade de significado de evidências de conhecimento relativo ao subdomínio KoBT, categoria *Conhecimento de factos de fenómenos biológicos*.

Apresenta-se de seguida o conteúdo de algumas unidades de contexto destas unidades de significado, a título de exemplo, e que ilustram o conhecimento sobre os factos: A unidade de contexto [U2] recolhida durante a aula 1 (anexo II, p. 47), [U10] recolhida durante a aula 3 (anexo II, p. 104) e [U30] aula 5 (anexo II, p. 160).

P: Nós, agora que já sabemos o que é uma semente, é um grão que contém lá dentro o embrião e vai dar origem à nova planta... Se nós plantarmos vai dar origem a uma nova planta. [U2]

P: Isso diz-se que absorveram a água. Todas as sementes aumentaram de tamanho e absorveram água. [U10]

P: O musgo não dá flor, é uma planta que não dá flor. Os fetos também, não dão flor. Mas as roseiras dão flor, os nenúfares, a papoila que vimos no texto hoje de manhã, dá flor. A maior parte das plantas que nós conhecemos dão flor. [U30]

Os factos são “os dados resultantes das observações efetuadas e a que se atribuiu significado e validade” (Valadares e Moreira, 2009, p. 21). Mas também acontecimentos registados com anotações válidas, resultantes da constância no método utilizado (Novak e Gowin, 1996) e podem descrever observações repetidas com as quais todos concordam. Neste caso em particular, seguindo as evidências fornecidas por [U2], [U10] e [U30], a professora Ana revelou conhecer o facto de que a semente contém o embrião que dará origem à nova planta ([KoBT2]), que as sementes aumentam de tamanho porque absorvem água ([KoBT10]) e que o musgo e o feto são plantas sem flor ([KoBT38]).

Relativamente ao conhecimento de fenómenos biológicos, a professora demonstrou conhecer dois fenómenos relacionados com a reprodução das plantas: os fenómenos de germinação [KoBT54] e de geotropismo [KoBT46]. O fragmento que se apresenta de seguida revela o conhecimento que a professora mobilizou relativamente ao fenómeno da germinação das sementes ([KoBT54]), em particular da semente de feijoeiro e foi recolhido e observado durante a aula 7 (anexo II, pág. 192).

P: Está. Toda a gente percebeu? O que acontece primeiro? Aqui parece que havia dúvidas. A semente absorve a água, aumenta de tamanho. Fica assim dois, três dias. Depois começa a surgir a raiz e a seguir o caule. Depois o caule e a raiz vão crescer. Começa a criar folha e por aí fora. [U43]

No fragmento, a professora descreveu a germinação do feijoeiro. Conhece o seu período de germinação que acontece em dois ou três dias, a mudança de aparência da semente e o rompimento do tegumento. Mas não é o único fenómeno que conhece. Demonstrou, na aula 7 (anexo II, pág. 168), o conhecimento sobre outro fenómeno que não o da germinação:

P: Vai ao encontro da água. É uma curiosidade. Na natureza as plantas sabem, tem um mecanismo, as sementes, e quando a raiz começa a sair vai sempre para baixo. Mesmo que se agora... Se nós agora puséssemos o frasco de pernas para o ar.

A: Ia sempre para baixo.

P: A raiz ia começar, ia dar a volta e depois ia continuar para baixo, em direção de baixo da terra. Sempre para baixo. A força da gravidade faz com que... [U37]

O fenómeno em questão é o geotropismo positivo da raiz. A partir deste conhecimento a professora explicou aos alunos que seja qual for a posição da semente, quando germinar e surgir a raiz, esta crescerá na direção do centro da Terra ([KoBT56]). Estes conhecimentos integram o subdomínio do *Conhecimento dos temas da biologia* na categoria *Conhecimento de factos e fenómenos biológicos*.

No decorrer da análise das aulas desta professora foram revelados conhecimentos de conceitos e termos relacionados com tema em estudo. Conhece os conceitos de radícula, caulículo e folhas primárias como os primeiros órgãos da semente germinada: [KoBT15], [KoBT19], [KoBT20], [KoBT32], [KoBT35], [KoBT36] e [KoBT43]; de tegumento ([KoBT34] e [KoBT44]), de cotilédone e a sua função na germinação da semente ([KoBT18], [KoBT47], [KoBT48] e [KoBT49]), de poda e estaca ([KoBT29], [KoBT30] e [KoBT58]).

Código	Unidade de Significado
[KoBT15]	Conhece que o caulículo é o futuro caule da planta.
[KoBT19]	Conhece que o embrião é composto pela radícula, pelo caulículo e pelas folhas primárias.
[KoBT20]	Conhece que os cotilédones são as reservas nutritivas da semente, necessárias ao seu primeiro crescimento.
[KoBT29]	Conhece que aos bocados da planta usados para a reprodução dá-se o nome de poda.
[KoBT30]	Conhece que a estaca é um bocado de caule.
[KoBT32]	Conhece que quando a semente germina sai uma pequena raiz que se chama radícula.
[KoBT34]	Conhece que a pele da semente tem o nome de tegumento.
[KoBT35]	Conhece que a radícula é o primeiro órgão a desenvolver-se na germinação.
[KoBT36]	Conhece que quando a semente germina sai uma pequena raiz que se chama radícula.
[KoBT43]	Conhece que a radícula é a raiz do embrião.
[KoBT44]	Conhece que o tegumento é a pele da semente.
[KoBT47]	Conhece a existência de sementes com um cotilédone e com dois cotilédones.
[KoBT48]	Conhece que os cotilédones são reservas alimentares da semente.
[KoBT58]	Conhece que o alecrim, a estrela-de-natal, a erva-da-fortuna, a hortelã e a sardinheira se reproduzem por estaca.

Quadro 14 - Código e respetiva unidade de significado de evidências de conhecimento relativo ao subdomínio KoBT, categoria *Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados*.

O quadro 14 reúne as unidades de significado referentes ao conhecimento evidenciado no âmbito desta categoria. A cor, amarela desta vez, serve o mesmo propósito já mencionado nas duas ocasiões anteriores: distinguir, no quadro geral do KoBT, as evidências que dizem respeito a cada categoria.

O excerto que se segue, decorrido durante a aula 3 (anexo II, pág. 115), é um exemplo deste tipo de conhecimento:

P: E agora vamos fazer dois pontos e dizer o que é que está no embrião. A radícula, caulículo e folhas primárias ou futuras folhas. Nós vamos também descobrir mais tarde que os cotilédones eles são como reservatórios onde tem o alimento que a semente precisa. Que a semente precisa para fazer o seu primeiro crescimento. Por agora já terminámos. Damos por encerrada a sessão das experiências e das plantas. [U17]

Neste excerto a professora mobiliza o seu conhecimento relativo ao conceito de embrião ([KoBT19]) e de cotilédones ([KoBT20]).

Revelou também alguns exemplos nem sempre associados ao manual escolar. Apresentou o grão de milho como exemplo de semente da classe Monocotiledónea ([KoBT17]) na aula 3 (anexo II, pág. 111): “P: Queria mostrar-vos aqui, por exemplo, uma semente de milho. Só tem um cotilédone. É só uma curiosidade. Estão a ver aqui o milho?” [U14]. Refere o musgo e o feto para exemplificar as plantas sem flor e as roseiras, os nenúfares e as papoilas como exemplos de plantas com flor ([KoBT38]), na aula 5 (anexo II, pág. 160).

P: O musgo não dá flor, é uma planta que não dá flor. Os fetos também, não dão flor. Mas as roseiras dão flor, os nenúfares, a papoila que vimos no texto hoje de manhã, dá flor. A maior parte das plantas que nós conhecemos dão flor. [U30];

Referiu a batateira, o alecrim, a estrela-de-Natal, a erva-da-fortuna, a hortelã-pimenta e a malva (sardinheira) como exemplos de plantas que se reproduzem por estaca ([KoBT49] e [KBT58]), na entrevista 1 (anexo I, pág. 7). O trecho que se apresenta é a evidência do conhecimento referenciado como [KoBT58]:

e: Que espécies é que tu usaste para as estacas?

E: Espécies... Usei alecrim, depois aquela planta que é a estrela-de-natal, a erva-da-fortuna... São plantas ornamentais de casa. O alecrim é que é erva aromática. Usei duas espécies da erva-da-fortuna... Ah, usei pimenta, hortelã, uma espécie de hortelã. No fundo, eram coisas que eu tinha lá em casa e pedi a uma vizinha também e trouxe.

e: E foi esse o teu critério: o que tinhas em casa foi o que trouxeste ou foste procurar alguma que...

E: Ah, e também usámos as sardinheiras. No livro tinha a experiência com as sardinheiras e eu também tentei usar exemplos do livro. Estas que eu tinha em casa eram as que eu sabia que pegavam por estaca, porque há umas que pegam e outras que não. Então como eu sabia que estas pegavam, trouxe as que sabia que pegavam. [U44]

Devido às características deste conhecimento foi incluído numa categoria diferente das já apresentadas. Trata-se da categoria *Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados*, a terceira identificada até ao momento e representada na figura 24, e integra o conhecimento das definições que caracterizam os conceitos e dos exemplos que completam essa definição.

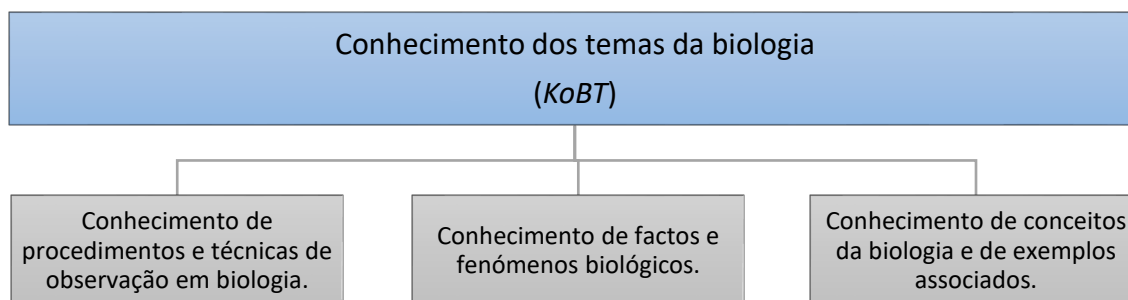


Figura 24 – Conhecimento mobilizado pela professora Ana no âmbito do subdomínio *KoBT*.

A professora revelou também conhecimento no âmbito do Subdomínio *Conhecimento da natureza da ciência (KNoS)*. Este subdomínio engloba o conhecimento de como se produz conhecimento em biologia, as regras para a sua produção e validação.

A professora revelou conhecimento sobre o facto dos cientistas fazerem experiências em laboratório ([KNoS1]) mas que também fazem investigações no exterior ([KNoS5] e [KNoS6]), sobre os preceitos da prática científica, como o rigor, a manutenção das condições dos estudos, a observação e o registo ([KNoS3], [KNoS7], [KNoS8] e [KNoS9]) e pelo facto de se fazerem investigações nas universidades ([KNoS11]). Estes conhecimentos dizem respeito à categoria *Conhecimento de métodos de investigação científica*. O significado dos códigos apresentados encontra-se reunido no quadro

Código	Unidade de Significado
[KNoS1]	Conhece que os cientistas, em laboratório, para fazerem descobertas fazem experiências e aprendem.
[KNoS3]	Conhece a necessidade do rigor na prática científica.
[KNoS5]	Conhece que os cientistas fazem descobertas através de expedições no ambiente natural.
[KNoS6]	Conhece que os cientistas sabem a idade das árvores através da contagem dos anéis do tronco.
[KNoS7]	Conhece que é importante manter as condições das experiências até ao fim para que os resultados sejam fidedignos.
[KNoS8]	Conhece que os cientistas conhecem a estrutura da semente pela observação e estudo do seu interior.
[KNoS9]	Conhece a importância do registo para a análise dos resultados.
[KNoS11]	Conhece que ao nível universitário se realizam investigações científicas.

Quadro 15 - Código e respetiva unidade de significado de evidências de conhecimento relativo ao subdomínio KNoS, categoria *Conhecimento de métodos de investigação científica*.

No decorrer da aula 2 (anexo II, págs. 82 e 87) a professora mostrou que reconhece o trabalho dos cientistas no terreno, no campo. Observem-se as unidades de contexto [U46] e [U47]

P: Nas grandes florestas, no Brasil há uma floresta que é a floresta amazónica que é muito, muito grande, e ainda é desconhecida uma parte dela. Há espécies de animais, principalmente de insetos que ainda estão a ser descobertos. Os cientistas fazem expedições, vão lá para descobrir novas plantas, novos animais e vão descobrindo novos animais e novas plantas. No mar também. De vez em quando os cientistas vão descobrindo novas espécies de animais, ou de algas...[U46]

“P: O tronco vai crescendo mais um bocadinho. Cada primavera mais um bocadinho. [A professora simula com as mãos uma circunferência que vai aumentando progressivamente]. Quando os cientistas querem saber a idade das árvores vão contar.” [U47].

Nestes dois excertos, referentes às unidades de contexto [KNoS5] e [KNoS6], respetivamente, a professora conversa com os seus alunos sobre o facto dos cientistas se deslocarem aos lugares onde as plantas existem e aí fazerem as suas investigações e descobertas. Descubrem novas espécies na floresta amazónica e no mar. É também nos próprios locais que estudam o tempo de vida das árvores.

As sequências de aula que se apresentam de seguida evidenciam este conhecimento. A unidade de contexto [U5] e [U19] foram recolhidas nas aulas 1 (anexo II, pág. 69) e 4 (anexo II, pág. 128), respetivamente.

P: Seis semelhantes. Seis sementes semelhantes. Não sei se vocês já repararam... As sementes, por exemplo as do feijão branco, não são todas exatamente iguais. Pode haver uma um bocadinho maior ou uma um bocadinho mais pequena. Uma que está mais rugosa ou a outra que está mais macia. Para se fazer uma experiência nós temos que escolher as sementes que são o mais parecido umas com as outras. [U5]

P: Sim, vocês têm que fazer registos. Esta experiência também vai demorar duas semanas e vocês têm que ir registando. Sabem que os cientistas fazem isto. Em cada experiência têm que ir fazendo registos, registos, para ir vendo o que acontece. [U19]

Na primeira sequência é evidente a preocupação da professora para que os alunos usem seis sementes o mais parecidas possível umas com as outras. Isso revela o seu conhecimento relativamente ao método experimental e o valor da observação ([KNoS3]). O tipo de feijão será uma variável controlada para que haja apenas um fator diferente entre os dois copos que foram usados, esse fator (variável independente) é a presença ou ausência de água. Na segunda sequência denota-se a importância dada à observação e registos constantes ([KNoS9]) de modo a tornar clara e evidente qualquer alteração face ao último registo.

Também revelou conhecimento relativamente à renovação do conhecimento ([KNoS2] e [KNoS4]) e da ciência ao serviço da agricultura ([KNoS10]). O quadro 16 esclarece relativamente à codificação apresentada.

Código	Unidade de Significado
[KNoS2]	Conhece que os cientistas fazem descobertas que permitem novas experiências.
[KNoS4]	Conhece que o conhecimento científico está em constante atualização.
[KNoS10]	Conhece que os cientistas fazem pesquisas com o objetivo de otimizar a agricultura.

Quadro 16 - Código e respetiva unidade de significado de evidências de conhecimento relativo ao subdomínio KNoS, categoria *Conhecimento do estatuto da ciência e do conhecimento científico*.

Na unidade de contexto [U45], recolhida durante a aula 1 (anexo II, pág. 40), e na unidade de contexto [U49] (anexo I, pág. 7), recolhida no decorrer da entrevista 1, há evidências de isso mesmo:

P: Nós vamos começar agora esta série de experiências. Vamos fazer um bocadinho como os cientistas fazem em laboratório.

A: Vamos ser cientistas.

P: Vão tentar fazer algumas coisas, vão descobrir coisas. Os cientistas descobrem coisas. Para isso vão fazendo experiências, vão aprendendo, tentando, tentando. [U45]

E: Olha, tenho estado a ver sobre agricultura, algumas pesquisas sobre agricultura biológica e vi em cursos de agronomia e de agricultura e os cientistas debruçam-se bastante sobre isso. Eu estive a ver alguma coisa, alguns relatórios que fazem sobre os dias que as plantas levam a germinar e assim coisas com muito pormenor. E os tipos de solo, o que elas precisam... Se tiver um solo com mais estas características ou com menos aquelas vai demorar mais dias ou menos dias... A quantidade de ar que precisa... Isto também tinha a ver com a compostagem. E depois o tipo de compostagem, se havia mais oxigénio ou não para aquele solo ficar melhor ou não. Tenho uma pequena noção. Eu penso que os cientistas... Posso considerar que são os cientistas que fazem isso, não é? Isto já era a nível universitário onde eles estavam a trabalhar. [U49]

Nestas duas sequências denota-se o conhecimento sobre a necessidade de registar os resultados das investigações para mais tarde usar essa informação em novas pesquisas e estudos ([KNoS2]). De acordo com as suas palavras, nas universidades testam-se variáveis de modo a controlar as condições de crescimento das plantas e otimizar a agricultura. Os relatórios servem não só para registar os resultados, mas também são usados como base para novas investigações, num ciclo de constante consolidação dos resultados e surgimento de novas problemáticas ([KNoS10]).

A professora revelou igualmente conhecimento sobre o carácter provisório do conhecimento científico, um dos aspetos de outra categoria do KNoS. Observe-se, novamente, o exemplo anteriormente exposto referente à unidade de contexto [U46]:

P: Nas grandes florestas, no Brasil há uma floresta que é a floresta amazónica que é muito, muito grande, e ainda é desconhecida uma parte dela. Há espécies de animais, principalmente de insetos que ainda estão a ser descobertos. Os cientistas fazem expedições, vão lá para descobrir novas plantas, novos animais e vão descobrindo novos animais e novas plantas. No mar também. De vez em quando os cientistas vão descobrindo novas espécies de animais, ou de algas... [U46]

Esta professora sabe que são conhecidas novas espécies de animais, de plantas ou de protistas com alguma frequência, ou seja, o conhecimento está em constante atualização e ampliação ([KNoS4]). Este conhecimento da professora, relativo ao constante crescimento e atualização do conhecimento científico está de acordo com os resultados do trabalho de Wong e Hodson (2008)

que revela que entre os cientistas é reconhecido o NoS evolutivo ou de desenvolvimento no qual as teorias e leis estão sujeitas a mudança. De facto, conseguir novas evidências que modifiquem ou refutem o conhecimento científico existente é o grande objetivo dos cientistas.

O caráter provisório dos princípios, regras, teorias e modelos é um dos aspetos da categoria *Conhecimento do estatuto da ciência e do conhecimento científico* e ajuda a caracterizá-la.

Em suma, no âmbito do subdomínio KNoS encontrámos evidências de conhecimento de duas categorias: o *Conhecimento de métodos de investigação científica* e o *Conhecimento do estatuto da ciência e do conhecimento científico*. As categorias deste subdomínio encontram-se esquematizadas na figura 25.

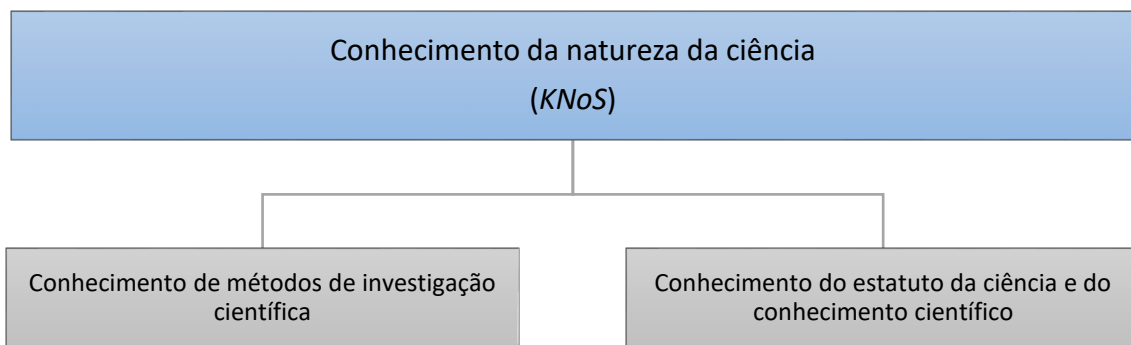


Figura 25 - Conhecimento mobilizado pela professora Ana no âmbito do subdomínio KNoS.

Finalizada a análise do conhecimento desta professora relativamente ao domínio do *Conhecimento da Biologia*, importa concluir que revelou conhecimento relativamente ao *Conhecimento dos temas da biologia* e ao *Conhecimento da Natureza da Biologia*, com maior prevalência do primeiro sobre o segundo subdomínio. Observa-se, na figura 26, que o número de evidências do *Conhecimento dos temas da biologia (KoBT)* foi cerca de cinco vezes superior ao número de evidências do *Conhecimento da natureza da ciência (KNoS)*, sendo que foram 58 as evidências encontradas no KoBT e 11 as encontradas no KNoS. Os círculos na figura 26 foram desenhados associando, proporcionalmente, o número de referências à área do círculo.

Não foram observadas ou analisadas evidências de conhecimento referente ao subdomínio do *Conhecimento da estrutura da biologia*. Este vazio pode dever-se ao facto de não ter sido mobilizado pela professora ou não ter sido observado por nós.

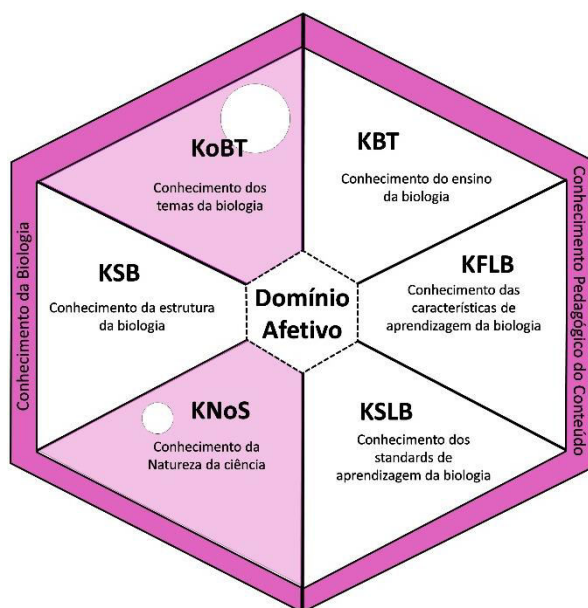


Figura 26 - Conhecimento mobilizado pela professora Ana no âmbito do Domínio do *Conhecimento da Biologia*.

A atenção seguiu no sentido de detetar conhecimento no âmbito do domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo*. Em particular na busca de evidências do seu conhecimento sobre o ensino deste tópico da biologia: subdomínio do Conhecimento do ensino da biologia.

A professora esteve confortável na opção da escolha das atividades práticas como uma estratégia para o ensino ([KBT01], [KBT4], [KBT5], [KBT6], [KBT7], [KBT8], [KBT9], [KBT10], [KBT11], [KBT14], [KBT16], [KBT17], [KBT18], [KBT19], [KBT20], [KBT23], [KBT28] e [KBT39]). Recorreu às atividades práticas para que os alunos observassem e agrupassem sementes (aula 1, anexo II, pág. 34), para que observassem o comportamento das sementes em água (aulas 1, 2 e 3, anexo II, págs 34, 68 e 89, respetivamente), que reconhecessem a água e temperatura como fatores que influenciam a germinação da semente (aulas 4, 5, 6 e 7, anexo II, págs. 110, 140, 160, 168, respetivamente), para que observassem as partes que constituem a semente (aula 3, anexo II, pág. 89) e para o reconhecimento da reprodução por estaca (aulas 4, 5, 7 e 8, anexo II, págs. 110, 140, 168, 190, respetivamente). Ao longo destas aulas reviu procedimentos ([KBT37] e [KBT40]), orientou de perto os momentos de observação ([KBT12], [KBT24], [KBT25], [KBT27], [KBT29], [KBT30], [KBT31], [KBT32], [KBT41] e [KBT44]), proporcionou momentos de registo ([KBT26]) e momentos de conclusão e resposta às questões-problema ([KBT13], [KBT33], [KBT38], [KBT42], [KBT43], [KBT45] e [KBT46]). Recordou as observações e conclusões feitas em momentos anteriores ([KBT35] e [KBT36]). Por todas estas evidências reveladas e pela forma

como conduziu os alunos ao longo do desenvolvimento das questões-problema, pode referir-se que conhece os ciclos de aprendizagem. Mas também revelou saber que a resposta às questões-problema pode ser alcançada através da pesquisa ([KBT3]) ou pode recorrer à realização de pesquisa como estratégia de ensino ([KBT47]). O conhecimento referido encontra-se no âmbito de uma categoria apenas: *Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia*, e os códigos apresentados apresentam-se descodificados no quadro 17, que se segue. A cor do código serve para distinguir estes, bem como as respetivas unidades de significado, dos que vêm depois, referentes a outra categoria deste subdomínio.

Código	Unidade de Significado
[KBT1]	Conhece que a resolução de problemas como estratégia de ensino.
[KBT3]	Conhece que a resposta à questão-problema pode ser alcançada através de uma pesquisa.
[KBT4]	Conhece as atividades práticas como estratégia de ensino.
[KBT5]	Conhece o trabalho experimental como estratégia de ensino.
[KBT6]	Conhece as atividades práticas como estratégia de ensino.
[KBT7]	Conhece as atividades práticas como estratégia de ensino.
[KBT8]	Conhece as atividades práticas como estratégias de ensino.
[KBT9]	Conhece a realização de atividades experimentais como estratégia de ensino.
[KBT10]	Conhece a atividade experimental como estratégias de ensino.
[KBT11]	Conhece a atividade experimental como estratégia de ensino.
[KBT12]	Conhece como orientar os alunos na observação das sementes.
[KBT13]	Conhece como orientar os alunos para concluir a partir da realização da atividade experimental.
[KBT14]	Conhece que através da atividade prática os alunos compreendem a constituição da semente.
[KBT16]	Conhece a atividade prática como estratégias de ensino.
[KBT17]	Conhece que através da atividade experimental os alunos aprendem as condições de germinação da semente de feijão.
[KBT18]	Conhece que a atividade prática é uma estratégia de aprendizagem da reprodução por estaca.
[KBT19]	Conhece a atividade prática como estratégia de aprendizagem da reprodução por estaca.
[KBT20]	Conhece a atividade prática como estratégia de ensino da reprodução por estaca através da uma atividade prática.
[KBT22]	Conhece como aproximar o conteúdo às vivências dos alunos.
[KBT23]	Conhece a atividade experimental como estratégia de ensino.
[KBT24]	Conhece como orientar a observação dos alunos no sentido da descoberta a realizar.
[KBT25]	Conhece como orientar a observação dos alunos no sentido de verificarem a alteração do aspeto da semente.
[KBT26]	Conhece como orientar o registo dos alunos certificando-se que observam a modificação na semente.
[KBT27]	Conhece como orientar a observação da alteração do aspeto das sementes.
[KBT28]	Conhece a atividade prática como estratégia de ensino da reprodução por estaca
[KBT29]	Conhece como orientar a atenção dos alunos para a observação.

[KBT30]	Conhece como orientar a atenção dos alunos no sentido de observarem as raízes que se formaram na base dos caules.
[KBT31]	Conhece a forma de orientar a observação, por parte dos alunos, das raízes que se formaram na base dos caules.
[KBT32]	Conhece a forma de orientar a atenção dos alunos no sentido de observarem as raízes que se formaram na base dos caules.
[KBT33]	Conhece como formalizar a conclusão da atividade prática da reprodução por estaca.
[KBT35]	Conhece a necessidade de recordar o resultado da atividade prática realizada anteriormente.
[KBT36]	Conhece a necessidade de recordar as fases de germinação da semente.
[KBT37]	Conhece como rever com os alunos os procedimentos realizados e realizar os registros.
[KBT38]	Conhece como elaborar a resposta à questão problema.
[KBT39]	Conhece a atividade prática como estratégia de ensino.
[KBT40]	Conhece a necessidade de rever oralmente com os alunos as condições da atividade.
[KBT41]	Conhece como orientar a observação dos alunos no sentido de verificarem as mudanças nas sementes germinadas.
[KBT42]	Conhece como conduzir os alunos na elaboração das conclusões da atividade.
[KBT43]	Conhece como orientar os alunos na elaboração das conclusões da atividade.
[KBT44]	Conhece como orientar os alunos na observação dos caules e aspeto geral da planta.
[KBT45]	Conhece como deve elaborar a resposta à questão-problema, com os alunos.
[KBT46]	Conhece como elaborar a conclusão para o problema definido.
[KBT47]	Conhece que as pesquisas e os trabalhos de grupo constituem uma estratégia de ensino na disciplina de estudo do meio.

Quadro 17 - Código e respetiva unidade de significado de evidências de conhecimento relativo ao subdomínio KBT, categoria *Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia*.

Apresentam-se os excertos que melhor ilustram o conhecimento em referência. Esta primeira passagem foi retirada da aula 3 (anexo II, pág. 104):

P: Basta nós dizermos o que é que concluímos: As sementes aumentam de tamanho, absorvem água. E é por isso também que o nível da água baixou. Se eu... Nós não nos lembramos de fazer um risquinho no nível da água para vocês verem que o nível da água tinha descido um bocadinho. Mas ontem, lembro-me que vocês disseram: Professora, agora tem menos água. Alguns de vocês comentaram isso. Não se lembram? Alguns disseram: Professora, agora tem menos água. Vamos pôr mais. Mas não pusemos. É só para vocês observarem isso. Pronto. Está experiência agora está concluída. Nós fizemos a conclusão. Terminou. Vocês aprenderam que quando as sementes estão em na presença de água, quando estão na água, elas aumentam de tamanho... [U62]

O conhecimento mobilizado diz respeito ao uso da atividade experimental como recurso de ensino ([KBT13]). Realizada a última observação, os alunos elaboraram a conclusão e

construíram o seu conceito relativamente ao comportamento das sementes em água. Este excerto revela o seu conhecimento sobre os ciclos de aprendizagem. Com esta conclusão fica aberto o caminho para uma nova atividade com uma nova questão problema. A prova disso é apresentada de seguida com o excerto registado com a unidade de contexto [U63] retirado da transcrição da mesma aula, umas linhas mais à frente:

P: Vamos colocar outra Questão-problema e vamos... Quando elas estão mais pequenas e estão muito secas, nós não as conseguimos abrir com facilidade e a pele não vai sair toda. Agora que estão demolhadas, mais facilmente vamos conseguir ver o que é que está lá dentro. [U63]

A professora estabeleceu uma relação entre duas atividades práticas. A primeira de cariz experimental na qual os alunos estudaram o comportamento das sementes em água e agora uma atividade prática na qual os alunos irão estudar a composição das sementes ([KBT14]).

A professora Ana conhece os ciclos de aprendizagem como estratégia de ensino e recorreu ao desenvolvimento de cinco atividades práticas durante o estudo da unidade da Reprodução das Plantas. Assumiu que a partir da resposta às questões-problema os alunos aprendem ([KBT1]) mas também reconheceu outras estratégias como as pesquisas e trabalhos de grupo ([KBT3] e [KBT47]). Apresenta-se o excerto [U94] retirado da entrevista 1 (anexo I, pág. 5) que evidencia o conhecimento da professora precisamente sobre os trabalhos de grupo e pesquisas como estratégia de ensino ([KBT47]): “E: (...) Normalmente nos trabalhos de grupo, em estudo do meio, fazemos mais pesquisas sobre algumas coisas e fazemos trabalhos de grupo. E juntamo-nos assim [com as mesas em pequenos grupos].”. Este conhecimento integra, como já foi referido, a categoria *Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividade para o ensino de um conteúdo da biologia*.

Ao longo destas atividades, a professora revelou conhecimento de recursos válidos e complementares ao desenvolvimento da própria atividade. Conhece o dicionário ([KBT2]), a lupa manual ([KBT15]) e o livro escolar ([KBT34]) como recursos materiais e a analogia como recurso linguístico ([KBT21]). O quadro 18 ajuda na compreensão dos códigos apresentados.

Os excertos que se apresentam se seguida comprovam e ilustram este novo conhecimento ao qual foi feita referência.

Código	Unidade de Significado
[KBT2]	Conhece o dicionário como um recurso material no complemento à definição de semente.
[KBT15]	Conhece que a lupa é um instrumento facilitador da observação do interior da semente.
[KBT21]	Conhece a analogia que compara a seiva da planta ao sangue dos animais.
[KBT34]	Conhece como comparar os resultados da atividade experimental com as fases de desenvolvimento da semente exemplificadas no manual.

Quadro 18 - Código e respetiva unidade de significado de evidências de conhecimento relativo ao subdomínio KBT, categoria *Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia*.

A professora Ana proporcionou aos alunos observação do interior da semente e dos órgãos que a compõem, atividade e conhecimento já referido neste relatório com o excerto [U63]. Mas nesta atividade revelou também o seu conhecimento sobre outro aspeto: conhecimento sobre os recursos ([KBT15]). Este excerto foi retirado da aula 3 (anexo II, pág. 105).

P: (...) Vou dar-vos uma lupa para vocês conseguirem ver melhor, vou dar-vos um guião. E este guião tem aqui uma semente que já está aberta. Antes de eu vos dar isto vou-vos explicar aqui no quadro interativo para se ver melhor. E cada uma das partes da semente tem um nome que nós também vamos aprender qual é. [U64]

Conhece o potencial da lupa como instrumento de observação e acompanha essa observação com uma imagem de uma semente aberta (da classe Dicotiledónea) no quadro interativo. Garantiu, assim, que os alunos reconheceram, na observação à lupa, os órgãos ilustrados um a um.

Ao longo da observação das aulas desta professora foi possível anotar ainda outro tipo de conhecimento no âmbito deste subdomínio. A professora explicou o que é a seiva das plantas comparando-a com o sangue que corre no corpo dos animais. Fez uma analogia. Ao recorrer ao uso da analogia que associa a seiva da planta ao sangue dos animais facilitou a compreensão do conteúdo seiva e tornou-o mais acessível aos alunos ([KBT21]). Apresenta-se o excerto em questão e que foi retirado da aula 4 (anexo II, pág. 140): “P: Nesta vocês têm de ter cuidado com a seiva. A seiva é o sangue que corre na planta.” [U69]. Apesar de não ser um conteúdo diretamente relacionado com a reprodução das plantas foi necessário introduzi-lo no momento em que foram cortados os caules para trabalhar a reprodução assexuada por estaca.

Assim, relativamente a este subdomínio, a professora Ana evidenciou conhecimento integrado em duas categorias: *Conhecimento de ciclos de aprendizagem, de técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia* e *Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia*, figura 27.

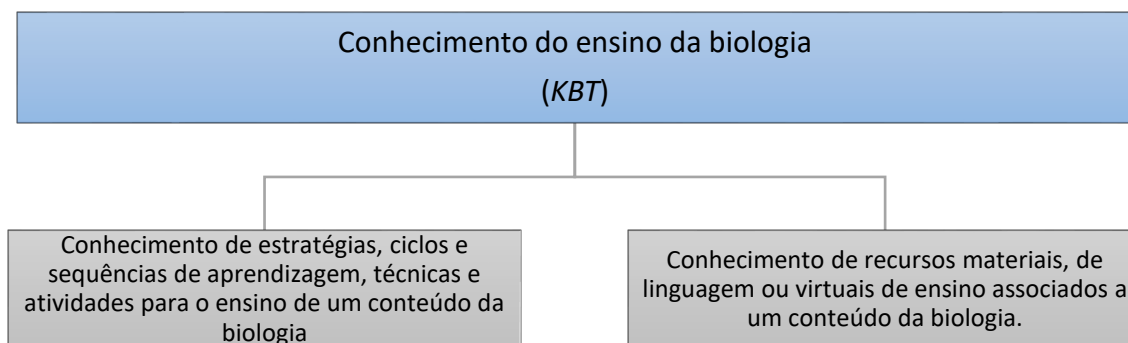


Figura 27 - Conhecimento mobilizado pela professora Ana no âmbito do subdomínio KBT.

Relativamente ao subdomínio do *Conhecimento das características de aprendizagem da biologia*, observaram-se algumas evidências relativamente à categoria *Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia*, nomeadamente através apresentação de exemplos familiares dos alunos, ou seja, que estes reconhecem facilmente ([KFLB1] e [KFLB2]) e no que diz respeito ao conhecimento de algumas ideias prévias dos alunos: [KFLB3] e [KFLB4]. O quadro 19 esclarece quanto ao significado dos códigos apresentados. A ausência de cor tem a ver com o facto desta categoria ser única categoria no subdomínio.

Código	Unidade de Significado
[KFLB1]	Conhece que os alunos identificam facilmente as sementes da abóbora.
[KFLB2]	Conhece os alunos reconhecem os pinheiros.
[KFLB3]	Conhece que os alunos têm conhecimentos prévios nomeadamente que as sementes germinam na presença de água.
[KFLB4]	Conhece que os alunos têm a conceção de que a semente não é um ser vivo.

Quadro 19 - Código e respetiva unidade de significado de evidências de conhecimento relativo ao subdomínio KFLB, categoria *Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia*.

As passagens correspondem às evidências das unidades de significado codificadas com [KFLB3] e [KFLB4], respetivamente as unidades de contexto [U99] e [U100]. Foram recolhidas na aula 4 (anexo II, pág. 119) e entrevista 1 (anexo I, pág. 7), respetivamente, e apresentam-se de seguida.

P: Então, esta experiência vamos fazê-la, mas se calhar vocês já estão a saber a conclusão que havemos de fazer. Pronto. Mas, de toda a maneira, sabem, se estes feijões que vamos agora colocar aqui nos frascos germinarem, nós vamos usá-los para fazer uma experiência mais tarde. Por isso, vamos confirmar se realmente as plantas precisam de água, as sementes. E se elas germinarem, vamos usá-las para outra experiência mais tarde, daqui a umas três, quatro semanas. Se os feijões germinarem e ficarem assim um bocadinho crescidos havemos de fazer mais experiências. Então, para isto nós necessitamos... Vou distribuir aqui o guião. [U99]

E: Estou a tentar lembrar-me mas... Eu depois vou lembrar-me... Pensam que a semente é um coisa. Não têm bem a noção que tem vida e depois vai germinar e vai-se tornar uma planta... [U100]

Na primeira passagem a professora reconheceu que pudessem haver alunos que já soubessem que a semente iria germinar na presença de água. Não se trata de uma conceção alternativa que se considera afastada ou bastante afastada do conhecimento escolar. Trata-se de uma ideia prévia ou anterior ao ensino formal do fenómeno ([KFLB3]). Na segunda passagem ([U100]) a professora partilhou o seu conhecimento relativamente à conceção que os alunos têm de semente. Declarou que os alunos pensam na semente como «uma coisa» e inferiu, por isso, que não reconhecem a semente como um ser vivo, reconhecendo que se trata de uma conceção alternativa ([KFLB4]).

Estas evidências estão integradas dentro da mesma categoria, à semelhança do que acontece no modelo MTSK: Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo matemático, figura 28. Deste modo esta categoria inclui o conhecimento relativamente a conteúdos que os alunos compreendem com maior facilidade e os outros, dos quais têm ideias prévias, e que muitas vezes são mais difíceis de compreender.

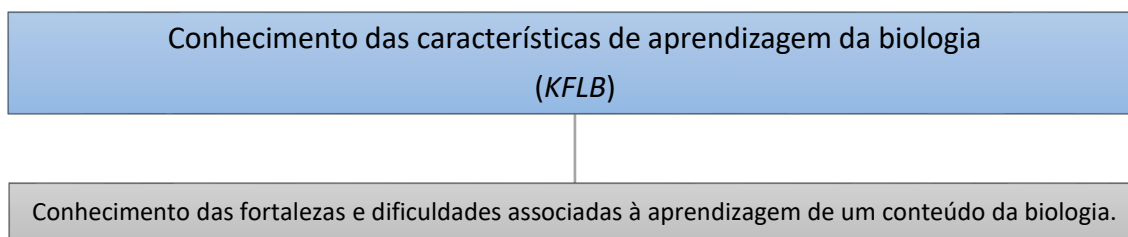


Figura 28 - Conhecimento mobilizado pela professora Ana no âmbito do subdomínio *KFLB*.

Esta professora de 1º ciclo tem o conhecimento de que o programa curricular da disciplina de Estudo do Meio sofreu alterações. Esta revelação surge no decorrer da entrevista 1 (anexo I, pág. 5): “E: Foi dada mais ênfase à realização das experiências, mas não tenho aprofundado muito.” [U101]. Essas alterações são consistentes com o estímulo dado pelo ministério, aos professores, para que seja aumentado o número de atividades experimentais e que essas sejam fomentadas em sala de aula. A professora tem conhecimento dessa alteração ([KBSL1]). Este conhecimento relativo aos programas e novas instruções do ministério está integrado num outro subdomínio do *BTSK* designado por *Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia*, em particular na categoria Conhecimento das expectativas de aprendizagem de um conteúdo (categoria transposta do *MSTK*).

Esta categoria foi a única identificada no âmbito do conhecimento da professora Ana neste subdomínio, figura 29. Integra o conhecimento relativamente ao que é esperado que os alunos aprendam ou façam num determinado momento escolar (Flores-Medrano, *et al.*, 2016).

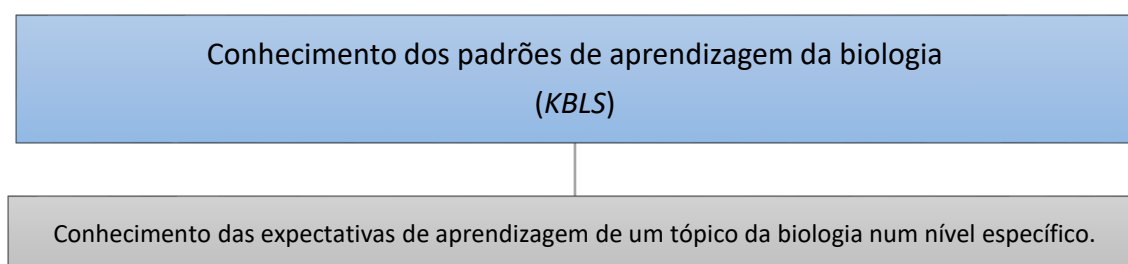


Figura 29 - Conhecimento mobilizado pela professora Ana no âmbito do subdomínio *KBLS*.

O conhecimento mobilizado pela professora Ana é predominantemente enquadrado no âmbito do subdomínio do Conhecimento do ensino da biologia. Na figura 30 observa-se, esquematizado nos círculos brancos, que o subdomínio do *Conhecimento do ensino da biologia* domina em

termos de número de evidências (47). As evidências no âmbito dos subdomínios *KFLB* e *KSLB* são manifestamente inferiores, com 4 e 1 evidência, respetivamente.

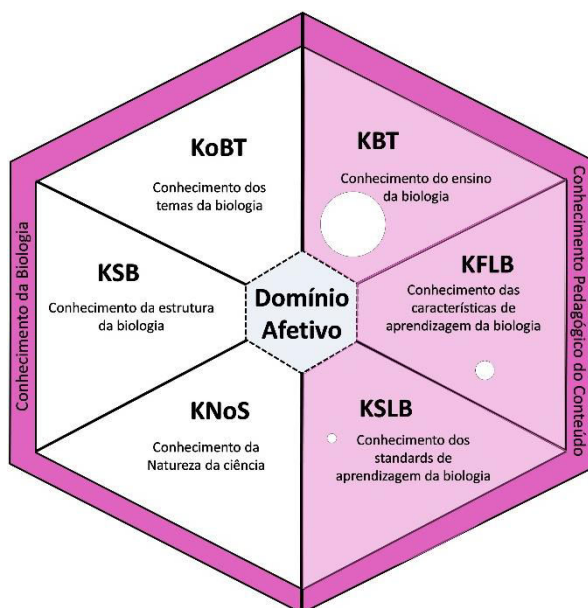


Figura 30 - Conhecimento mobilizado pela professora Ana no âmbito do Domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo*.

A maioria das evidências que se apresentam aqui são as que se consideram ser as mais ilustrativas do tipo de conhecimento que se pretende sublinhar. Constituem evidências de conhecimento racional de natureza cognitiva. Mas, além de evidências do conhecimento objetivo, a professora Ana revelou algum conhecimento implícito, subjetivo e pessoal.

As suas crenças sobre a biologia estão relacionadas com a prática científica, especialmente com os procedimentos realizados ([DC2] e [DC3]) e a forma como acontece o novo conhecimento ([DC4]). O quadro 20 clarifica relativamente às unidades de significado a que correspondem os códigos apresentados.

Código	Unidade de Significado
[DC2]	As descobertas fazem-se a partir da formulação de perguntas.
[DC3]	O trabalho científico depende da observação e do registo.
[DC4]	O conhecimento é descoberto após experiências sucessivas.

Quadro 20 - Código e respetiva unidade de significado de evidências de Crenças ao subdomínio *Crenças sobre a biologia*.

O excerto que se apresenta de seguida foi retirado da aula 1 (anexo II, pág. 68). Esta passagem é extensa, tem muita informação sobre as crenças, mas não pôde ser fragmentada sob pena de se perder o seu todo.

P: E depois tem que fazer várias experiências e fazer vários registos, observações e registos. E às vezes passam-se muitos dias até que se consegue descobrir como é que é. Por exemplo, muitos dos medicamentos que nós temos hoje, muitas das doenças foram descobertas e as curas para essas doenças, os medicamentos para curar essas doenças foram descobertas pelos cientistas fazendo este tipo de perguntas e fazendo experiências. Não foram com sementes. Foram com outro tipo de coisas, muitas vezes é com micróbios, com outros animais e os cientistas vão tentando, tentando, tentando... Tem que fazer muitas experiências até que vão chegar a uma conclusão: descobrir realmente o que é que aconteceu. [U108]

Esta declaração da professora mostra o seu entendimento sobre vários aspetos relacionados com o conhecimento científico e sobre a prática científica. Revela que compreende que o conhecimento em ciências existe e aguarda a descoberta ou a compreensão por parte dos estudiosos quando refere que se fazem observações e registos até que se consegue descobrir o que é realmente ([DC4]). Esta ideia de conhecimento pré-existente à espera de ser descoberto coincide com a visão platónica do conhecimento, presente no trabalho de Carrillo e Contreras (1995) e de Carrillo (1998). Para estes autores é uma crença sobre a matemática compreender esta ciência como um corpo de conhecimentos universal, absoluto e livre de valores que existe à partida. Coincide igualmente com as ideias mais comuns entre a comunidade científica nos séculos XVI e XVII de que a observação era a base do trabalho científico (Freitas, 2004).

A leitura deste excerto permite ainda destacar a ideia de que crenças e conhecimento podem coexistir sem conflito (Santos, *et al.*, 1997). A professora crê que, para fazer uma descoberta, os cientistas precisam de fazer experiências ([DC4]). Mas simultaneamente, como já foi exposto neste relatório, revela o conhecimento de que através da contagem dos anéis do tronco de uma árvore é possível saber a sua idade ([KNoS6]). A sua ideia face à forma como se descobre em ciências não se sobrepõe ao conhecimento que tem e o contrário também não se observa.

Sobre o método usado pelos cientistas para fazerem as suas descobertas, a professora destaca a observação como exercício principal, apoiada nos registos sistemáticos ([DC3]). Mas também vai ao encontro das ideias dos filósofos contemporâneos Popper (2000) que defende que a formulação do problema é ponto de partida para as novas investigações O excerto anterior dá

essa ideia, mas esta passagem que se apresenta agora torna-a mais clara. Foi recolhido da transcrição da mesma aula.

P: ... para descobrir. Formulam uma questão, como a tua mãe. Formulam uma questão, pensam na questão. “O que é que eu quero descobrir? Quero descobrir como...” E cada um faz a sua pergunta. [U107]

Seguindo as palavras da professora, para descobrir é preciso definir uma questão ou identificar um problema ([DC2]).

Também sobre esta questão se observa alguma contradição entre conhecimento e crença. Porém ambos coexistem sem conflito. Por um lado, acredita na formulação de perguntas como gatilho espoletador das investigações, e por outro reconhece que as descobertas podem acontecer sem que haja uma intensão. Esta evidência foi registada no âmbito do seu conhecimento sobre a natureza da ciência. Foi identificada quando referiu que conhece que através de expedições ao ambiente natural, os cientistas fazem descobertas quase ao acaso ([KNoS4]).

Prosseguindo na análise das crenças desta professora, relativamente aos restantes aspetos do *BTSK*, surge evidências das suas crenças sobre o ensino e a aprendizagem, nomeadamente como aprendem ([DC1] e [DC5]) e as razões subjacentes à escolha das atividades experimentais como estratégias de ensino ([DC6] e [DC7]). O quadro 21 complementa a informação relativa aos códigos apresentados.

Código	Unidade de Significado
[DC1]	Os alunos quando estão atentos olham na direção do quadro e do professor.
[DC5]	As aprendizagens em ciências acontecem pela troca de experiências.
[DC6]	O ensino através das atividades práticas é uma alternativa ao ensino tradicional, expositivo, realizado a partir do manual.
[DC7]	As atividades experimentais são atividades mais interessantes para os alunos.

Quadro 21 - Código e respetiva unidade de significado de evidências de Crenças ao subdomínio *Crenças sobre o ensino e aprendizagem da biologia*.

De acordo com a professora existe uma relação direta entre o olhar dos alunos na sua direção ou na direção do quadro e a atenção com que estão à aula [DC1]. O excerto que se apresenta foi recolhido na aula 1 (anexo II, pág. 47; [DC1]) e fundamenta o que se refere: “P: Não devia pois não, Hugo? E depois não presta atenção. À medida que forem terminando vão olhando aqui para o quadro interativo.” ([U105]).

Esta evidência posiciona a professora Ana na Perspetiva de Ensino por Transmissão, de Cachapuz, *et al.* (2000) pois revela que a professora espera que este aluno acompanhe a exposição dos conteúdos que está a desenvolver. Nesta perspetiva de ensino o processo é completamente centrado no professor e o que se espera dos alunos é que memorizem o que lhes é transmitido. No entanto, pela observação do conjunto de aulas desta professora, não é esta a sua posição dominante. Na grande maioria do tempo letivo, a postura desta professora face ao ensino e à aprendizagem coincide com a Perspetiva de Ensino por Descoberta, do mesmo autor. Observa-se que a professora assume a organização de todas as situações de aprendizagem a partir das quais direciona os alunos a fazer descobertas como se de cientistas se tratassem. Os alunos fazem as observações e aprendem os conteúdos previstos a partir das observações que fazem (Cachapuz, *et al.*, 2000).

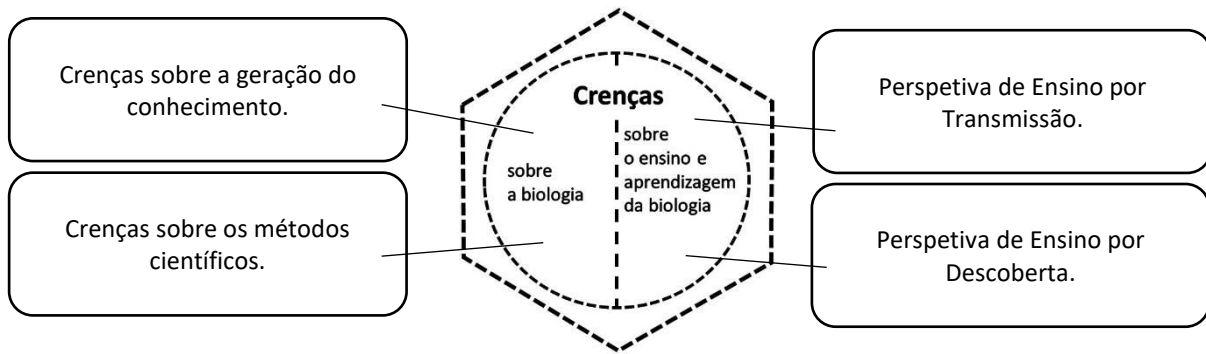


Figura 31 - Crenças da professora Ana evidenciadas durante o ensino do tema da Reprodução das Plantas.

A professora revelou crenças relativamente à biologia e ao ensino e à aprendizagem como se observa na figura 31. A partir das evidências recolhidas foi possível caracterizar duas categorias de crenças sobre a biologia e duas categorias sobre o ensino e aprendizagem da biologia.

A professora Ana evidenciou conhecimento de todos os subdomínios, à exceção do subdomínio do *Conhecimento da estrutura da biologia (KSB)*. Observou-se maior número de evidências de conhecimento no âmbito dos Subdomínios do *Conhecimento dos temas da biologia (KoBT)* e *Conhecimento do ensino da biologia (KBT)*. Foi no subdomínio do *Conhecimento dos temas da biologia* que foram identificadas maior número de categorias. Na figura 32 apresentam-se as categorias do conhecimento mobilizado pela professora em cinco subdomínios do *BTSK*.

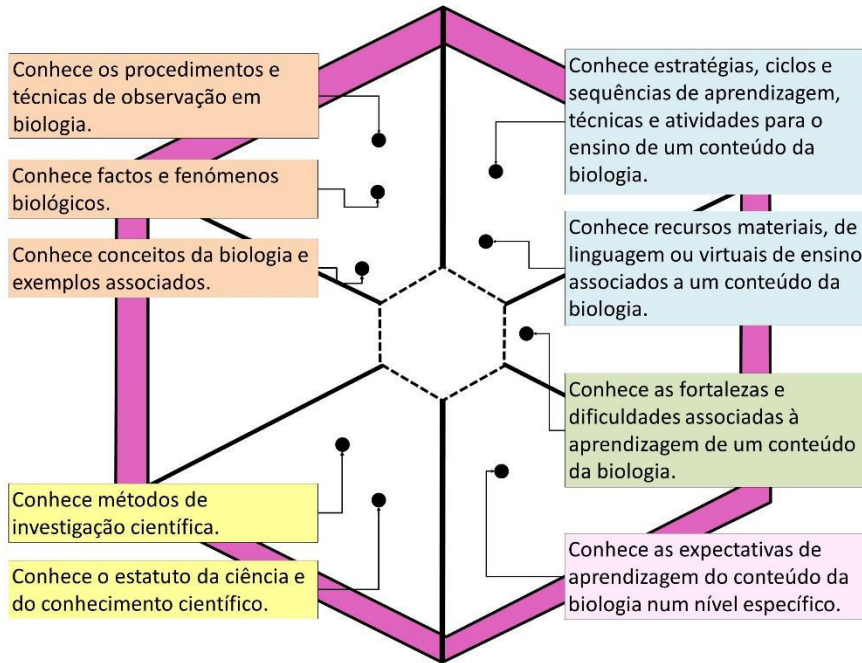


Figura 32 – Categorias identificadas no decorrer do ensino da unidade Reprodução das Plantas, pela professora Ana.

No âmbito do *Conhecimento dos temas da biologia*, a professora revelou conhecer os procedimentos e técnicas de observação em biologia, nomeadamente pelo conhecimento sobre o desenvolvimento das atividades experimentais e do uso da lupa manual. Conhece os factos e fenómenos biológicos pelas evidências de conhecimento sobre o facto de existirem plantas com e sem flor e dos fenómenos de germinação e geotropismo positivo da raiz. Revelou também conhecimento no âmbito de *Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados*, nomeadamente de conceitos relacionados com os órgãos da semente ou da constituição do embrião e os exemplos de plantas com e sem flor.

No âmbito do *Conhecimento da natureza da ciência*, a professora mostrou conhecer métodos de investigação científica nomeadamente pelo seu conhecimento sobre as descobertas científicas que são realizadas no terreno e quando revela conhecer a necessidade do conhecimento descoberto para as novas investigações; e *conhecimento do estatuto da ciência e do conhecimento científico* quando revela saber que o conhecimento está em constante atualização.

No âmbito do subdomínio do Conhecimento do ensino da biologia a professora mostrou o seu *conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o*

ensino de um conceito da biologia pois conhece as atividades práticas como estratégias de ensino e sabe como relacionar as fases da atividade com as representações do manual. Conhece também recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia, nomeadamente pelo uso da analogia e da lupa manual.

No âmbito do subdomínio do *Conhecimento das características de aprendizagem de biologia*, a professora conhece as fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem deste conteúdo da biologia, nomeadamente por saber que os alunos tendem a não reconhecer a semente como viva.

No âmbito do subdomínio do *Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia*, a professora conhece as expectativas de aprendizagem do conteúdo da biologia num nível específico. A evidência é o seu conhecimento sobre o programa da disciplina e as suas alterações que estimulam à realização de atividades de carácter prático.

O conhecimento mobilizado por esta professora, apesar de se apresentar aqui fragmentado nos vários subdomínios do modelo do conhecimento é uma rede de conhecimentos que culminam e ganham corpo com a sua prática letiva. A figura 33 torna visual esta relação entre os vários domínios que se descreve seguidamente. Estas relações entre subdomínios são estabelecidas quando a professora revela conhecimento que se integra nesses domínios simultaneamente. Ainda que não sido objetivo deste trabalho estabelecer um entendimento aprofundado como essas relações existem e de que forma a professora manipula esse conhecimento de um e de outro subdomínio, estas ligações destacam-se por si mesmas. As setas presentes na figura pretendem representar as opções ou ações da professora que estabelecem essa ligação.

O seu conhecimento do programa e diretrizes do ministério relativamente ao incentivo para a realização de atividades experimentais, integrado no subdomínio do *Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia*, influencia e é influenciado pela opção de realizar tão grande número de atividades práticas (*KBT-KBLS* e *KoBT-KBLS*). De facto, a professora organizou toda a unidade em torno das atividades práticas e isso revelou o seu conhecimento não só sobre as estratégias específicas do ensino da biologia, nomeadamente os ciclos de aprendizagem, mas também dos recursos disponíveis e válidos para a sua situação em particular, pondo em relevo o seu *Conhecimento do ensino da biologia* (*KoBT-KBT*). O conhecimento que revelou relativamente ao tema permitiu-lhe identificar as concepções alternativas dos alunos e trabalhar sobre elas nas suas aulas (*KoBT-KFLB* e *KBT-KFLB*) mas também perceber a sua relevância no âmbito do programa curricular da disciplina (*KBLS-KFLB*).

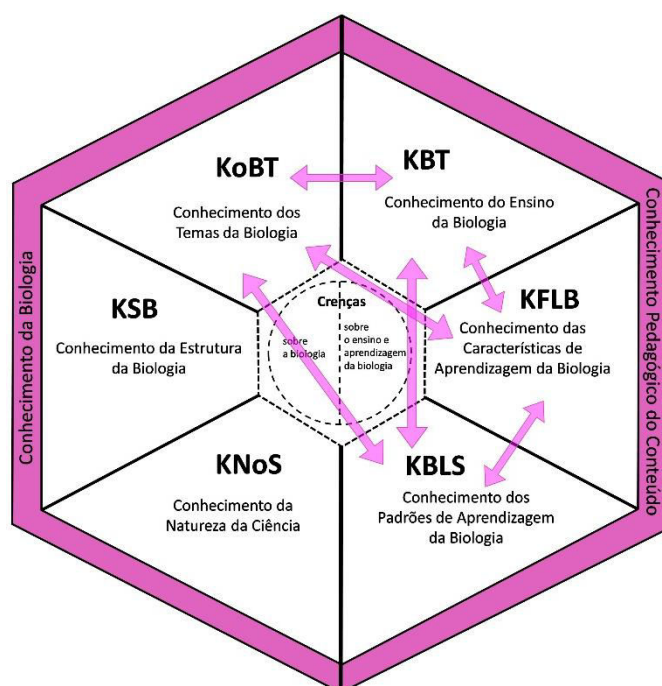


Figura 33 - Relações entre o conhecimento dos diferentes subdomínios: *KoBT*, *KBT*, *KFLB* e *BSLB*.

2.2. Relatório de Caso da professora Beatriz

A professora Beatriz é docente de 2^o CEB. O ensino da unidade da Reprodução das Plantas aconteceu ao longo de seis aulas: três aulas de 45 minutos e outras tantas de 90 minutos. O ensino foi essencialmente transmissivo de acordo com as Perspetivas de Ensino da Cachapuz, *et al.* (2000) ou tradicional, se se considerarem as Tendências Didáticas de Carrillo e Contreras (1995) e Carrillo (1998). Porém, verificaram-se também, pontualmente, atividades de caráter prático (Hodson, 1998), como a observação de corte de anteras ao microscópio ou observação, a olho nu, de grãos de pólen e soros de uma folha de feto. Pode observar-se também um episódio de ensino por descoberta (Cachapuz, *et al.*, 2000) que se revela juntamente com as crenças sobre o ensino, na parte final deste relatório.

No âmbito do subdomínio do *Conhecimento dos temas da biologia*, a professora Beatriz revela conhecer um largo conhecimento de conceitos da biologia, bem como dos termos e das definições associadas, conhecimento esse integrado na categoria *Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados*. Conhece a definição de flor e órgãos que a constituem ([KoBT60], [KoBT62], [KoBT63], [KoBT65], [KoBT66], [KoBT67], [KoBT68], [KoBT69], [KoBT74],

[KoBT75], [KoBT76], [KoBT77], [KoBT78], [KoBT101]), conhece e distingue flores hermafroditas de flores unissexuais ([KoBT70] e [KoBT71]), conhece que a reprodução sexuada implica o envolvimento dos órgãos sexuais ([KoBT64] e [KoBT154]), sabe em que consiste a polinização e como pode ocorrer ([KoBT83], [KoBT84], [KoBT85], [KoBT86], [KoBT87], [KoBT88], [KoBT91], [KoBT94] e [KoBT95]), conhece o conceito da interdependência das espécies ([KoBT89]) e que os grãos de pólen são diferentes de flor para flor ([KoBT90]), conhece o processo de fecundação do óvulo da flor ([KoBT97], [KoBT100], [KoBT104] e [KoBT109]), conhece a constituição da semente ([KoBT107], [KoBT108], [KoBT113], [KoBT114], [KoBT130], [KoBT131] e [KoBT132]), conhece os termos associados aos frutos e como são constituídos ([KoBT116], [KoBT117], [KoBT118], [KoBT120], [KoBT121], [KoBT123], [KoBT124], [KoBT128] e [KoBT129]), associação o termo germinação à germinação da semente ([KoBT140]) e sabe conceitos associados à reprodução das plantas sem flor ([KoBT144], [KoBT145], [KoBT158], [KoBT165] e [KoBT166]). O quadro 22 apresenta o significado dos códigos apresentados.

Código	Unidade de Significado
[KoBT60]	Conhece que a flor é constituída por órgãos de suporte, proteção e reprodução.
[KoBT62]	Conhece o gineceu como o conjunto de carpelos.
[KoBT63]	Conhece a definição de flor completa.
[KoBT64]	Conhece que a reprodução sexuada implica o envolvimento dos órgãos sexuais.
[KoBT65]	Conhece que os órgãos da flor são o carpelo e o estame.
[KoBT66]	Conhece o estame como o órgão masculino da flor.
[KoBT67]	Conhece o carpelo como o órgão feminino da flor.
[KoBT68]	Conhece o androceu como o conjunto de estames e o gineceu como o conjunto dos carpelos.
[KoBT69]	Conhece que os grãos de pólen têm origem nas anteras.
[KoBT70]	Conhece a definição de flores hermafroditas.
[KoBT71]	Conhece as designações atribuídas a flores com dois sexos e um sexo apenas: hermafrodita e unissexual, respetivamente.
[KoBT74]	Conhece que ao conjunto das sépalas se dá o nome de cálice.
[KoBT75]	Conhece que as pétalas e as sépalas são os órgãos de proteção da flor.
[KoBT76]	Conhece a definição de corola e de cálice.
[KoBT77]	Conhece os órgãos de flor: suporte, proteção e reprodução.
[KoBT78]	Conhece as partes que compõem os estames e os carpelos.
[KoBT83]	Conhece as definições de polinização direta, indireta e cruzada
[KoBT84]	Conhece a definição de polinização.
[KoBT85]	Conhece a definição de polinização cruzada.
[KoBT86]	Conhece a definição de polinização direta e indireta.
[KoBT87]	Conhece que quando a polinização ocorre na mesma flor pode designar-se como autopolinização ou polinização direta.
[KoBT88]	Conhece a definição de polinização cruzada.
[KoBT89]	Conhece o conceito de interdependência das espécies.
[KoBT90]	Conhece que os grãos de pólen são diferentes e característicos das flores.

[KoBT91]	Conhece o conceito de polinização artificial.
[KoBT94]	Conhece o conceito de polinização indireta.
[KoBT95]	Conhece o conceito de polinização cruzada.
[KoBT97]	Conhece o conceito de fecundação.
[KoBT100]	Conhece a definição da fecundação.
[KoBT101]	Conhece que o carpelo é o órgão sexual feminino.
[KoBT104]	Conhece o termo oosfera.
[KoBT107]	Conhece como é constituída a semente.
[KoBT108]	Conhece que os cotilédones têm substâncias de reserva.
[KoBT109]	Conhece a estrutura do óvulo.
[KoBT113]	Conhece que a casca do feijão é designada por tegumento.
[KoBT114]	Conhece os três órgãos que constituem a semente
[KoBT116]	Conhece que a variação no engrossamento do pericarpo distingue os frutos secos dos carnosos.
[KoBT117]	Conhece a definição de frutos múltiplos.
[KoBT118]	Conhece exemplos de frutos múltiplos.
[KoBT120]	Conhece a constituição do fruto.
[KoBT121]	Conhece que a definição de pseudofruto.
[KoBT123]	Conhece que o coco é um fruto seco.
[KoBT124]	Conhece que a banana é um fruto de exceção porque não tem sementes.
[KoBT128]	Conhece as partes em que se divide o pericarpo.
[KoBT129]	Conhece as partes que compõem o pericarpo.
[KoBT130]	Conhece as partes que compõem o embrião.
[KoBT131]	Conhece as partes que compõem o embrião.
[KoBT132]	Conhece que as gémulas correspondem às folhas do embrião.
[KoBT137]	A fotossíntese é realizada apenas pelas folhas.
[KoBT140]	Conhece que a designação “germinação” corresponde à germinação da semente.
[KoBT144]	Conhece os órgãos que constituem o esporângio do musgo.
[KoBT145]	Conhece que o termo coifa é usado para designar a tampa da cápsula do musgo e a extremidade mais rígida das raízes.
[KoBT154]	Conhece que a reprodução sexuada implica envolvimento dos gametas e que a reprodução assexuada não envolve os gametas.
[KoBT158]	Conhece que a designação de esporângio é atribuída ao órgão que produz os esporos.
[KoBT165]	Conhece que a fecundação dos gametas masculino e feminino do feto origina um novo feto.
[KoBT166]	Conhece que as plantas sem flor têm um ciclo reprodutivo com duas fases.

Quadro 22 - Código e respetiva unidade de significado de evidências de conhecimento do subdomínio KoBT, categoria *Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados*.

Apresentam-se dois excertos de aula 1, relevantes pelo conhecimento que exibem. Segue a passagem [U127] (anexo II, p. 204): “P: O que vocês têm que saber agora é: se tiver os dois sexos é completa e chama-se hermafrodita, porque têm os dois sexos, pronto. Se tiver só um sexo é unisexual, ponto.” [U127].

Neste primeiro fragmento é evidenciado o conhecimento que a professora tem sobre a flor, nomeadamente as designações que lhe são atribuídas quando têm os dois sexos ou apenas um. Diz claramente que uma flor hermafrodita é uma planta que tem os dois sexos e que o termo unissexual é usado quando a flor tem apenas um dos órgãos sexuais ([KoBT71]). Conhece os conceitos de flor unissexual e flor hermafrodita, mas não são os únicos conceitos que conhece. A passagem seguinte, registada com a unidade de significado [U134] (anexo II, pág. 136) revela o seu conhecimento sobre o conceito de estame e carpelo:

P: Que é estame todo. Aqui é o filete depois a antera. Temos o carpelo que é constituído por uma abertura... (...) Temos uma abertura que é o estigma, depois temos o estilete, depois temos o ovário e dentro do ovário temos os óvulos. Aqui esta, só tem um. [U134]

Neste segundo excerto, a professora Beatriz discrimina as partes que compõem os órgãos sexuais da flor ([KoBT78]). Pela sua leitura compreende-se que o estame é composto pelo filete e pela antera e que o outro órgão, que não é mencionado, mas que se reconhece como carpelo, é composto pelo estigma, pelo estilete e pelo ovário.

Na próxima passagem ([U139]), retirada da aula 3 (anexo II, pág. 260) pode observar-se o esclarecimento da professora relativamente à polinização ([KoBT83]). A professora faz uma explicação sobre a polinização direta, indireta e cruzada. De acordo com as suas palavras a polinização direta, também designada por autopolinização, acontece com os órgãos da mesma flor. Já a polinização indireta ocorre com flores da mesma planta e a polinização cruzada acontece entre flores de plantas diferentes.

P: Temos o grão de pólen. O grão de pólen ou pode cair directamente nesta flor, não é? E chama-se polinização direta ou autopolinização. Ou então pode ser transportado, e já vamos ver como é que pode ser transportado, até outra flor. E consoante, se for uma flor da mesma planta é polinização indireta se for uma flor de outra planta é polinização cruzada. [U139]

O último excerto, identificado como [U174], retirado da aula 5 (anexo II, pág. 422), esclarece relativamente ao conhecimento da professora sobre o pseudofruto. Quando indica que a maçã é uma exceção no que diz respeito ao modo como se forma o fruto, revela conhecer o conceito de pseudofruto ([KoBT121]). Como explica, os frutos formam-se por engrossamento do ovário e a maçã, uma vez que se forma pelo engrossamento do recetáculo, constitui uma exceção e é por isso designado pelos especialistas como pseudofruto. Eis o excerto em questão: “P: E o

recetáculo vai dar origem ao pericarpo. Aqui para o caso da maçã. A maçã é considerada por alguns, pelos botânicos um pseudofruto.” [U174].

Estas quatro sequências evidenciam o conhecimento da professora Beatriz relativamente à definição de planta hermafrodita e unisexual ([KoBT60]), à definição de estames e carpelos ([KoBT78]), à definição de polinização direta, indireta e cruzada ([KoBT79]) e à definição de pseudofruto ([KoBT121]). No último excerto ([U174]) pode ainda observar-se o uso de um exemplo. A professora indica como exemplo de pseudofruto a maçã, o que enriquece a definição e ajuda a contextualizá-la para os alunos.

As transcrições das aulas desta professora são ricas em definições, as quais se observam, de forma sistemática ao longo do ensino da unidade em estudo. Para além da riqueza no conhecimento dos conceitos revela também conhecimento de exemplos a eles associados. Para além do exemplo de pseudofruto já referido ([KoBT121]), dá exemplos de frutos múltiplos ([KoBT114]) e apresenta a banana como fruto excepcional por não ter sementes ([KoBT120]). Este vasto leque de evidências têm um denominador comum: o *Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados*, que constitui uma das categorias do subdomínio em destaque no momento.

A professora Beatriz revelou também *Conhecimento de factos e fenómenos biológicos*, outra categoria deste mesmo subdomínio, com várias e numerosas evidências. Essas evidências, convertidas em unidades de significado com códigos atribuídos, encontram-se no quadro 23 e podem auxiliar na compreensão mais aprofundada do conhecimentos encontrados. O extrato [U115], retirado da aula 1 (anexo II, pág. 210) que se apresenta, a professora mostra que sabe que, nas plantas com flor, a flor é a estrutura responsável pela reprodução da planta ([KoBT59]): “P: (...) A flor é o órgão de reprodução da planta. Neste grupo de plantas com flor, a flor serve para a planta se reproduzir.” [U115].

Código	Unidade de Significado
[KoBT59]	Conhece que a flor é o órgão reprodutivo das plantas com flor.
[KoBT72]	Conhece que o feto e o musgo são plantas sem flor.
[KoBT73]	Conhece que as plantas sem flor se reproduzem por esporos.
[KoBT81]	Conhece que as aves e os insetos polinizadores estão adaptados à forma estrutural da flor.
[KoBT82]	Conhece a relação simbiótica entre as plantas e os polinizadores (aves e insetos).
[KoBT92]	Conhece que os grãos de pólen variam no seu aspeto.
[KoBT93]	Conhece que as abelhas aglomeram os grãos de pólen no seu transporte.

[KoBT96]	Conhece o fenómeno da germinação do grão de pólen.
[KoBT98]	Conhece o fenómeno da germinação do grão de pólen associado à fecundação do óvulo.
[KoBT99]	Conhece a diferença entre a germinação do grão de pólen e a germinação da semente.
[KoBT102]	Conhece como acontece a germinação do grão de pólen.
[KoBT103]	Conhece como acontece a dupla fecundação do óvulo.
[KoBT105]	Conhece a existência de seis núcleos no ovário entre os quais oosfera.
[KoBT106]	Conhece o fenómeno da dupla fecundação.
[KoBT110]	Conhece que o tubo polínico transporta duas células sexuais masculinas.
[KoBT111]	Conhece que a fecundação da oosfera origina o ovo ou zigoto.
[KoBT112]	Conhece que o desenvolvimento do ovo (ou zigoto) origina o embrião.
[KoBT115]	Conhece que o engrossamento das paredes do ovário da flor forma o pericarpo.
[KoBT119]	Conhece a definição de frutificação.
[KoBT122]	Conhece que a definição de pseudofruto.
[KoBT125]	Conhece que a fecundação dá origem à semente.
[KoBT126]	Conhece que o processo de dispersão das sementes se designa por disseminação.
[KoBT127]	Conhece os agentes de disseminação das sementes.
[KoBT134]	Conhece que a semente precisa de uma quantidade certa de água para germinar.
[KoBT135]	Conhece que enquanto o embrião cresce, os cotilédones diminuem de tamanho.
[KoBT136]	Conhece quando termina a germinação da semente.
[KoBT138]	Conhece que o embrião cresce ao alimentar-se dos cotilédones.
[KoBT139]	Conhece que o embrião cresce ao alimentar-se dos cotilédones.
[KoBT141]	Conhece que no decorrer da germinação os cotilédones são consumidos.
[KoBT142]	Conhece que a reprodução das plantas com flor acontece através da semente.
[KoBT143]	Conhece que as plantas sem flor se reproduzem por esporos.
[KoBT146]	Conhece que cápsula do musgo liberta os esporos.
[KoBT147]	Conhece que no musgo ocorre a reprodução assexuada.
[KoBT148]	Conhece que nas plantas sem flor ocorre a reprodução é assexuada.
[KoBT149]	Conhece que o musgo tem reprodução assexuada e reprodução sexuada.
[KoBT150]	Conhece que a germinação do esporo origina o protonema.
[KoBT151]	Conhece que no protonema surgem duas estruturas diferentes.
[KoBT152]	Conhece o processo de reprodução do musgo.
[KoBT153]	Conhece que no protonema surgem duas estruturas sexuais.
[KoBT155]	Conhece que os musgos e os fetos reproduzem-se sexuada e assexuadamente.
[KoBT156]	Conhece que o protonema origina os gametângios masculino e feminino.
[KoBT157]	Conhece que a reprodução sexuada das plantas sem flor está dependente da água devido aos gâmetas flagelados.
[KoBT159]	Conhece que o esporângio do musgo é a cápsula.
[KoBT160]	Conhece que os esporângios do feto se localizam nos soros.
[KoBT161]	Conhece que os soros surgem no feto na página inferior da folha.
[KoBT162]	Conhece que os soros do feto libertam os esporos.
[KoBT163]	Conhece que os esporos germinam dando origem ao protalo.
[KoBT164]	Conhece que o protalo do feto desenvolve uma estrutura masculina de feminina.
[KoBT167]	Conhece que o gâmeta masculino (no caso das plantas sem flor) precisa de nadar até ao gâmeta feminino.
[KoBT168]	Conhece que as abelhas aglomeram os grãos de pólen durante o transporte.

Quadro 23 - Código e respetiva unidade de significado de evidências de conhecimento do subdomínio KoBT, categoria *Conhecimento de factos e fenómenos biológicos*.

No extrato seguinte, [U128], retirado da aula 1 (anexo II, pág. 127) é claro o seu conhecimento relativamente ao facto de que o feto e o musgo constituem outro grupo de plantas: o grupo das plantas sem flor ([KoBT72]).

P: (...) Alguém se lembra do nome das plantas sem flor que falámos no ano passado?

A: Não.

A: Eu sei, eu sei.

P: Valentim.

A: É o musgo e a...

P: Era o musgo, sim senhora.

A: O feto.

P: O feto, sim senhora. [U128]

Na sequência deste conhecimento de que os fetos e os musgos são plantas sem flor, surge outro. A passagem [U129] revela o conhecimento da professora face às plantas sem flor. Trata-se do conhecimento de que nas plantas sem flor, a reprodução acontece através dos esporos ([KoBT73]). Esta passagem surge na transcrição da aula 1 (anexo II, pág. 229) : “P: As plantas com flor reproduzem-se por...?; A: Por esporos.; P: Essas é sem flor. Sem flor é que é isso.” [U129].

Estas duas sequências ([U128] e [U129]) são exemplos do conhecimento de factos relacionados com o tema da Reprodução das Plantas. É um facto e é do conhecimento desta professora que a flor é o órgão reprodutivo das plantas com flor e que, no caso das plantas sem flor, como são os musgos e os fetos, as plantas reproduzem-se a partir dos esporos. Mas estas não são as únicas evidências. Na mesma aula (aula 1, anexo II, p. 204), a professora Beatriz revelou ainda conhecimento de outros factos. Nomeadamente de que os insetos polinizadores estão adaptados à forma das flores ([KoBT81]); que os polinizadores e as plantas estabelecem uma relação simbiótica ([KoBT82]), ou seja, que se relacionam de forma interdependente com benefício para ambos; que os grãos de pólen variam em aspeto ([KoBT92]) e que as abelhas aglomeram os grãos de pólen durante o seu transporte ([KoBT93]).

Para além do conhecimento dos factos, esta mesma categoria comporta o conhecimento de fenómenos biológicos. Observam-se, ao longo da análise das aulas da professora Beatriz, evidências do seu conhecimento sobre os fenómenos de germinação do grão de pólen, fecundação, frutificação, germinação da semente e disseminação das sementes.

Para ilustrar o conhecimento da professora no âmbito do conhecimento dos fenómenos apresenta-se o fragmento [U152], retirado da aula 3 (anexo II, pág. 282).

P: Chiu! Vamos lá ver o que é que acontece. Quando os grãos de pólen chegam ao estigma, estão a ver? Chegam aqui ao estigma, o próprio estigma tem uma substância pegajosa que pega os grãos de pólen. Eles vão começar a germinar, a germinar, a desenvolver, a crescer. Forma, a que se chama, o tubo polínico, que é isto, até ao óvulo, do qual sai a célula sexual masculina que se encontra depois com a célula sexual feminina que está dentro do óvulo. Portanto a fecundação é a união da célula sexual masculina com a célula sexual feminina.
[U152]

Primeiramente, a professora revela que a germinação do grão de pólen é o desenvolvimento de uma estrutura que conduz o grão de pólen do estigma até ao óvulo onde se junta com este. No seguimento deste fenómeno ocorre outro, o da fecundação, que a professora descreve resumidamente como sendo a união entre as células sexuais masculina e feminina. Esta passagem informa-nos, portanto, do conhecimento relativo a dois fenómenos: germinação do grão de pólen e fecundação: [KoBT96] e [KoBT97], respetivamente.

Nas duas passagens que se seguem, [U158] e [U161], ambas retiradas da aula 4 (anexo II, pág. 291), a professora aprofunda a informação transmitida anteriormente aos alunos sobre a fecundação e revela o seu conhecimento sobre este fenómeno ([KoBT103] e [KoBT106]).

P: (...) O tubo polínico forma-se e entra aqui dentro do óvulo. Tem uma célula sex... transporta uma célula sexual masculina. Mas essa célula sexual masculina vai-se dividir em duas. Então, ele quando chega aqui já transporta duas. Vocês conseguem ver olhando aqui para a figura, já veem duas células sexuais masculinas. Uma vai fecundar a oosfera e outra vai fecundar aqui estes núcleos do meio. Daqui resulta, dessa fecundação com a oosfera...
[U158]

P: Pronto. Então, uma célula sexual vai fecundar a oosfera e vai dar origem...

A: [Impercetível]

P: Ao embrião. Antes do embrião forma-se o ovo ou zigoto, não é? E depois é que vai dar origem ao embrião. A outra vai fecundar aqui os núcleos polares que vão dar origem às substâncias de reserva. [U161]

Esclarece que o fenómeno que ocorre é duplo uma vez que a célula sexual masculina se divide em duas e fecunda diferentes núcleos do óvulo. Uma das células sexuais masculina fecunda a oosfera e origina o zigoto e a outra célula masculina fecunda os núcleos polares e dará origem

às substâncias de reserva da semente, ou sejam, os cotilédones. Estas declarações revelam o seu conhecimento do fenómeno da dupla fecundação do óvulo.

Na sequência que se segue, unidade de contexto identificada como [U175] e retirada da transcrição da aula 5 (anexo II, pág. 311), a professora revela o seu conhecimento sobre o fenómeno da frutificação ([KoBT122]). Na formação do fruto, o pericarpo surge devido ao engrossamento das paredes do ovário da flor.

P: Exatamente. Botânicos são os que estudam as plantas. O caso da maçã é um pseudofruto ou um fruto falso... pst, toma lá atenção. Porquê? Porque os frutos verdadeiros para os botânicos, o pericarpo tem que ter origem na parede do ovário. A maçã, aquilo que se come, tem a ver com o crescimento do recetáculo. Portanto, as paredes do ovário é aquilo que está lá dentro... Se vocês virem uma maçã vêem o caroço, é as paredes do ovário. [U175]

Nas passagens seguintes, registadas como [U177] e [U178] e retiradas da aula 5 (anexo II, pág. 315), a professora põe em evidência o que sabe sobre a dispersão das sementes ([KoBT126] e [KoBT127])

P: (...) Portanto, têm que ser espalhadas as sementes. Mas como é que são espalhadas as sementes? Chama-se a isso «disseminação das sementes». Como é que são espalhadas as sementes? [U177]

P: Não. Portanto, os agentes da disseminação são os animais, o humano, o vento, a água. [U178]

Revela conhecer como acontece o fenómeno da dispersão das sementes, que consiste na ação de espalhar as sementes pelos terrenos vizinhos, e também que esse fenómeno acontece através da ação dos animais, do vento e da água.

No decorrer da aula 1 (anexo II, pág. 216) a professora mostra outro aspeto do conhecimento não revelado ainda neste relatório. A unidade de contexto [U117] revela o seu conhecimento sobre modelos e esquemas quando responde a um aluno sobre uma imagem representada no manual escolar. Segundo as suas palavras, o objetivo do desenho ou do esquema é servir de modelo, de representação da flor completa, no qual se possam identificar e/ou estudar todas as suas partes constituintes ([KoBT61]:Conhece o modelo de flor completa). “A: Que flor é esta, professora?; P: Não sei identificar... Mas também não têm que representar flor nenhuma! É um esquema que tem as principais partes da flor, para identificar e estudar. Vá vamos lá.” [U117].

Este conhecimento integra, como foi referido, outro tipo de conhecimento e por isso integra outra categoria. Trata-se da categoria: *Conhecimento de modelos associados ao conteúdo da biologia*; e integra o conhecimento de modelos associados ao tema da Reprodução das Plantas que possam representar ou esquematizar partes das plantas ou da flor em particular.

No âmbito deste subdomínio surge ainda uma evidência de outro conhecimento diferente dos demais, pelo facto de não integrar nenhuma das categorias apresentadas até agora. Apresenta-se o excerto [U184] retirado da aula 5 (anexo II, pág. 329).

P: A semente o que precisa é de água, agora de início, de humidade, para começar a germinar. Depois se quiserem plantar o feijão põem um bocadinho de terra e põem lá o feijão já... Mas atenção à água. Não podes colocar muita, mas com pouquinha também não é suficiente, é preciso um mínimo para que a semente consiga germinar completamente.
[U184]

A professora refere que a semente precisa de água para germinar. Os restantes elementos podem estar ou não presentes uma vez que a presença de água é a condição mínima essencial ([KoBT133]: Conhece que para germinar é imprescindível a presença de água.). Esta declaração remete para o seu conhecimento sobre a Lei do mínimo e permite acrescentar mais uma categoria às encontradas até agora. A esta nova categoria dá-se a designação de *Conhecimento sobre leis, princípios e teorias da biologia*.

Encontra-se ainda uma evidência de conhecimento de técnicas de observação não num excerto de aula mas no decurso da segunda entrevista realizada com esta professora (anexo I, p. 20). A professora revelou conhecimento relativamente a uma limitação dos microscópios existentes na escola. Apresenta-se de seguida a passagem [U209]:

E: (...) Estava a pensar, também hoje, pôr aquilo [anteras maduras] do microscópio, mas com este tempo assim...

e: Vocês não têm um elétrico?

E: Não. E o que estava ali elétrico ainda era pior que os outros. Hum, não sei. Logo vejo a melhor forma de me orientar. [U209]

Pela leitura deste fragmento observa-se que a professora sabe que as condições climatéricas condicionam a qualidade da observação ao microscópio e podem ser impeditivas do seu uso ([KoBT169]: Conhece que o estado meteorológico condiciona a qualidade da observação no

microscópio.). A professora conhece as limitações do instrumento de observação que tem disponível e esta revelação permite incluir mais uma categoria a este relatório. Este conhecimento integra a categoria: *Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia*.

No esquema que se apresenta de seguida, identificado como figura 34, ilustram-se as categorias nas quais se integra o conhecimento mobilizado pela professora Beatriz, no âmbito do subdomínio do KoBT: *Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados*, *Conhecimento de factos e fenómenos biológicos*, *Conhecimento de modelos associados a um conteúdo da biologia*, *Conhecimento sobre leis, princípios e teorias da biologia* e *Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia*.

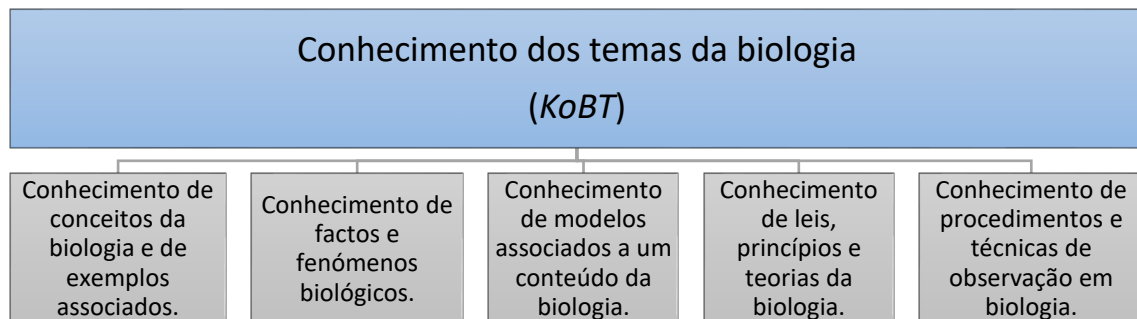


Figura 34 - Conhecimento mobilizado pela professora Beatriz no âmbito do subdomínio KoBT.

O profundo conhecimento dos temas, neste caso específico da reprodução das plantas, permite estabelecer relações com a reprodução dos animais. Na passagem [U210], da aula 1 (anexo II, pág. 126) que se apresenta de seguida, é possível comprovar que a professora conhece que há animais que possuem os dois sexos. No exemplo que dá, refere os caracóis:

P: As flores é que têm essa particularidade. Mas vocês sabem que também há animais...

A: Os caracóis.

P: Sim, os caracóis por exemplo, que tem os dois sexos. Não são é suficientes. Precisam sempre de outro para acasalar. Sim, sim... [U210]

A professora relaciona a reprodução das plantas e dos animais indicando uma característica que ambos podem ter. Tal como as flores, que apresenta aos alunos, existem animais que possuem os dois sexos e por isso são também hermafroditas ([KSB1]: Conhece que os caracóis também têm os dois sexos, como as flores.). Acrescenta que estes animais não são autosuficientes, uma

vez que não se podem autofecundar. Ao contrário das plantas, precisam sempre de um parceiro para acasalar.

Na aula 3 (anexo III, p. 245), a reprodução dos animais volta a surgir pela similaridade com a reprodução das plantas. Veja-se o excerto [U211]:

P: Eu não estou a ouvir nada. Diz lá João, que era isso que eu ia dizer. João Does, diz lá que era isso que eu ia dizer.

A: As células, nesse caso, os grãos de pólen servem para transportar as células sexuais masculinas e...

P: É como...

A: É como os espermatozóides...

P: E? E?

A: E o óvulo.

P: Não

A: E o esperma.

P: E o esperma.

A: O esperma transporta a célula sexual masculina.

P: Exatamente. Era isso mesmo que eu ia dizer. [U211]

Neste caso observa-se uma grande proximidade entre o mecanismo de transporte das células sexuais masculinas das plantas com flor e das células sexuais dos animais. A professora compreende e acompanha o raciocínio do aluno quando este diz que o tubo polínico permite o transporte do grão de pólen, como o esperma permite o transporte dos espermatozóides ([KSB2]: Reconhece a proximidade que existe entre a reprodução humana e das plantas no que diz respeito ao transporte da célula sexual masculina.).

Outra intervenção da professora no decorrer da aula 5 (anexo II, pág. 332) convence relativamente a este tipo de conhecimento. Trata-se da unidade [U213].

A: Os animais bebés alimentam-se da mãe, não é. Por exemplo, a planta tem que se alimentar dos cotilédones...

A: Cotilédones.

[Risos por parte dos alunos]

P: Sim, sim.

(...)

P: Pronto. Chiu! Ele está a falar dos animais ovíparos.

A: Estou a comparar.

P: Estás a comparar a semente... Os animais ovíparos. A galinha, está lá o choco, está lá o ovo, também tem substâncias de reserva para alimentar o pintainho. São os animais ovíparos. Mas o nosso caso, já não. Quem alimenta o embrião é a própria mãe. Hum? Está?

[U213]

Neste diálogo, a professora não compreende que o aluno quer comparar a nutrição das plantas à alimentação dos animais. Mas, o seguimento que dá à conversa estabelece outra comparação, entre os animais ovíparos e as sementes.

A professora conhece a reprodução das plantas como conhece a dos animais e facilmente relaciona o desenvolvimento do pinto no interior do ovo e o desenvolvimento do embrião da planta no interior da semente: ambos estão dependentes das substâncias de reserva ([KSB4]: Conhece a similaridade entre a reprodução das plantas (semente) e a reprodução dos animais ovíparos (ovo).).

A professora revela um conhecimento amplo do tema da reprodução e é-lhe possível encontrar semelhanças e diferenças entre plantas e animais. Estas três evidências de conhecimento confirmam isso. Têm o denominador comum que é o facto de se referirem à reprodução, mas estão fora do tema em estudo; já que o tema é o da reprodução das plantas e não a reprodução dos animais. Trata-se de um conhecimento global, abrangente, que integra dois temas em vez de um. Este aspeto faz com que este conhecimento não possa ser integrado no subdomínio do conhecimento dos temas, mas noutra que possa comportar precisamente este tipo de relações.

Esta característica deste conhecimento faz com que se enquadre no subdomínio *Conhecimento da estrutura da biologia*. Por se tratar da ligação de dois temas diferentes (reprodução dos animais e reprodução das plantas) ligados por algumas qualidades comuns. A categoria atribuída é o Conhecimento de *Big Ideas* e está representada na figura 35.

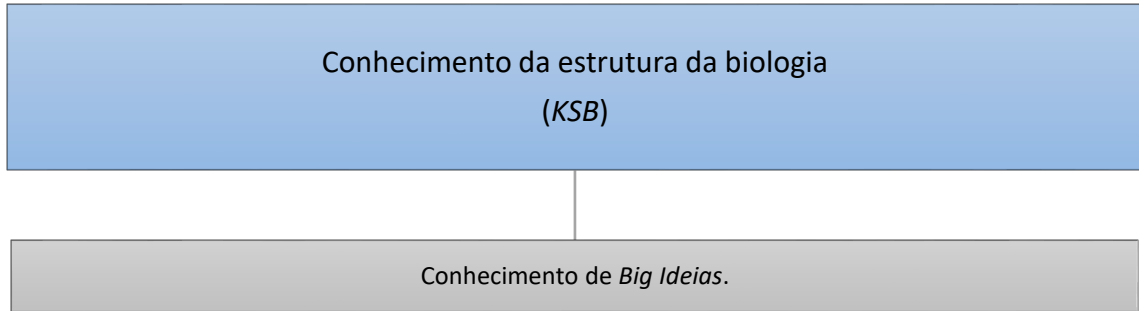


Figura 35 - Conhecimento mobilizado pela professora Ana no âmbito do subdomínio *KoBT*.

Assim, no âmbito do domínio do *Conhecimento da Biologia*, a professora Beatriz evidenciou conhecimento integrado nos subdomínios do *Conhecimento dos temas da biologia* e do *Conhecimento da estrutura da biologia*. Não foram observadas manifestações do conhecimento relativo ao subdomínio *Conhecimento da natureza da ciência*. A figura 36 põe em relevo a diferença entre o número de evidências recolhidas no âmbito dos subdomínios *KoBT* e *KSB*.

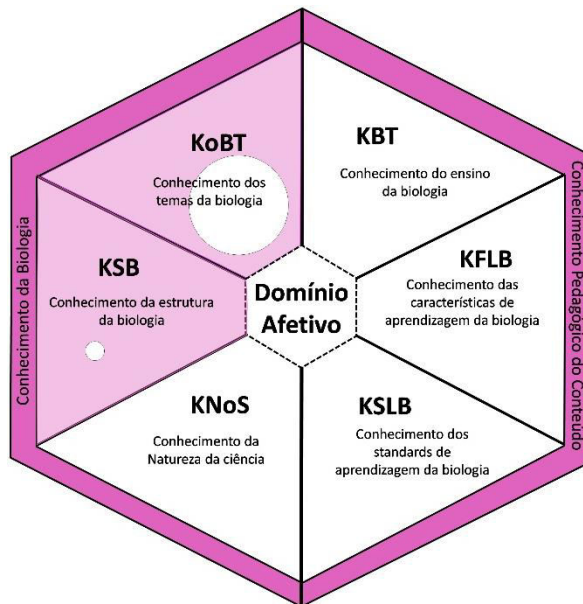


Figura 36 - Conhecimento mobilizado pela professora Beatriz no âmbito do Domínio do *Conhecimento da Biologia*.

Este aspeto já havia sido destacado no início do relatório, mas é apresentado novamente de forma mais visual aqui, no final da descrição do conhecimento referente a este domínio. Foram

111 as evidências encontradas no âmbito do *KoBT* e 4 no âmbito do *KSB*. Recorda-se que se fez corresponder, proporcionalmente, o número de evidências à área dos círculos representados na figura.

Pelo que se observa na imagem as evidências de conhecimento no âmbito do subdomínio do *Conhecimento dos temas da biologia* são muito superiores e permitiram caracterizar cinco categorias. As evidências de conhecimento observadas no âmbito do subdomínio do *Conhecimento da estrutura da biologia* têm todas a mesma natureza e foram enquadradas na mesma categoria. Não foram observadas quaisquer evidências do subdomínio referente ao conhecimento da prática científica, ou seja, da Natureza da Ciência. Esta ausência pode não indicar a falta de conhecimento por parte da professora. Pode dever-se apenas ao facto de não ter sido revelado ou ter escapado à observação.

Durante o ensino da unidade houve ainda oportunidade de observar o conhecimento da professora face ao domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK)*, nomeadamente no âmbito do subdomínio *Conhecimento do ensino da biologia*.

Apresenta-se já de seguida a passagem [U148] que revela o seu conhecimento sobre as atividades específicas do ensino deste tema da biologia, integradas no subdomínio do *Conhecimento do ensino da biologia*. Foi retirada da aula 3 (anexo II, pág. 271).

P: Isto é para vocês perceberem, portanto, que os grãos de pólen são todos diferentes uns dos outros. Lembrem-se que na última aula, aqueles que estão ali tem que ser vistos ao microscópio. Estes aqui são grãos de pólen que estão aglo... juntos... fazem assim os grãos maiores. [U148]

Nesta passagem observa-se que a professora escolheu a observação de grãos de pólen ao microscópio para que os alunos observassem o seu aspeto. Esta opção revela o seu conhecimento sobre esta atividade como passível de ser utilizada no decurso do ensino deste tema ([KBT51]: Conhece a observação de grãos de pólen ao microscópio como atividade no ensino da reprodução das plantas.). Para além destes grãos de pólen que precisam de ser observados com recurso ao microscópio, disponibilizou aos alunos outros grãos de pólen observáveis a olho nu, para que os pudessem observar e comparar com os demais. Este conhecimento integra uma categoria em particular, designada como: *Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia*. Coloca-se aqui o conhecimento mobilizado relativo a atividades específicas como é o caso da observação de grãos de pólen.

A passagem referenciada como unidade [U217] foi recolhida no decorrer da entrevista 1 (anexo I, pág. 13). Trata-se de uma evidência do seu conhecimento relativamente ao trabalho prático como estratégia de ensino, mas também relativamente aos recursos.

E: Isto, desde que acabaram os turnos, eu reduzi as atividades experimentais porque as turmas são muito grandes e fico maluca para controlar aquilo tudo. Por acaso ontem ainda andei à procura a ver se encontrava uma flor, aquela a coroa imperial (...) aquela grande que se vê bem. Só que fui ao Fórum e aquilo não estava ainda, estava em botão. Mas as atividades experimentais desde que os turnos acabaram... são demonstrativas. [U217]

Reconhece que as atividades que desenvolve atualmente são de caráter demonstrativo devido ao elevado número de alunos que constituem as turmas. Mas declara que, anteriormente, quando as turmas eram divididas em turnos, desenvolvia atividades experimentais. Assim, o excerto revela o conhecimento da professora relativamente às estratégias de ensino ([KBT55]: Conhece as atividades práticas como estratégias de ensino da biologia.) mas também aos recursos.

Ao longo das aulas a professora recorreu várias vezes à *internet* para mostrar aos alunos fenómenos naturais. Apresentam-se de seguida dois fragmentos como evidência do seu conhecimentos obre este recurso: [U216] e [U218]. Estas duas passagens foram recolhidas na aula 4 (anexo II, pág. 302) e na entrevista 2 (anexo I, pág. 25), respetivamente.

P: Está, está. Vamos ver o vídeo e vamos... O vídeo é sobre a frutificação, a forma... Valentim!

A: Professora isto dá na televisão?

P: Não, são pequeninos, os vídeos são pequeninos. [U216]

e: Este vídeo da polinização que tens aqui na planificação, foste buscá-lo onde?

E: Vou buscá-lo à Escola Virtual. [U218]

Tanto no primeiro fragmento como no segundo se observa que a professora conhece os recursos disponíveis para professores (Escola Virtual) na *internet* ([KBT51], [KBT56]) e usa-os como forma de tornar mais perceptível para os seus alunos os fenómenos da frutificação e da polinização. Para além dos recursos virtuais, a professora Beatriz conhece recursos materiais físicos como os grãos de pólen usados na alimentação ([KBT50]), que apresentou como comparação com os observados no microscópio no decorrer da aula 1 (anexo III, p. 212), e a coroa imperial como um bom exemplar para identificar os órgãos da flor ([KBT54]). Este último conhecimento está evidente na passagem [U217] já transcrito na página anterior. O quadro 24 apresenta a

codificação do conhecimento encontrado no âmbito desta categoria com as respetivas unidades de significado que podem complementar a leitura.

Código	Unidade de Significado
[KBT49]	Reconhece a analogia que associa a reprodução humana e das plantas no que diz respeito ao transporte da célula sexual masculina
[KBT50]	Conhece que os grãos de pólen usados na alimentação são um recurso no ensino do tema da reprodução das plantas.
[KBT52]	Conhece vídeos disponíveis na internet que facilitam a compreensão do fenómeno da frutificação.
[KBT53]	Conhece a analogia entre semente e o ovo dos animais ovíparos.
[KBT54]	Conhece que a flor da “Coroa imperial” é um bom recurso para a observação dos órgãos.
[KBT56]	Conhece vídeos disponíveis na internet que facilitam a compreensão do fenómeno da polinização.
[KBT57]	Conhecimento sobre o microscópio enquanto recurso e das suas limitações.

Quadro 24 - Código e respetiva unidade de significado de evidências de conhecimento do subdomínio KBT, categoria *Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia*.

O conhecimento dos recursos está diretamente relacionado com o ensino já que cabe ao professor selecionar de entre os disponíveis os que melhor servem o ensino e os alunos. Constituem uma categoria separada das demais, caracterizada pelos conhecimentos sobre o ensino da biologia e é denominada por: *Conhecimento de recursos materiais, linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia*. Mas o conhecimento mobilizado por esta professora relativamente aos recursos não se limita ao conhecimento dos recursos materiais ou virtuais. Ao longo das suas aulas, a professora usou, por duas vezes, analogias para ajudar na compreensão de aspetos da reprodução das plantas. Na sequência [U213], extraída da transcrição da aula 5 (anexo II, pág. 332), a professora associa o ovo à semente:

A: Os animais bebés alimentam-se da mãe, não é. Por exemplo, a planta tem que se alimentar dos cotilédones...

A: Cotilédones.

[Risos por parte dos alunos]

P: Sim, sim.

(...)

P: Pronto. Chiu! Ele está a falar dos animais ovíparos.

A: Estou a comparar.

P: Estás a comparar a semente... Os animais ovíparos. A galinha, está lá o choco, está lá o ovo, também tem substâncias de reserva para alimentar o pintainho. São os animais ovíparos. Mas o nosso caso, já não. Quem alimenta o embrião é a própria mãe. Hum? Está?
[U213]

Nesta analogia a professora compara as substâncias de reserva da semente e do ovo da galinha. Segundo as suas palavras o ovo contém as substâncias de reserva para alimentar o pintainho, e a planta, ao germinar, alimenta-se dos cotilédones. É evidente o seu conhecimento sobre a analogia entre o desenvolvimento dos embriões dos animais ovíparos e os embriões das sementes [KBT53].

No excerto seguinte, designado por [U211] e retirado da aula 1 (anexo II, pág. 278), observa-se o seu conhecimento sobre a analogia entre o esperma e os grãos de pólen ([KBT49]).

P: Eu não estou a ouvir nada. Diz lá João, que era isso que eu ia dizer. João Does, diz lá que era isso que eu ia dizer.

A: As células, nesse caso, os grãos de pólen servem para transportar as células sexuais masculinas e...

P: É como...

A: É como os espermatozóides...

P: E? E?

A: E o óvulo.

P: Não

A: E o esperma.

P: E o esperma.

A: O esperma transporta a célula sexual masculina.

P: Exatamente. Era isso mesmo que eu ia dizer. [U211]

A professora serve-se desta analogia para comparar o modo de transporte da célula sexual masculina. No caso das plantas o gâmeta masculino é transportado pelo grão de pólen e no caso da reprodução humana o gâmeta é transportado pelo esperma. Esta analogia ajuda a relacionar

os dois temas, mas também a tornar perceptível ou mais claro o conceito e a função do grão de pólen.

Sumariando, no âmbito do subdomínio do Conhecimento do ensino da biologia, a professora revela conhecimento relativamente a duas categorias: *Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia e Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia*, figura 37.

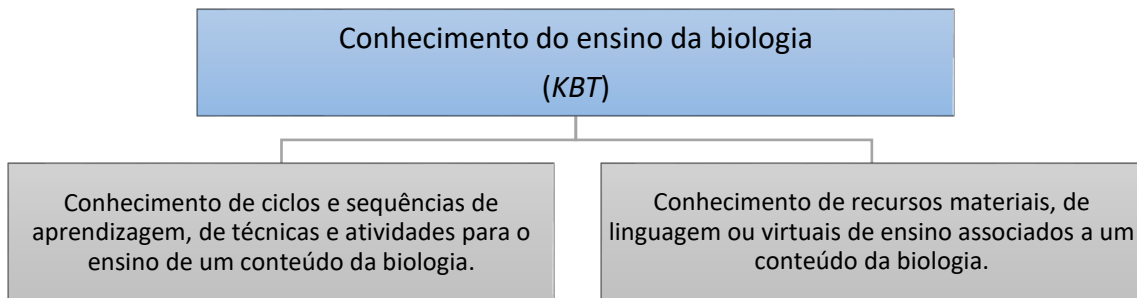


Figura 37 - Conhecimento mobilizado pela professora Beatriz no âmbito do subdomínio KBT.

No que diz respeito ao subdomínio do *Conhecimento das características de aprendizagem da biologia* surge a evidência de conhecimento sobre os conteúdos mais fáceis ou mais difíceis de compreender. Na passagem que se apresenta primeiramente ([U220]) retirada da aula 1 (anexo II, pág. 217), a professora diz explicitamente que todos os alunos reconhecem as pétalas da flor: “P: Cinco: pétalas, bom as pátalas toda a gente sabe.” [U220]. Esta declaração revela o seu conhecimento de que a identificação das pétalas numa flor é tarefa fácil para os alunos ([KFLB6]: Conhece que o reconhecimento das pétalas das flores é fácil para os alunos.).

No extrato seguinte a professora põe em evidência que conhece que os alunos tendem a não designar corretamente a germinação do grão de pólen e confundem ou têm dificuldade em distinguir o fenómeno da germinação do grão de pólen do fenómeno da germinação da semente ([KLFB7]: Conhece que os alunos têm dificuldade em discriminar germinação do grão de pólen de germinação da semente.). Esta evidência surge no recorrer da aula 5 (anexo II, pág. 310).

P: Atenção que aqui a germinação é a germinação da semente.

A: É a frutificação.

A: Não, é fecundação.

A: É a formação da semente.

P: Chiu!

A: [Impercetível]

P: Então têm que escrever germinação do grão de pólen.

A: Não professora. É polinização, fecundação, polinização, germinação, fecundação e frutificação.

A: Não.

A: É, é.

P: Por que é que estão todos a falar ao mesmo tempo? Quem é que respondeu? Foi a Marina, não foi? Diz lá o que é que tens aí?

A: Fecundação, germinação...

P: Se for a germinação, tem que pôr: germinação do grão de pólen. Se não está incorreto. [U221]

Estes dois trechos ([U220] e [U221]) revelam o conhecimento por parte da professora sobre os conteúdos que os alunos aprendem com facilidade, o conceito de pétala, e conteúdos que tendem a não distinguir com clareza, germinação do grão de pólen e germinação da semente. São aspetos que facilitam ou dificultam a aprendizagem.

Outro aspeto que dificulta a aprendizagem são as conceções prévias das crianças (Santos, *et al.*, 1997). O excerto [U219], da aula 1 (anexo II, pág. 210), mostra o conhecimento desta professora relativamente à conceção que os seus alunos têm sobre função da flor.

P: O que representa para uma planta ter flor. O que é a flor, para que serve?

A: Para enfeitar as casas?

P: [risos]. Sim, para as pessoas é para enfeitar as casas, para os animais, incluindo insetos, é para se alimentarem, mas para as próprias plantas para que lhe serve? [U219]

A professora tem conhecimento que os alunos não identificam imediatamente a função da flor. Para eles, as flores existem para servir os animais: como alimento ou para efeitos estéticos ([KFLB5]: Conhece que os alunos associam a existência das plantas ao proveito dos animais.).

O conhecimento por parte da professora relativamente aos conteúdos fáceis ou difíceis de compreender e o seu conhecimento sobre as conceções prévias dos alunos são integrados na mesma categoria. Esta categoria é designada por *Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia*.

Assim, no âmbito do subdomínio *Conhecimento das características de aprendizagem da biologia* surgiram evidências de conhecimento de uma categoria apenas: *Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia*, figura 38.

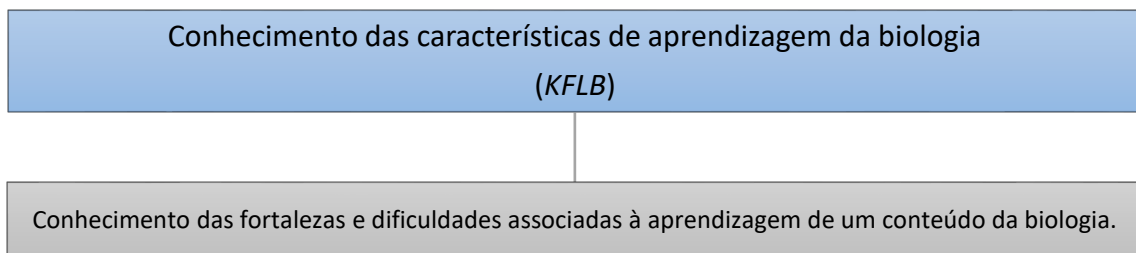


Figura 38 - Conhecimento mobilizado pela professora Beatriz no âmbito do subdomínio *KFLB*.

A professora Beatriz revelou ainda conhecimento relativamente a outro aspeto enquadrado dentro deste domínio (*PCK*), num subdomínio ausente, até ao momento, neste relatório de caso. Apresenta-se um trecho ([U224]) da primeira entrevista à professora (anexo I, pág. 11):

e: O programa das ciências, disseste-me, que tinha sofrido uma alteraçãozita nas metas

E: O pá, eles tiraram, do quinto ano, tiraram esta parte das flores, da constituição da flor, da constituição da folha, tiraram uma data de coisas...

e: Do quinto ano?

E: Do quinto ano

e: E no do sexto ano, mexeram?

E: No 6º ano o que eu vi aqui das metas... eles tiraram a reprodução das flores, das plantas sem flor...

e: Tinha o quê?

E: Não está nas metas. Tinha o musgo e o feto. Mas não está cá. [U224]

Este trecho elucida relativamente ao conhecimento que a professora tem sobre o programa curricular de ciências do 2º CEB e as respetivas metas de aprendizagem. A professora conhece que os programas de 2º ciclo sofreram alterações, nomeadamente com a retirada de conceitos como a constituição da flor, do programa de 5º ano, e a reprodução das plantas sem flor, do programa de 6º ano ([KBLS3]: Conhece que a constituição da flor foi retirada do programa de 5º ano e a reprodução das plantas sem flor foi retirada do programa de 6º ano, do 2º CEB.). Este conhecimento diz respeito à categoria Conhecimento das expectativas de aprendizagem de um conteúdo da biologia num nível específico. Demonstra que conhece o que se espera que os alunos aprendam no nível de ensino em que estão.

A passagem que se apresenta seguidamente, a unidade de contexto [U223], confirma que a professora tem conhecimento do que é esperado que seja ensinado no 6º ano e reforça a ideia já apresentada. Foi retirado da aula 5 (anexo II, pág. 312).

P: (...) É isso que vocês têm de saber. Portanto, o que vão ter que saber para o teste é classificar um fruto como seco ou carnudo. Se o pericarpo for carnudo, o fruto é carnudo. Se o pericarpo for seco, o fruto é seco. [U223]

Após algum diálogo com os alunos, a professora resume o conteúdo daquilo que precisam de saber para o teste. Para o teste, precisa que saibam distinguir os frutos em carnudos e frutos secos.

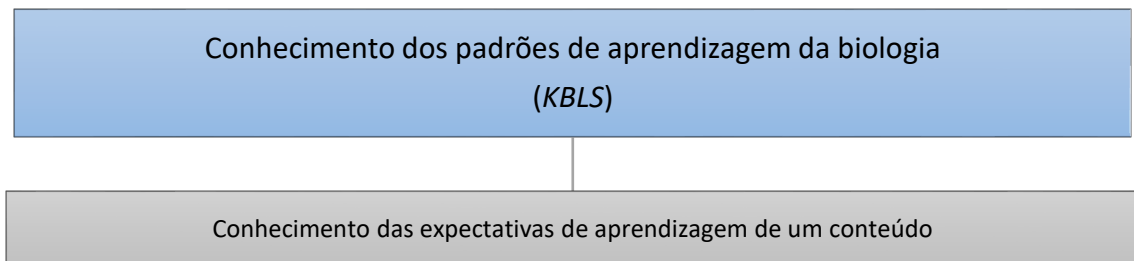


Figura 39 - Conhecimento mobilizado pela professora Beatriz no âmbito do subdomínio KBLS.

O conhecimento relativamente subdomínio do *Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia* resume-se a uma categoria, *Conhecimento das expectativas de aprendizagem de um conteúdo*. A figura 39 resume e associa a categoria ao subdomínio do conhecimento.

O conhecimento mobilizado pela professora Beatriz relativamente ao domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo* não é muito extenso. Mesmo assim, as evidências cobrem todos os subdomínios e permite identificar algumas das categorias que se observam sintetizadas na

figura 37, 38 e 39. A figura que se segue, figura 40, faz sobressair a quantidade de evidências encontradas relativas ao domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo*. Os pequenos círculos brancos antecipam o reduzido número de evidências: 10 no subdomínio *KBT*, 4 nos domínios *KFLB* e *KSLB*.

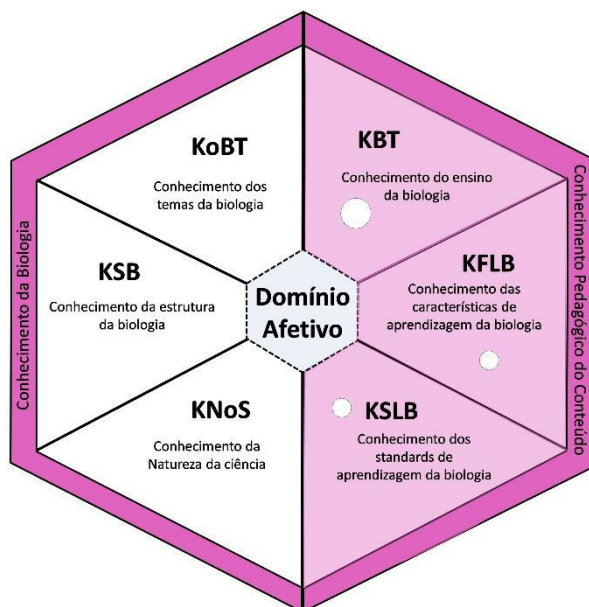


Figura 40 - Conhecimento mobilizado pela professora Beatriz no âmbito do Domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo*.

No âmbito do subdomínio do Conhecimento do ensino da biologia foram identificadas as categorias: *Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, de técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia* e *Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia*. No subdomínio do *Conhecimento das características de aprendizagem da biologia* foi identificada a categoria *Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia* e no âmbito do subdomínio do *Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia* foi identificada a categoria: *Conhecimento das expectativas de aprendizagem do conteúdo da biologia num nível específico*.

Para além do conhecimento propriamente dito, o cognitivo e racional, a professora Beatriz exibiu também conhecimento subjetivo, fortemente influenciado pelas emoções (Pajares, 1992;

Damásio, 1995), denominadas neste trabalho como crenças. Veja-se o primeiro excerto, [U227] retirado da aula 5 (anexo II, pág. 329).

P: Sim. Isso agora é uma descoberta, Psiu! É uma descoberta vossa. Eu, por acaso, fiz a experiência lá em casa e queria trazer feijões germinados para vocês, p'ra mostrar já na aula. Correu mal, pus muita água e já cheirava mal lá cozinha, já não se podia. Tive que atirar com os feijões todos para o lixo. Não tenho feijões aqui hoje. Agora isso é uma descoberta vossa, lá em casa, vão fazendo, vão vendo.

A: Pois, eu já fiz.

A: Oh professora, mais uma pergunta.

A: Saem raízes.

P: É uma descoberta vossa.

A: Se pusermos [Impercetível] nasce um maior?

P: É uma descoberta vossa.

A: É professora, grandes feijões! [U227]

Pela leitura desta passagem conclui-se que a professora transfere para os alunos a descoberta relativamente à forma como ocorre o fenómeno da germinação. Esta crença vai ao encontro da Perspetiva de Ensino por Descoberta, designada por Cachapuz, *et al.* (2000). A professora crê que os alunos aprenderão sozinhos como se processa o fenómeno, do que depende e como começa ou termina ([DC9]: Para aprender ouve-se o professor e olha-se para o quadro.). Esta crença relaciona-se com o ensino e coexiste com o seu conhecimento sobre o ensino, sem conflito. O conhecimento de teorias de ensino, de ciclos e sequências de aprendizagem, conhecimento exibido e categorizado anteriormente no subdomínio do Conhecimento do ensino da biologia, não impedem esta crença de existir e a professora é simultaneamente detentora de ambos. Mas esta evidência não é reveladora do seu posicionamento como professora. Como foi dito no início deste relatório de caso, o ensino desta professora é tendencialmente transmissivo (Cachapuz, *et al.*, 2000) ou tradicional (Carrillo e Contreras, 1995; Carrillo, 1998). Porém, servem ambas as crenças para caraterizar o modelo que se pretende fundamentado nesta tese, figura 41.

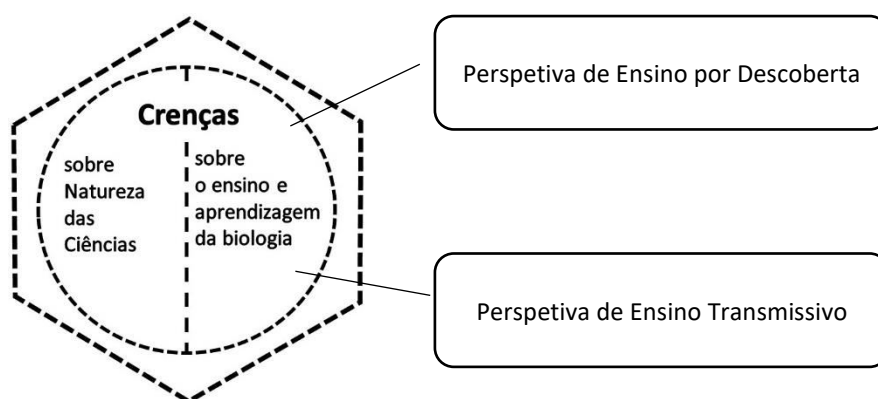


Figura 41 - Crenças da professora Beatriz evidenciadas durante o ensino do tema da Reprodução das Plantas.

A passagem seguinte está diretamente relacionada com aprendizagem: “A: Como é que agente estuda isso se não está no manual?; P: Não estudas. Toma atenção e ouves agora.” [U229]. A professora revela agora acreditar que os alunos têm um papel passivo na sua aprendizagem, limitando-se a memorizar o que lhes é transmitido. Para aprender ouve-se a professora e olha-se para o quadro; [DC9]. Trata-se de uma crença sobre aprendizagem que existe simultaneamente com o seu conhecimento sobre a aprendizagem.

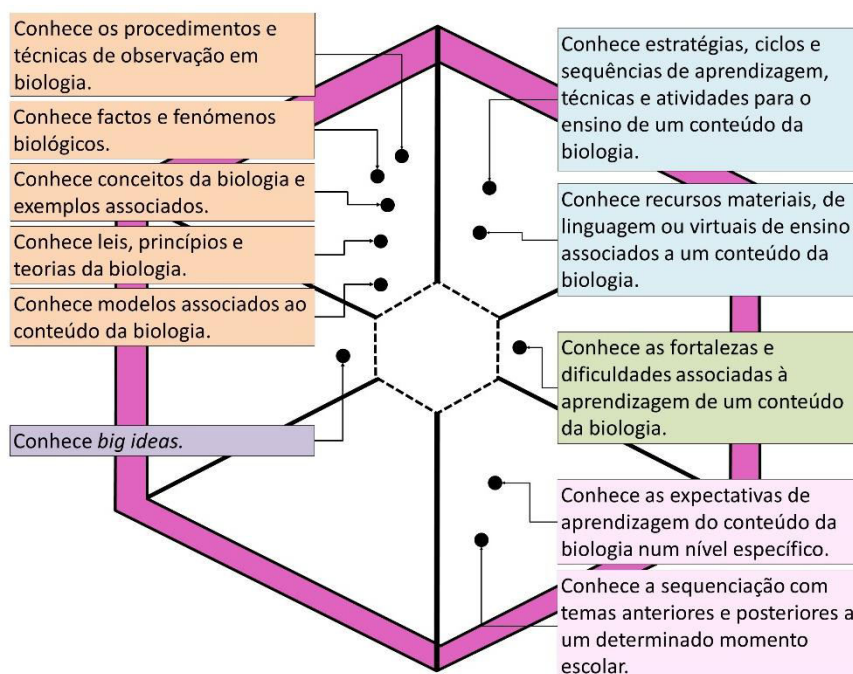


Figura 42 - Categorias identificadas no decorrer do ensino da unidade Reprodução das Plantas, pela professora Beatriz.

Como síntese, pode dizer-se que a professora Beatriz revelou conhecimento de todos os subdomínios à exceção do subdomínio do *Conhecimento da natureza da ciência* e do subdomínio das Crenças sobre a biologia. O seu conhecimento mobilizado é quase na totalidade do subdomínio *Conhecimento dos temas da biologia*. Porém forneceu evidências significativas dos restantes.

Relativamente às categorias do conhecimento, resumidas na figura 42, revelou conhecer conceitos da biologia como o conceito de planta hermafrodita, unisexual, estame, carpelo, polinização, pseudofruto, reprodução sexuada, reprodução assexuada, fecundação, semente, embrião, fruto, frutos múltiplos, interdependência das espécies, germinação da semente, germinação do grão de pólen e órgãos das plantas sem flor. Além dos conceitos revela conhecer exemplos que favorecem o entendimento, como o exemplo de frutos múltiplos ou de pseudofruto.

A professora revelou igualmente conhecimento sobre factos e fenómenos associados à reprodução das plantas. Sabe como ocorre a fecundação nas plantas com flor e nas plantas sem flor, como acontece a polinização, a germinação do grão de pólen, a fecundação, a frutificação, a germinação da semente e os fatores que limitam a sua ocorrência, e a dispersão das sementes. É igualmente do seu conhecimento que no ensino/aprendizagem da biologia se usam modelos para facilitar o estudo e a compreensão, nomeadamente o modelo de flor completa. O uso do microscópio permitiu aceder ao seu conhecimento relativamente ao seu funcionamento mas também ao conhecimento das suas limitações de iluminação.

Enquadrado no *Conhecimento da estrutura da biologia*, na categoria *Conhecimento de big ideas*, a professora revelou um conhecimento abrangente da reprodução que lhe permitiu estabelecer ligações entre a reprodução das plantas e dos animais.

- A partir do termo hermafrodita relacionou as plantas completas com os caracóis;
- Ambas as células sexuais masculinas (em animais e plantas) são transportadas por estruturas até ao óvulo: o esperma no caso da reprodução humana e o tubo polínico no caso da planta com flor;
- Comparação, entre os animais ovíparos e as sementes: o pinto desenvolve-se no interior do ovo como o embrião da planta se desenvolve no interior da semente.

No que diz respeito ao ensino, a professora conhece a observação dos grãos de pólen e o trabalho prático como atividades para o ensino da reprodução das plantas. Como recursos, conhece a flor da coroa imperial, os grãos de pólen, o microscópio, sítios da *internet* onde existem vídeos sobre a frutificação e a polinização, as analogias como recurso linguístico

Relativamente ao *conhecimento das características da aprendizagem*, conhece que as pétalas são facilmente identificáveis pelos alunos e que o termo germinação precisa de ser esclarecido por ser usado para designar a germinação do grão de pólen e a germinação da semente. Conhece ainda que as crianças têm concepções alternativas sobre a função de flor por desconsiderarem a sua função na planta.

Sobre os padrões de aprendizagem da biologia, a professora conhece que o programa e as respetivas metas de aprendizagem sofreram alterações nomeadamente com a retirada da aprendizagem da estrutura da flor do programa de 5º ano. Revela que conhece que conteúdos os alunos devem aprender no decorrer da aprendizagem do tema da Reprodução das Plantas quando refere que os alunos precisam de saber distinguir fruto seco e fruto carnudo, por exemplo.

Como crenças sobre o ensino, a professora revelou um ensino principalmente tradicional (Carrillo e Contreras, 1995; Carrillo, 1998). A unidade foi organizada por si e definiu também as atividades e recursos que foram apresentados aos alunos com apoio no manual ou em suportes digitais. Os conteúdos não contidos no manual foram transmitidos pela professora.

As evidências do seu conhecimento são, quase na sua totalidade (mais de 90%), do subdomínio do *Conhecimento dos temas da biologia*, sendo que as restantes evidências se distribuem pelos restantes subdomínios: *Conhecimento da estrutura da biologia*, *Conhecimento do ensino da biologia*, *Conhecimento das características de aprendizagem da biologia* e *Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia*.

A relação entre os conhecimentos dos diferentes domínios do conhecimento desta professora encontra-se esquematizado na figura 43. O conhecimento que tem relativamente aos conteúdos revelado pela sua ação em sala de aula, permitiu-lhe estabelecer a relação entre os conceitos de reprodução das plantas e reprodução dos animais (*KoBT-KSB*). Esse conhecimento permitiu-lhe ainda identificar, no novo programa da disciplina, que conteúdos se mantêm e que aspetos foram alterados (*KoBT-KBT*) e identificar as maiores fortalezas na aprendizagem deste conteúdo (*KoBT-KFLB*). A professora Beatriz usou estratégias variadas para o ensino deste tema

escolhendo e desenvolvendo estratégias e recursos de acordo com as metas que pretendia que os alunos atingissem e as competências que pretendia que adquirissem (*KBT-KBLS*) mas atendendo ao modo como os alunos aprendem (*KBT-KFLB*).

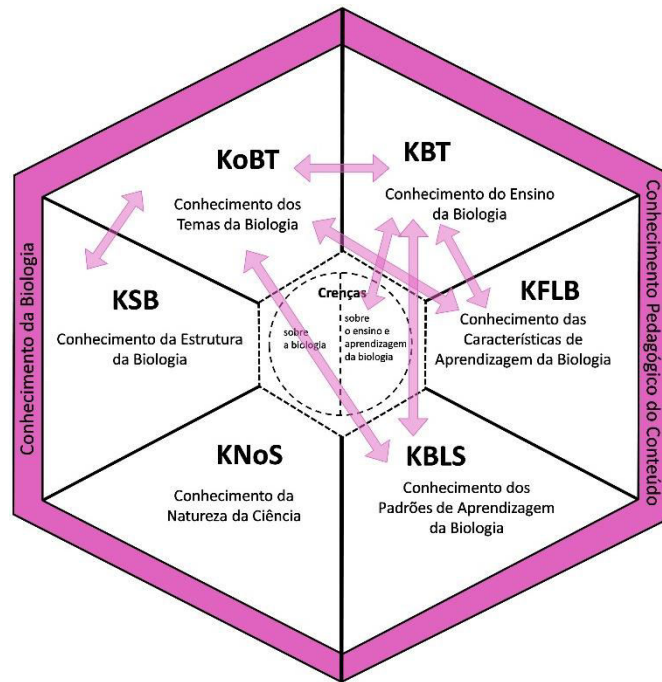


Figura 43 - Relações entre o conhecimento dos diferentes subdomínios: *KoBT*, *KSB*, *KBT*, *KFLB*, *KBLS* e Crenças sobre o ensino e aprendizagem da biologia.

O seu modo de ensino é predominantemente transmissivo de acordo com (Cachapuz, *et al.*, 2000) revelando as suas crenças sobre o ensino e aprendizagem da biologia. Estas crenças marcam fortemente a forma como trabalha, proporcionando aos alunos maioritariamente aulas de leitura e escrita, com resposta a questionários e posterior correção em diferentes suportes. Mas também, pontualmente, atividades mais práticas com recurso a observação direta.

3. Caracterização do modelo *BTSK* a partir das evidências do conhecimento das professoras Ana e Beatriz

O *BTSK* é um modelo em construção sendo que esta é a sua primeira versão. Os subdomínios e categorias que agora se apresentam resultam do conhecimento identificado no decorrer da prática em sala de aula de duas professoras, já exposto nos relatórios de caso, em estreita relação com o enquadramento teórico estabelecido no início desta tese. Será elaborado igualmente um confronto com as categorias do *MTSK* e conseqüentemente com aquilo que as define. Para o efeito cada categoria é resumida numa tabela que reúne toda a informação referente à mesma e se encontra no final de cada uma das categorias.

3.1. O subdomínio do Conhecimento dos temas da biologia

Os autores Loughran, *et al.* (2012) e Alake-Tuenter, Biemans, Tobi, e Mulder (2013) generalizaram este tipo de conhecimento como o conhecimento de teorias, princípios, conceitos, factos e representações mentais dos conteúdos. No âmbito da caracterização deste subdomínio do *BTSK* o conhecimento sobre os temas, especificamente relacionado com o tema da Reprodução das Plantas, foi dividido em cinco categorias: *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* e *Conhecimento de modelos associados ao conteúdo da biologia*.

3.1.1. Categoria: Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados

A importância do conhecimento aprofundado sobre os conceitos em ciências, por parte do professor, surge nos trabalhos de Van Dijk e Kattmann (2007) e de Park e Chen (2012) não apenas pela preocupação para que haja um bom domínio sobre eles por parte do professor, mas também para que se compreendam os constrangimentos relacionados com a aprendizagem dos mesmos.

A apresentação de conceitos surge naturalmente no discurso de um professor, durante a apresentação dos temas. As explicações surgem, muitas vezes, associadas à indicação de exemplos. O excerto [U17], que se apresenta, ilustra a definição de embrião.

P: E agora vamos fazer dois pontos e dizer o que é que está no embrião. A radícula, caulículo e folhas primárias ou futuras folhas. Nós vamos também descobrir mais tarde que os cotilédones eles são como reservatórios onde tem o alimento que a semente precisa. Que a semente precisa para fazer o seu primeiro crescimento. Por agora já terminámos. Damos por encerrada a sessão das experiências e das plantas. [U17]

A professora completa o esquema com os alunos indicando que o embrião é composto pela radícula, caulículo e folhas primárias e na mesma sequência declara que os cotilédones são os órgãos de reserva nutritiva da semente. Nesta intervenção é possível destacar o conhecimento face ao conceito de embrião e de cotilédones: [KoBT19] e [KoBT20], respetivamente. Tal como define Carrillo, *et al.* (2018), as definições apresentadas são claras e revelam o seu conhecimento sobre as propriedades e fundamentos. Neste tema em particular o as propriedades e fundamentos não dizem respeito à matemática, mas à biologia; especificamente aos conceitos de semente e cotilédones.

No decorrer da apresentação de uma definição a linguagem deve ser clara e rigorosa. A passagem seguinte revela esse cuidado por parte da professora quando se refere à polinização e às diferentes formas como a mesma pode ocorrer:

P: Temos o grão de pólen. O grão de pólen ou pode cair directamente nesta flor, não é? E chama-se polinização direta ou autopolinização. Ou então pode ser transportado, e já vamos ver como é que pode ser transportado, até outra flor. E consoante, se for uma flor da mesma planta é polinização indireta, se for uma flor de outra planta é polinização cruzada. [U139]

Esta categoria foi designada como **Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados** e é descrita como o conhecimento das definições que caracterizam os conceitos biológicos e dos exemplos que ajudam a defini-lo, sejam eles apresentados nos manuais escolares ou sejam resultantes do seu percurso profissional, académico e/ou pessoal. A proximidade entre as categorias Conhecimento dos precedimentos matemáticos associados a um determinado conteúdo (KoT) e Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados (KoBT) fica confirmada, na medida em que esta categoria do KoBT refere-se ao

conjunto de propriedades específicas que permitem definir o elemento biológico. A informação relativa à categoria encontra-se reunida no quadro 12.

De acordo com Carrillo, *et al.* (2018), esta categoria do KoT integra as características da definição dos tópicos que pressupõem o uso do menor número de termos possível, tal como se entende que deva acontecer nas definições dos conceitos em biologia.

Literatura em Ciências	Categoria do KoT (MTSK)
É importante para um professor ter o conhecimento aprofundado sobre os conteúdos (Van Dijk e Kattmann, 2007; Park e Chen, 2012)	Conhecimento das propriedades e fundamentos atribuíveis a um conteúdo matemático. Refere-se ao conhecimento das propriedades específicas do conteúdo matemático e os fundamentos que estas têm, os quais lhes dão sentido e significado (Carrillo, <i>et al.</i> , 2018)
Excertos de sala de aula	
<p>[U17] P: <i>E agora vamos fazer dois pontos e dizer o que é que está no embrião. A radícula, caulículo e folhas primárias ou futuras folhas. Nós vamos também descobrir mais tarde que os cotilédones eles são como reservatórios onde tem o alimento que a semente precisa. Que a semente precisa para fazer o seu primeiro crescimento. Por agora já terminámos. Damos por encerrada a sessão das experiências e das plantas.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KoBT19] Conhece que o embrião é composto pela radícula, pelo caulículo e pelas folhas primárias.</p> <p>[KoBT20] Conhece que os cotilédones são as reservas nutritivas da semente, necessárias ao seu primeiro crescimento.</p>	
<p>[U139] P: <i>Temos o grão de pólen. O grão de pólen ou pode cair directamente nesta flor, não é? E chama-se polinização direta ou autopolinização. Ou então pode ser transportado, e já vamos ver como é que pode ser transportado, até outra flor. E consoante, se for uma flor da mesma planta é polinização indireta, se for uma flor de outra planta é polinização cruzada.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KoBT76] Conhece as definições de polinização direta, indireta e cruzada.</p>	
Categoria emergente no subdomínio do KoBT (BTSK)	
<p>Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados</p> <p>Conhecimento das definições ou propriedades específicas que caracterizam os elementos ou conceitos biológicos e dos exemplos que ajudam a defini-lo.</p>	

Quadro 25 - Fundamentação da categoria Conhecimento conceitos da biologia e de exemplos associados, do KoBT.

Ambas as categorias incluem ainda os fundamentos ou as justificações que atribuem significado ao conteúdo que podem ser, na matemática, apresentados com uma demonstração. Em biologia, dada a sua natureza prática, as demonstrações foram incluídas numa outra categoria

do *KoBT* apresentada mais à frente neste trabalho denominada de *Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia*.

3.1.2. Categoria: Conhecimento sobre leis, princípios e teorias da biologia

No ponto de vista da biologia, existem as propriedades específicas que permitem definir os conceitos (como na matemática) e cujo conhecimento já foi contemplado na categoria *Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados*, mas também existem as propriedades mais abrangentes que constituem as teorias, as leis e os princípios. Estes termos são próprios das ciências e por isso a relação direta à matemática não existe. Porém o tipo de conhecimento que integram está integrada na categoria do modelo MTSK na categoria relativa às propriedades e fundamentos matemáticos, do KoT.

A Academia Nacional de Ciência (National Research Council, 2008) explora o papel da teoria para a ciência e para a biologia em particular e apresenta a importância da teoria, das leis e dos princípios para o conhecimento sobre a ciência, não só para o que já se conhece como plataforma para novas descobertas. Constituem formas de organizar a informação e de a tornar clara para outros. Considerando a importância dada, em ciências, às leis, teorias e princípios, assume-se a necessidade da criação de uma categoria para as mesmas que se designa de **Conhecimento de leis, princípios e teorias**. As evidências deste conhecimento foram encontradas neste excerto, apresentado de seguida:

P: A semente o que precisa é de água, agora de início, de humidade, para começar a germinar. Depois se quiserem plantar o feijão põem um bocadinho de terra e põem lá o feijão já... Mas atenção à água. Não podes colocar muita, mas com pouquinha também não é suficiente, é preciso um mínimo para que a semente consiga germinar completamente.
[U184]

Neste excerto observa-se o conhecimento da professora sobre a necessidade da presença da água na germinação. A professora esclarece que é necessária em quantidade suficiente para germinar. Alerta para o facto de que sendo a água em pouca quantidade pode não ser suficiente para que o processo se complete e se dê a ocorrência do fenómeno da germinação. Esta declaração mostra que conhece a Lei do Mínimo que em traços gerais diz que o desenvolvimento está limitado pelo componente que existe em menor quantidade. Neste caso da germinação é a água que condiciona o desenvolvimento da semente. No quadro 13 estão reunidas as informações relativas à categoria Conhecimento de leis, princípios e teorias.

Literatura em Ciências	Categoria do KoT (MTSK)
As teorias, as leis e os princípios são importantes para a ciência. Organizam o conhecimento e permitem avanços e novas descobertas (NRC, 2008). Entre a teoria e um princípio sobressai a diferença entre o número de factos que abarca, sendo que um princípio envolve um grupo mais limitado (Harlen, 2003).	Conhecimento das propriedades e fundamentos atribuíveis a um conteúdo matemático. Refere-se ao conhecimento das propriedades específicas do conteúdo matemático e os fundamentos que estas têm, os quais lhes dão sentido e significado (Carrillo, <i>et al.</i> , 2018)
<i>Excertos de sala de aula</i>	
[U184] P: A semente o que precisa é de água, agora de início, de humidade, para começar a germinar. Depois se quiserem plantar o feijão põem um bocadinho de terra e põem lá o feijão já... Mas atenção à água. Não podes colocar muita, mas com pouquinha também não é suficiente, é preciso um mínimo para que a semente consiga germinar completamente.	
Conhecimento envolvido:	
[KoBT133] Conhece que para germinar é imprescindível a presença de água.	
Categoria emergente no subdomínio do KoBT (BTSK)	
Conhecimento sobre leis, princípios e teorias da biologia	
Conhecimento das leis, princípios e teorias associadas à reprodução das plantas.	

Quadro 26 - Fundamentação da categoria *Conhecimento sobre leis, princípios e teorias em biologia*, do KoBT.

3.1.3. Categoria: Conhecimento de factos e fenómenos biológicos

No documento de 2008 da *National Academy of Sciences*, a palavra fenómeno é recorrente, assim como «evento» ou a expressão «fenómeno natural». Os factos, segundo Valadares e Moreira (2009), são os dados resultantes das observações efetuadas e às quais se atribui significado e validade. Os fenómenos (ou processos biológicos) consistem na sequenciação desses factos, dados ou evidências relacionadas através de argumentos como «Quando?» ou «Como?» (Novak e Gowin, 1996). O conhecimento sobre os fenómenos e factos biológicos são necessários a um professor pois integram o Subject Matter Knowledge assim designado por Rollnick, *et al.* (2008), juntamente com o conhecimento dos conteúdos, conceitos, procedimentos, factos, regras e teoremas.

Encontram-se evidências do conhecimento descrito, no decorrer das aulas observadas e que são apresentadas seguidamente. O primeiro excerto revela o conhecimento sobre o facto do musgo e do feto serem plantas sem flor.

P: O musgo não dá flor, é uma planta que não dá flor. Os fetos também, não dão flor. Mas as roseiras dão flor, os nenúfares, a papoila que vimos no texto hoje de manhã, dá flor. A maior parte das plantas que nós conhecemos dão flor. [U30]

É evidente o seu conhecimento sobre este facto: o musgo e o feto são plantas sem flor ([KoBT38]) e isso constitui um facto já que se trata de um dado repetidamente confirmado pela observação. Para além do conhecimento sobre este facto, acrescenta que há outras plantas que têm flor, como as rosas, os nenúfares e as papoilas. Estas plantas pertencem ao grupo das plantas com flor e isso é igualmente um facto.

A outra evidência de conhecimento, referida anteriormente, revela o conhecimento de que a flor desempenha a função de reprodução da planta ([KoBT59]): “P: (...) A flor é o órgão de reprodução da planta. Neste grupo de plantas com flor, a flor serve para a planta se reproduzir.” [U115]. Acrescenta que no grupo das plantas com flor, a flor é o órgão responsável pela reprodução.

Estas duas passagens ([U30] e [U115]) ajudam a compreender o tipo de conhecimento que caracteriza esta categoria, nomeadamente o conhecimento de factos. Porém esta categoria integra igualmente o conhecimento de fenómenos biológicos. O excerto seguinte constitui uma evidência desse conhecimento.

P: Chiu! Vamos lá ver o que é que acontece. Quando os grãos de pólen chegam ao estigma, estão a ver? Chegam aqui ao estigma, o próprio estigma tem uma substância pegajosa que pega os grãos de pólen. Eles vão começar a germinar, a germinar, a desenvolver, a crescer. Forma, a que se chama, o tubo polínico, que é isto, até ao óvulo, do qual sai a célula sexual masculina que se encontra depois com a célula sexual feminina que está dentro do óvulo. Portanto a fecundação é a união da célula sexual masculina com a célula sexual feminina. [U152]

Nesta passagem a professora revela o seu conhecimento sobre o fenómeno da germinação do grão de pólen ([KoBT96]) e detalha o que lhe acontece desde que cai no estigma da flor até que as células sexuais masculinas encontram o óvulo e acontece a fecundação. Descreve sucintamente em que consiste a fecundação, outro fenómeno biológico ([KoBT97]).

Os factos, mencionados aqui, também estão presentes na matemática e tem o mesmo atributo: são dogmas. Seja na matemática ou nas ciências, um facto é uma afirmação aceite como verdadeira e que não é questionável. O conhecimento de factos matemáticos está incluído na categoria Conhecimento das propriedades e fundamentos atribuíveis a um conteúdo

matemático, MTSK. Já os fenómenos biológicos são inteiramente da biologia e, não têm por isso, relação com o KoT.

Literatura em Ciências	Categoria do KoT (MTSK)
Os fenómenos ou processos biológicos consistem na sequenciação de factos, dados ou evidências (Novak e Gowin, 1996). O <i>Knowledge of subject Matter</i> constitui um domínio do conhecimento do professor (Rollnick, <i>et al.</i> , 2008) Os factos são “os dados resultantes das observações efetuadas e a que se atribuiu significado e validade” (Valadares e Moreira, 2009, p. 21).	Conhecimento das propriedades e fundamentos atribuíveis a um conteúdo matemático. Refere-se ao conhecimento das propriedades específicas do conteúdo matemático e os fundamentos que estas têm, os quais lhes dão sentido e significado (Carrillo, <i>et al.</i> , 2018).
Excertos de sala de aula	
[U30] <i>P: O musgo não dá flor, é uma planta que não dá flor. Os fetos também, não dão flor. Mas as roseiras dão flor, os nenúfares, a papoila que vimos no texto hoje de manhã, dá flor. A maior parte das plantas que nós conhecemos dão flor.</i>	
Conhecimento envolvido: [KoBT38] Conhece que o musgo e o feto são plantas sem flor.	
[U115] <i>P: (...) A flor é o órgão de reprodução da planta. Neste grupo de plantas com flor, a flor serve para a planta se reproduzir.</i>	
Conhecimento envolvido: [KoBT59] Conhece que a flor é o órgão reprodutivo das plantas com flor.	
[U152] <i>P: Chiu! Vamos lá ver o que é que acontece. Quando os grãos de pólen chegam ao estigma, estão a ver? Chegam aqui ao estigma, o próprio estigma tem uma substância pegajosa que pega os grãos de pólen. Eles vão começar a germinar, a germinar, a desenvolver, a crescer. Forma, a que se chama, o tubo polínico, que é isto, até ao óvulo, do qual sai a célula sexual masculina que se encontra depois com a célula sexual feminina que está dentro do óvulo. Portanto a fecundação é a união da célula sexual masculina com a célula sexual feminina.</i>	
Conhecimento envolvido: [KoBT96] Conhece o fenómeno da germinação do grão de pólen. [KoBT97] Conhece o conceito de fecundação.	
Categoria emergente no subdomínio do KoBT (BTSK)	
Conhecimento de factos e fenómenos biológicos	
Conhecimento sobre os factos como verdades dogmáticas e dos fenómenos biológicos enquanto processos e sequências de acontecimentos biológicos.	

Quadro 27 - Fundamentação da categoria *Conhecimento de factos e fenómenos biológicos*, do KoBT.

Esta categoria do KoBT não encontra homóloga direta no subdomínio da matemática (KoT), mas pode considerar-se que a similaridade na definição de factos permite estabelecer esse elo. No quadro 14 estão apresentados os aspetos teóricos provenientes da matemática e das ciências,

assim como as evidências recolhidas pela observação das aulas que fundamentam e caracterizam esta categoria.

3.1.4. Categoria: Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia

O conhecimento sobre a biologia está frequentemente associado ao conhecimento sobre o trabalho prático definido por Hodson (1985, 1998) e Leite (2001) como o tipo de atividades nas quais os alunos estão envolvidos de forma física ou emocional. De acordo com as características expressas sobre este tipo de atividades incluímos aqui também as atividades práticas desenvolvidas pelos professores para demonstrar algo aos alunos: as demonstrações (Magnusson, *et al.*, 1999).

Enquanto que na disciplina da matemática o conhecimento de demonstrações revela o conhecimento do professor das propriedades e fundamentos atribuíveis a um conteúdo (categoria onde se inclui), na biologia estão revestidas de um papel prático e manipulativo. Por esse motivo as demonstrações são agrupadas com as demais atividades desta natureza e foi criada uma categoria própria: ***Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia.***

No âmbito do modelo MTSK, encontram-se similaridades com a categoria do KoT designada por: Conhecimento dos procedimentos matemáticos associados a um determinado conteúdo. De acordo com Carrillo, *et al.* (2018), esta categoria diz respeito ao conhecimento do professor relativamente ao saber fazer, como e quando se pode utilizar ou fazer determinada prática.

Este conhecimento de “como fazer” encontra-se no excerto que se apresenta agora. Consiste no conhecimento das etapas de desenvolvimento de uma atividade prática de cariz experimental.

P: É a experiência que diz 3-A. Oh Tomás! Para escrever vocês precisam de ter a experiência na frente agora. Não é? 3-A. Então, a questão era: As plantas precisam de água/ de humidade para germinar? E nós para descobrir isso fizemos... arranjamos dois frascos colocámos um papel dentro do frasco, dentro dos dois, colocámos as sementes de tamanho muito semelhante... Senta-te Jorge. O tamanho das sementes era o mesmo. Não é? Vocês escolheram aquelas que eram mais parecidas, de feijão. E depois no outro a diferença é que pusemos água. [U33]

A professora organizou a atividade e revê com os alunos os passos dados na realização da tarefa. Explicita que foi necessário criar as mesmas condições nos dois frascos usados na experiência e que apenas um aspeto é diferente entre eles: a presença da água. Num dos frascos foi colocada água e no outro não.

É evidente o seu conhecimento sobre o saber fazer: sabe que tem de controlar as variáveis mantendo as mesmas condições nos dois frascos usados. O único fator que altera é a presença ou ausência de água e permite-lhe testar a influência da sua presença/ausência ([KoBT42]). Revela consciência deste tipo de abordagem já que designa esta atividade como experimental.

O saber fazer em biologia implica, muitas vezes, o saber manipular instrumentos ou aparelhos. O conhecimento sobre a manipulação do microscópio é revelado na próxima passagem, retirada de uma entrevista.

E: (...) Estava a pensar, também hoje, pôr aquilo [anteras maduras] do microscópio, mas com este tempo assim...

e: Vocês não têm um elétrico?

E: Não. E o que estava ali elétrico ainda era pior que os outros. Hum, não sei. Logo vejo a melhor forma de me orientar. [U209]

É evidente que a professora sabe usar o microscópio. Conhece o seu funcionamento e está ciente das suas limitações. Segundo a professora, os aparelhos disponíveis na escola têm um espelho como fonte de luz em vez de uma lâmpada. Ela reconhece que a luz que chega ao espelho dos microscópios pode não ser suficiente, uma vez que o dia em questão estava nublado, e que os microscópios elétricos (com lâmpada incorporada) desempenham melhor a sua função ([KoBT169]).

Para se fundamentar esta categoria do *KoBT* cujo resumo se apresenta no quadro 15, recorre-se à definição da categoria Conhecimento dos procedimentos matemáticos associados a um determinado conteúdo, do subdomínio homólogo da matemática, na literatura sobre os procedimentos práticos em biologia e nas evidências de sala de aula que confirmam a mobilização deste tipo de conhecimento durante a prática letiva.

Literatura em Ciências	Categoria do KoT (MTSK)
<p>Os trabalhos práticos são as atividades em que os alunos estão ativamente envolvidos (Leite, 2001) e pode assumir uma abordagem experimental (Hodson, 1985, 1998). Incluem as as demonstrações usadas pelos professores (Magnusson, <i>et al.</i>, 1999).</p>	<p>Conhecimento dos procedimentos matemáticos associados a um determinado conteúdo.</p> <p>Incorpora o conhecimento dos professores relativamente ao saber fazer, como fazer e quando aplicar uma prática em particular (Carrillo, <i>et al.</i>, 2018).</p>
<p><i>Excertos de sala de aula</i></p>	
<p>[U33] P: <i>É a experiência que diz 3-A. Oh Tomás! Para escrever vocês precisam de ter a experiência na frente agora. Não é? 3-A. Então, a questão era: As plantas precisam de água/ de humidade para germinar? E nós para descobrir isso fizemos... arranjamos dois frascos colocámos um papel dentro do frasco, dentro dos dois, colocámos as sementes de tamanho muito semelhante... Senta-te Jorge. O tamanho das sementes era o mesmo. Não é? Vocês escolheram aquelas que eram mais parecidas, de feijão. E depois no outro a diferença é que pusemos água.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KoBT42] Conhece o modo de preparação de uma atividade de cariz experimental.</p>	
<p>[U209] E: (...) <i>Estava a pensar, também hoje, pôr aquilo [anteras maduras] do microscópio, mas com este tempo assim...</i></p> <p>e: <i>Vocês não têm um elétrico?</i></p> <p>E: <i>Não. E o que estava ali elétrico ainda era pior que os outros. Hum, não sei. Logo vejo a melhor forma de me orientar.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KoBT169] Conhece que o estado metereológico condiciona a qualidade da observação no microscópio.</p>	
<p>Categoria emergente no subdomínio do KoBT (BTSK)</p>	
<p style="text-align: center;">Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia</p> <p>Conhecimento sobre os meios e instrumentos mais apropriados para realizar determinada observação bem como as técnicas a eles associados. Conhecimento sobre como desenvolver esse procedimento/observação e o momento mais adequado para o desenvolver.</p>	

Quadro 28 - Fundamentação da categoria *Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia*, do KoBT.

Face ao exposto, designa-se esta categoria como *Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia* e incluímos aqui o conhecimento sobre os procedimentos, técnicas e instrumentos de observação usados no ensino da biologia.

3.1.5. Categoria: Conhecimento de modelos associados ao conteúdo da biologia

No ensino da biologia, os tópicos são muitas vezes apresentados com recurso a modelos, modelos de representação. Os modelos da célula, da flor completa ou da molécula de ADN facilitam o estudo e promovem a compreensão de conceitos abstratos e inacessíveis (Ferreira, *et al.*, 2007; Orlando, *et al.*, 2009; Chen, *et al.*, 2016)

O conhecimento de modelos no estudo da reprodução das plantas foi mobilizado em sala de aula durante a observação e registado no excerto que se apresenta de seguida. A professora faz referência ao modelo de flor: “A: Que flor é esta, professora.; P: Não sei identificar... Mas também não têm que representar flor nenhuma! É um esquema que tem as principais partes da flor, para identificar e estudar. Vá vamos lá.” [U117].

A professora não reconhece a planta que serviu de inspiração à elaboração do desenho apresentado no manual escolar, mas confirma que se trata de um modelo. Nas suas palavras: um esquema. Além disso, acrescenta que se trata de uma ferramenta para facilitar o estudo por parte dos alunos e a compreensão do conceito ([KoBT61]). Os esquemas e representações constituem modelos visuais (Gilbert, 1998) e são comuns nos manuais escolares e livros científicos. Constituem modelos de representação para facilitar a compreensão ou o estudo (Chen, *et al.* (2016).

Os modelos de representação encontram uma relação direta com os registos de representação presentes na categoria Conhecimento dos registos de representação associados a um conteúdo matemático, do MTSK (Carrillo, *et al.*, 2018). Segundo Escudero-Ávila (2015) a categoria integra o "conhecimento sobre a existência de distintos registos nos quais se pode representar um determinado conteúdo(...) assim como o conhecimento da notação e vocabulário adequado a essas representações (...)" (Escudero-Ávila, p. 29). Do mesmo modo que os matemáticos usam as representações para representar um determinado conteúdo, os cientistas usam os modelos para representar as suas teorias ou descobertas relativamente a um conceito ou fenómeno.

Para um professor, o recurso ao modelo como estratégia didática é importante por exemplo para orientar a discussão em redor do tema, ilustrar o seu discurso ou eventualmente promover a construção de modelos como atividade (Chen, *et al.*, 2016). No entanto, no âmbito desta categoria, pretende-se enquadrar apenas o conhecimento que o professor tem relativamente aos modelos, como estruturas ou registos que permitem diferentes representações de um determinado conteúdo. Designa-se esta categoria como *Conhecimento de modelos associados*

ao conteúdo da *biologia* e revela-se o resumo da sua fundamentação. No quadro 16 apresenta-se a literatura base para fundamentar a criação desta categoria, a categoria do MTSK que integra o conhecimento com as mesmas características e as evidências desse conhecimento recolhidas da prática letiva.

Literatura em Ciências	Categoria do KoT (MTSK)
Os modelos como representações tem vantagens e limitações (Justi, 2006). Os modelos são representações de ideias, concepções, fenómenos (Chen, <i>et al.</i> , 2016).	Conhecimento dos registos de representação associados a um conteúdo matemático O conhecimento sobre a existência de diferentes registos com os quais se pode representar determinado conteúdo (Carrillo, <i>et al.</i> , 2018).
<i>Excertos de sala de aula</i>	
<p>[U117] A: <i>Que flor é esta, professor.</i> P: <i>Não sei identificar... Mas também não têm que representar flor nenhuma! É um esquema que tem as principais partes da flor, para identificar e estudar. Vá vamos lá.</i></p> <p>Conhecimento envolvido: [KoBT61] Conhece o modelo de flor completa.</p>	
Categoria emergente no subdomínio do KoBT (BTSK)	
<p>Conhecimento de modelos associados ao conteúdo da biologia</p> <p>Conhecimento sobre estruturas, esquemas, modelos ou registos que permitem diferentes representações de um determinado conteúdo.</p>	

Quadro 29 - Fundamentação da categoria *Conhecimento de modelos associados ao conteúdo da biologia*, do KoBT.

Finalizada a caracterização de todo o subdomínio apresenta-se a figura 44 como forma de resumir as categorias de conhecimento deste subdomínio. Pela observação da figura pode-se confirmar que o subdomínio do *Conhecimento dos temas da biologia* integra cinco categorias: o *Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados*, *Conhecimento sobre leis, princípios e teorias da biologia*, *Conhecimento de modelos associados ao conteúdo da biologia*, *Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia* e *Conhecimento de factos e fenómenos biológicos*. Lembra-se que estas categorias não se referem a todos os tópicos da biologia, mas apenas ao tópico Reprodução das Plantas.

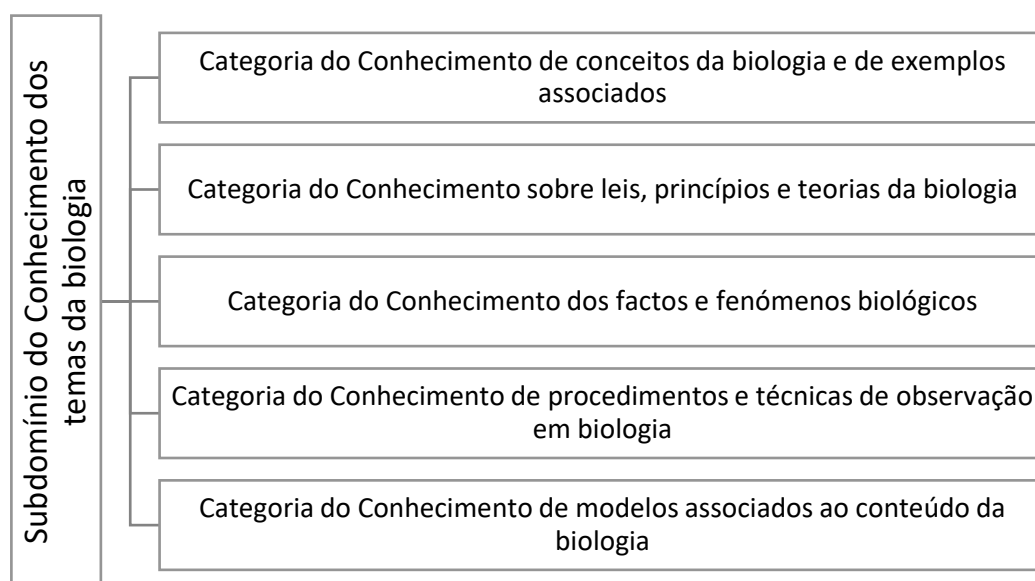


Figura 44 – Categorias do Subdomínio do *Conhecimento dos temas da biologia*, do *BTSK*.

3.2. O subdomínio do Conhecimento da estrutura da biologia

A caracterização do subdomínio do *Conhecimento da estrutura da biologia* basea-se na definição estabelecida para o subdomínio homólogo no modelo da matemática (MTSK). Carrillo, *et al.* (2018) define-o como o conhecimento de conexões interconceituais e conhecimentos tanto avançados, como elementares que permitem ao professor trabalhar o conteúdo desse o ponto de vista integral e estruturado. Foi possível caracterizar uma categoria no âmbito do *BTSK*, designada como *Conhecimento de Big Ideas*.

3.2.1. Categoria: Conhecimento de *Big Ideas*

No âmbito das ciências este conhecimento integrado é definido por Ball e Bass (2000) e Käpylä, *et al.* (2009) como o conhecimento que o professor tem que lhe permite compreender as ligações entre os diferentes conceitos, factos e conceitualizações da disciplina. Este conceito de conhecimento abrangente e integrado é igualmente reconhecido entre a comunidade científica como «grandes ideias» ou *Big Ideas* (na designação inglesa) e referido por vários autores (Fiedler-Ferrara e Mattos, 2002; Duncan, *et al.*, 2009; Mitchell, *et al.*, 2016). É este o contexto em que se integram as *Big ideas* e designação esta categoria como: *Conhecimento de Big Ideas*.

A reprodução constitui uma *Big idea* na medida em que permite relacionar pelo menos dois temas: a Reprodução das Plantas e a Reprodução dos Animais.

A análise das transcrições revelou várias relações entre o tema da reprodução das plantas e a reprodução dos animais, colocando em evidência o conhecimento sobre o elemento estruturante: Reprodução. Apresentam-se seguidamente as passagens que colocam em evidência esse conhecimento: [U210] e [U213]

P: As flores é que têm essa particularidade. Mas vocês sabem que também há animais...

A: Os caracóis.

P: Sim, os caracóis por exemplos, que tem os dois sexos. Não são é suficientes. Precisam sempre de outro para acasalar. Sim, sim... [U210]

A: Os animais bebés alimentam-se da mãe, não é. Por exemplo, a planta tem que se alimentar dos cotilédones...

A: Cotilédones.

[Risos por parte dos alunos]

P: Sim, sim.

(...)

P: Pronto. Chiu! Ele está a falar dos animais ovíparos.

A: Estou a comparar.

P: Estás a comparar a semente... Os animais ovíparos. A galinha, está lá o choco, está lá o ovo, também tem substâncias de reserva para alimentar o pintainho. São os animais ovíparos. Mas o nosso caso, já não. Quem alimenta o embrião é a própria mãe. Hum? Está? [U213]

Na passagem [U210] a professora conhece que há animais que, como as flores, também têm os dois sexos ([KSB1]). Porém, não são autosuficientes e precisam sempre de um par sexual para se reproduzirem.

Na segunda passagem é comparada a reprodução dos animais com a reprodução das plantas. Estabelece-se, com os alunos, uma relação entre os animais ovíparos com as sementes das plantas com flor. As declarações da professora revelam o seu conhecimento sobre a similaridade entre a reprodução das plantas (semente) e a reprodução dos animais ovíparos (nascem de um ovo), [KSB4]. Esclarece a similaridade que existe entre o desenvolvimento de plantas e animais

através da sua dependência das substâncias de reserva; sejam os embriões de animais no interior do ovo, sejam os embriões de plantas no interior da semente.

Literatura em Ciências	Categoria do KSM (MTSK)
Conhecimento que o professor tem que lhe permite compreender as ligações entre os diferentes conceitos, factos e conceptualizações da disciplina. (Käpylä, <i>et al.</i> , 2009; Ball e Bass, 2000)	Conhecimento das conexões transversais entre os conteúdos matemáticos. Refere-se ao conhecimento das relações entre dois conteúdos diferentes, pela qualidade que têm em comum ou pela proximidade de pensamento (Carrillo, <i>et al.</i> , 2018).
Excertos de sala de aula	
<p>[U210] <i>P: As flores é que têm essa particularidade. Mas vocês sabem que também há animais...</i> <i>A: Os caracóis.</i> <i>P: Sim, os caracóis por exemplos, que tem os dois sexos. Não são é suficientes. Precisam sempre de outro para acasalar. Sim, sim...</i> Conhecimento envolvido: [KSB1] Conhece que os caracóis também têm os dois sexos, como as flores.</p>	
<p>[U213] <i>A: Os animais bebés alimentam-se da mãe, não é. Por exemplo, a planta tem que se alimentar dos cotilédones...</i> <i>A: Cotilédones.</i> <i>[Risos por parte dos alunos]</i> <i>P: Sim, sim.</i> (...) <i>P: Pronto. Chiu! Ele está a falar dos animais ovíparos.</i> <i>A: Estou a comparar.</i> <i>P: Estás a comparar a semente... Os animais ovíparos. A galinha, está lá o choco, está lá o ovo, também tem substâncias de reserva para alimentar o pintainho. São os animais ovíparos. Mas o nosso caso, já não. Quem alimenta o embrião é a própria mãe. Hum? Está?</i> Conhecimento envolvido: [KSB4] Conhece a similaridade entre a reprodução das plantas (semente) e a reprodução dos animais ovíparos (ovo).</p>	
Categoria emergente no subdomínio do KSB (BTSK)	
Conhecimento de <i>Big Ideas</i>	
<p>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.</p>	

Quadro 30 - Fundamentação da categoria *Conhecimento de Big ideas*, do KSB.

As *Big Ideas* encontram uma relação muito próxima com uma das categorias definidas no âmbito da matemática: Conhecimento de conexões transversais entre conteúdos matemáticos. É

caracterizada pelas conexões que têm distintos conteúdos e podem relacionar-se por alguma qualidade comum ou pelos modos de pensamento associados a esses temas.

Durante a análise não foram encontradas outras evidências do conhecimento de conexões entre conceitos e, por isso, a caracterização do subdomínio do *Conhecimento da estrutura da biologia* fica centrada numa única categoria denominada como *Conhecimento de Big Ideas*. O quadro 17 reúne a informação que dá sustentação à criação desta categoria.

3.3. O subdomínio do Conhecimento da natureza da ciência

A Natureza da Ciência inclui os aspetos relacionados com o conhecimento científico, especificamente como é produzido e validado (Abd-El-Khalick e Lederman, 2000).

Aydin (2013) integra este conhecimento no conjunto de saberes que o professor deve ter, na medida em que este conhecimento consiste na justificação do conhecimento científico. Deste modo, designa-se este subdomínio como o *Conhecimento da natureza da ciência* e integra, como nome indica, o conhecimento da natureza da ciência. Este subdomínio compreende a mesma ideia que o subdomínio homólogo no modelo MTSK. Ambos se referem ao conhecimento do professor sobre a forma como se produz conhecimento científico e como o mesmo é validado.

No âmbito do *BTSK* conseguiu-se caracterizar duas categorias: *Conhecimento de métodos de investigação científica* e *Conhecimento do estatuto da ciência e conhecimento científico*.

3.3.1. Categoria: Conhecimento de métodos de investigação científica

Esta categoria, denominada como ***Conhecimento de métodos de investigação científica***, integra o conhecimento do professor relativamente aos diferentes métodos usados por cientistas e investigadores que lhes permitem fazer novas descobertas no âmbito das ciências.

Ao longo da análise das transcrições das aulas e respetivas entrevistas surgiram algumas evidências de conhecimento no âmbito deste subdomínio:

P: Seis semelhantes. Seis sementes semelhantes. Não sei se vocês já repararam... As sementes, por exemplo as do feijão branco, não são todas exatamente iguais. Pode haver uma um bocadinho maior ou uma um bocadinho mais pequena. Uma que está mais rugosa

ou a outra que está mais macia. Para se fazer uma experiência nós temos que escolher as sementes que são o mais parecido umas com a outras. [U5]

Nesta passagem a professora dá início a uma atividade prática de cariz experimental com os alunos a partir da questão-problema: Como se comportam sementes diversas quando colocadas em água? A escolha das sementes foi cuidadosa fazendo referência à necessidade de serem selecionadas seis sementes o mais semelhantes possível. Na atividade que realizou com os alunos, a semente de feijão constitui uma variável controlada por isso as sementes têm de ser iguais. Este cuidado revela o seu conhecimento sobre a necessidade do controlo de variáveis numa atividade desta natureza ([KNoS3]).

Numa fase mais avançada do ensino do tema, a professora volta a mostrar o conhecimento sobre métodos adotados pelos cientistas no curso da sua atividade:

P: Sim, vocês têm que fazer registos. Esta experiência também vai demorar duas semanas e vocês têm que ir registando. Sabem que os cientistas fazem isto. Em cada experiência têm que ir fazendo registos, registos, para ir vendo o que acontece. [U19]

Para além de saber de antemão o tempo que vai dispor para a realização da atividade, a professora reconhece que faz parte das funções de quem investiga o registo contínuo e sistemático por forma a poder avaliar os resultados. Este conhecimento sobre a importância dos registos na atividade científica, [KNoS9], juntamente com o conhecimento da importância de controlo das variáveis ([KoBT5]), anteriormente revelado na [U5], coincidem com um dos aspetos da natureza da ciência definidos no trabalho de Wong e Hodson (2008) e designado pelos investigadores como: Métodos de investigação científica.

No âmbito do MTSK, existe um subdomínio que diz respeito à prática matemática: Conhecimento da Prática Matemática (KPM). Este subdomínio é composto por duas categorias: Práticas ligadas à matemática em geral e Práticas ligadas a uma temática em matemáticas. No âmbito da disciplina da biologia não foi possível encontrar uma prática científica específica (Lederman, 2007) apenas uma prática geral comum a todas as ciências: Natureza da Ciência.

Deste modo, é na primeira categoria do KPM que se encontram algumas semelhanças com esta categoria do *KNoS*, uma prática ligada à ciência no geral. Assim, esta categoria integra um tipo de conhecimento sobre como se produz o conhecimento nas ciências independentemente do

conceito abordado tal como refere Carrillo, *et al.* (2018) para caracterizar a categoria homóloga do MTSK: A categoria Práticas ligadas à Matemática em Geral. Considera-se nessa categoria o conhecimento sobre como se desenvolvem as matemáticas independentemente do conceito abordado (Carrillo, *et al.*, 2018). Reuniu-se a informação relativa à constituição e caracterização desta categoria no quadro 18.

Literatura em Ciências	Categoria do KPM (MTSK)
<p>O conhecimento científico é alcançado através de Métodos de Investigação Científica. Estes integram a Teoria versus experimentação, Inexistência de um método científico, o Avanço tecnológico, a Criatividade e a Objetividade subjetiva/ especulação teórica (Wong e Hodson, 2008).</p> <p>O factor tentativa integra uma componente da Natureza da Ciência cada vez mais significativa (Lederman, 1992)</p>	<p>Categoria: Práticas ligadas à Matemática em Geral. Integra o conhecimento sobre como se desenvolvem as matemáticas independentemente do conceito abordado (Carrillo, <i>et al.</i>, 2018).</p>
Excertos de sala de aula	
<p>[U5] <i>P: Seis semelhantes. Seis sementes semelhantes. Não sei se vocês já repararam... As sementes, por exemplo as do feijão branco, não são todas exatamente iguais. Pode haver uma um bocadinho maior ou uma um bocadinho mais pequena. Uma que está mais rugosa ou a outra que está mais macia. Para se fazer uma experiência nós temos que escolher as sementes que são o mais parecido umas com a outras.</i></p> <p>Conhecimento envolvido: [KNoS3] Conhece a necessidade do rigor na prática científica.</p>	
<p>[U19] <i>P: Sim, vocês têm que fazer registos. Esta experiência também vai demorar duas semanas e vocês têm que ir registando. Sabem que os cientistas fazem isto. Em cada experiência têm que ir fazendo registos, registos, para ir vendo o que acontece.</i></p> <p>Conhecimento envolvido: [KNoS9] Conhece a importância do registo para a análise dos resultados.</p>	
Categoria emergente no subdomínio do KNoS (BTSK)	
Conhecimento de métodos de investigação científica	
<p>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.</p>	

Quadro 31 - Fundamentação da categoria *Conhecimento de métodos de investigação científica*, do KNoS.

3.3.2. Categoria: Conhecimento do estatuto da ciência e conhecimento científico

Outra categoria com bastante significado no âmbito da Natureza da Ciência está relacionada com o estatuto do conhecimento científico. Apesar do conhecimento científico ser fiável e

duradouro, nunca é absolutamente certo. Estas mudanças são próprias da construção do conhecimento já que estão dependentes de novas descobertas, de novas formas de pensar, dos avanços tecnológicos, da evolução social (Lederman, *et al.*, 2002).

A passagem seguinte é uma evidência do conhecimento da professora sobre a forma como os cientistas fazem descobertas, num processo de construção da verdade científica.

P: Nós vamos começar agora esta série de experiências. Vamos fazer um bocadinho como os cientistas fazem em laboratório.

A: Vamos ser cientistas.

P: Vão tentar fazer algumas coisas, vão descobrir coisas. Os cientistas descobrem coisas. Para isso vão fazendo experiências, vão aprendendo, tentando, tentando. [U45]

Pela leitura das suas palavras, observa-se o conhecimento de que os cientistas fazem um conjunto de experiências com as quais vão aprendendo, num processo de sequências de tentativas. Entende-se, com estas palavras, que a partir do conhecimento descoberto são realizadas novas experiências.

A ideia que está subjacente não se inclui na categoria anterior que diz respeito aos métodos usados para a construção do conhecimento. O que se integra nesta categoria é a ideia de que o conhecimento científico atual proporciona novas investigações que podem levar, ou não, a novas descobertas ou à validação do conhecimento existente. Está subjacente a ideia de que o conhecimento está em constante refinamento.

No excerto seguinte é partilhada com os alunos a forma como são feitas novas descobertas no ambiente natural.

P: Nas grandes florestas, no Brasil há uma floresta que é a floresta amazónica que é muito, muito grande, e ainda é desconhecida uma parte dela. Há espécies de animais, principalmente de insetos que ainda estão a ser descobertos. Os cientistas fazem expedições, vão lá para descobrir novas plantas, novos animais e vão descobrindo novos animais e novas plantas. No mar também. De vez em quando os cientistas vão descobrindo novas espécies de animais, ou de algas... [U46]

Diz que existem espécies de plantas, animais e algas que não foram ainda identificadas pela humanidade. Revela que sabe que o conhecimento está em constante atualização, nomeadamente no que diz respeito à variedade de espécies.

Literatura em Ciências	Categoria do KPM (MTSK)
<p>O conhecimento científico, apesar de ser fiável e duradouro, nunca é uma certeza absoluta. O conhecimento, incluindo os factos, teorias e leis, é sujeito a alterações. As certezas científicas alteram-se com as novas evidências tornadas possíveis através de novas formas de pensar, dos avanços tecnológicos e mudanças culturais. (Lederman, <i>et al.</i>, 2002)</p>	<p>--</p>
Excertos de sala de aula	
<p>[U45] <i>P: Nós vamos começar agora esta série de experiências. Vamos fazer um bocadinho como os cientistas fazem em laboratório.</i> <i>A: Vamos ser cientistas.</i> <i>P: Não tentar fazer algumas coisas, não descobrir coisas. Os cientistas descobrem coisas. Para isso vão fazendo experiências, vão aprendendo, tentando, tentando.</i></p> <p>Conhecimento envolvido: [KNoB1] Conhece que os cientistas, em laboratório, para fazerem descobertas fazem experiências e aprendem.</p>	
<p>[U46] <i>P: Nas grandes florestas, no Brasil há uma floresta que é a floresta amazónica que é muito, muito grande, e ainda é desconhecida uma parte dela. Há espécies de animais, principalmente de insetos que ainda estão a ser descobertos. Os cientistas fazem expedições, vão lá para descobrir novas plantas, novos animais e vão descobrindo novos animais e novas plantas. No mar também. De vez em quando os cientistas vão descobrindo novas espécies de animais, ou de algas...</i></p> <p>Conhecimento envolvido: [KNoS4] Conhece que o conhecimento científico está em constante atualização.</p>	
Categoria emergente no subdomínio do KNoS (BTSK)	
<p>Conhecimento do estatuto da ciência e do conhecimento científico</p> <p>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.</p>	

Quadro 32 - Fundamentação da categoria *Conhecimento do estatuto da ciência e do conhecimento científico*, do KNoS.

Este conhecimento relativamente à Natureza da Ciência enquadra-se na categoria: Estatuto da ciência e do conhecimento científico, sintetizada no quadro 19. Não tem proximidade com alguma categoria do MTSK. Integra o conhecimento sobre esta característica do conhecimento científico biológico, a ideia de que o conhecimento está em constante mutação e atualização.

3.4. O subdomínio do Conhecimento do ensino da biologia

O subdomínio do *Conhecimento do ensino da biologia* envolve o conhecimento especializado do professor sobre o ensino de um conteúdo da biologia. No âmbito do estudo do conhecimento profissional do professor de matemática e ciências, Blanco, *et al.* (1995) refere a importância do conhecimento dos recursos e no âmbito da disciplina da biologia, Magnusson, *et al.* (1999) integra, como necessário para o ensino, o conhecimento das estratégias instrucionais.

Carrillo, *et al.* (2018) caracteriza este subdomínio, no modelo MTSK, como o conhecimento das teorias de ensino, o conhecimento de estratégias, atividades, recursos e materiais específicos para o ensino da disciplina. No âmbito do *BTSK* foi possível caracterizar duas categorias: *Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia* e *Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia*.

3.4.1. Categoria: Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia

Esta categoria refere-se àquele conhecimento que o professor possui que lhe permite optar pelo uso de um procedimento específico, num momento particular, por uma razão especial. Essa escolha é fundamentada na experiência adquirida ao longo do tempo, que o fez compreender que daquela forma contribui para o sucesso educativo (Loughran, *et al.*, 2012).

O centro educacional de Colorado Springs dedicado ao desenvolvimento do currículo da biologia (Biological Sciences Curriculum Study - BSCS) apresentou um modelo de uma sequência de aprendizagem que nomeou como: 5E Instructional Model (Bybee, *et al.*, 2006). Esta estratégia de aprendizagem consiste no desenvolvimento de cinco fases: envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação. De entre estas cinco fases, interessa a fase da explicação que

...

(...) centra a atenção dos alunos num aspeto particular das suas experiências de envolvimento e exploração e oferece oportunidades para demonstrar a sua compreensão conceitual, habilidades de processo ou comportamentos. Esta fase também promove a

oportunidade do professor introduzir diretamente um conceito, processo ou habilidade (Bybee, et al., 2006, p. 2).

Pode observar-se um destes momentos da Explicação no decorrer das observações de aula.

P: Basta nós dizermos o que é que concluímos: As sementes aumentam de tamanho, absorvem água. E é por isso também que o nível da água baixou. Se eu... Nós não nos lembramos de fazer um risquinho no nível da água para vocês verem que o nível da água tinha descido um bocadinho. Mas ontem, lembro-me que vocês disseram: Professora, agora tem menos água. Alguns de vocês comentaram isso. Não se lembram? Alguns disseram: Professora, agora tem menos água. Vamos pôr mais. Mas não pusemos. É só para vocês observarem isso. Pronto. Está experiência agora está concluída. Nós fizemos a conclusão. Terminou. Vocês aprenderam que quando as sementes estão em na presença de água, quando estão na água, elas aumentam de tamanho...[U62]

O objetivo da atividade era que os alunos observassem que as sementes absorvem água e ficam maiores. Nesta parte do seu discurso a professora salienta os aspetos que devem ser observados pelos alunos e relembra-os de observações anteriores. Tendo chegado ao final da atividade conclui e responde à questão-problema proposta no início da aula: Como se comportam sementes diversas quando colocadas em água?

Para além do momento da explicação é possível observar, nesta passagem, o seu conhecimento sobre o uso da atividade experimental como estratégia de ensino. Através desta atividade em particular, os alunos puderam aprender que as sementes na presença de água aumentam de tamanho ([KBT13]).

Na passagem que se segue, surge uma evidência de conhecimento de atividades específicas do ensino deste tema. Trata-se da observação de grãos de pólen a olho nu e com recurso ao microscópio.

P: Isto é para vocês perceberem, portanto, que os grãos de pólen são todos diferentes uns dos outros. Lembrem-se que na última aula, aqueles que estão ali tem que ser vistos ao microscópio. Estes aqui são grãos de pólen que estão aglo... juntos... fazem assim os grãos maiores. [U148]

A professora selecionou, de entre as atividades possíveis, uma atividade que proporcionasse a observação de que os grãos de pólen são diferentes uns dos outros [KBT51]. Fá-lo de duas

formas: uma com recurso ao microscópio e outra a observação a olho nu. Para além da observação estimula os alunos para que os comparem e verifiquem que são diferentes.

Literatura em Ciências	Categoria do KMT (MTSK)
<p>Conhecimento de estratégias instrucionais e representações que são escolhidas por serem apropriadas aos alunos e ao conteúdo e promovem a progressão do pensamento dos alunos. (Berry, <i>et al.</i>, 2017)</p> <p>Conhecimento de estratégias instrucionais (Magnusson, <i>et al.</i>, 1999)</p> <p>Modelo instructional 5E. (Bybee, <i>et al.</i>, 2006)</p>	<p>Conhecimento da potencialidad matemática que podem ter certas sequências de atividades, tarefas, estratégias ou técnicas didáticas (Carrillo, <i>et al.</i>, 2018)</p>
Excertos de sala de aula	
<p>[U62] <i>P: Basta nós dizermos o que é que concluímos: As sementes aumentam de tamanho, absorvem água. E é por isso também que o nível da água baixou. Se eu... Nós não nos lembramos de fazer um risquinho no nível da água para vocês verem que o nível da água tinha descido um bocadinho. Mas ontem, lembro-me que vocês disseram: Professora, agora tem menos água. Alguns de vocês comentaram isso. Não se lembram? Alguns disseram Professora, agora tem menos água. Vamos pôr mais. Mas não pusemos. É só para vocês observarem isso. Pronto. Está experiência agora está concluída. Nós fizemos a conclusão. Terminou. Vocês aprenderam que quando as sementes estão em na presença de água, quando estão na água, elas aumentam de tamanho...</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KBT13] Conhece que através da atividade experimental os alunos aprendam que as sementes na presença de água aumentam de tamanho.</p>	
<p>[U148] <i>P: Isto é para vocês perceberem, portanto, que os grãos de pólen são todos diferentes uns dos outros. Lembrem-se que na última aula, aqueles que estão ali tem que ser vistos ao microscópio. Estes aqui são grãos de pólen que estão aglo... juntos... fazem assim os grãos maiores.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KBT51] Conhece a observação de grãos de pólen ao microscópio como atividade no ensino da reprodução das plantas.</p>	
Categoria emergente no subdomínio do KBT (BTSK)	
<p>Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia</p> <p>Conhecimento de estratégias, atividades, técnicas específicas para o ensino de um tópico da biologia e da sua potencialidade enquanto promotora de aprendizagem.</p>	

Quadro 33 - Fundamentação da categoria *Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia*, do KBT.

Estas evidências são suficientes para reconhecer que o Conhecimento de estratégias, ciclos de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia constitui uma categoria que integra o subdomínio do Conhecimento do ensino da biologia.

No âmbito do modelo do Conhecimento Especializado do Professor de Matemáticas (MTSK) existe uma categoria que abarca este mesmo conceito. Carrillo, *et al.* (2018) descreve a categoria como o conhecimento da potencialidade matemática que podem ter certas sequências de atividades, tarefas, estratégias ou técnicas didáticas. No ponto de vista dos investigadores estas características são idênticas àquelas que foram incluídas nesta categoria e desta feita são consideradas homólogas. A descrição do conhecimento que compõe a categoria homóloga do MTSK, a literatura sobre o tema e as evidências recolhidas em sala de aula foram reunidas no quadro 20.

3.4.2. Categoria: Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia

Inclui-se nesta categoria o conhecimento do professor sobre os recursos disponíveis para o ensino de um tópico da biologia, os que melhor servem os propósitos do ensino e que potenciam e motivam os alunos para a aprendizagem. Para conduzir os alunos na sua aprendizagem o professor deve conseguir orientar-se no vasto leque de recursos que tem disponível e selecionar o melhor (Blanco, *et al.*, 1995; Magnusson, *et al.*, 1999).

Para se iniciar a caracterização desta categoria, designada como *Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia*, recupera-se o excerto de aula já apresentado na caracterização da categoria anterior.

P: Isto é para vocês perceberem, portanto, que os grãos de pólen são todos diferentes uns dos outros. Lembrem-se que na última aula, aqueles que estão ali tem que ser vistos ao microscópio. Estes aqui são grãos de pólen que estão aglo... juntos... fazem assim os grãos maiores. [U148]

Este excerto revela o conhecimento sobre o uso do microscópio como atividade para o ensino da reprodução das plantas, mas revela também o seu conhecimento sobre o microscópio enquanto recurso que pode ser usado no estudo do tema da Reprodução das Plantas [KBT51]. Para Carrillo, *et al.* (2018) o conhecimento sobre a existência do recurso e o seu uso adequado não são suficientes. É igualmente importante conhecer o seu potencial, as suas vantagens e desvantagens, ou por outras palavras, em que medida um determinado recurso é mais adequado e porquê.

A leitura da unidade [U209] acompanha esta ideia de Carrillo, *et al.* (2018) e revela precisamente este conhecimento aprofundado do recurso, ou seja, o conhecimento desta professora sobre as limitações e potencialidade do microscópio como instrumento de observação ([KBT57]).

E: Se a internet estiver boa. Estava a pensar, também hoje, pôr aquilo [anteras maduras] do microscópio mas com este tempo assim [céu nublado]...

e: Vocês não têm um elétrico?

E: Não. E o que estava ali elétrico ainda era pior que os outros. Hum, não sei. [U209]

Como se pode constatar pela análise do excerto, a professora sabe que os microscópios disponíveis na escola nem sempre permitem uma observação clara pois a iluminação está dependente de um espelho. Com o céu nublado a observação pode ficar comprometida.

Para além do uso do microscópio, foi possível recolher evidências sobre o conhecimento de outro instrumento de ampliação. O excerto seguinte mostra uma evidência relativamente ao conhecimento do uso deste material. A professora revela que sabe que a lupa potencia a observação do interior das sementes e usa-a como recurso no ensino da temática. Conhece que a lupa é um instrumento facilitador da observação do interior da semente ([KBT15]).

P: (...) Vou dar-vos uma lupa para vocês conseguirem ver melhor, vou dar-vos um guião. E este guião tem aqui uma semente que já está aberta. Antes de eu vos dar isto vou-vos explicar aqui no quadro interativo para se ver melhor. E cada uma das partes da semente tem um nome que nós também vamos aprender qual é. [U64]

Para além de conhecer a lupa como recurso e de as providenciar aos alunos apoia e conduz a observação com uma imagem, uma fotografia, projetada no quadro interativo. O conhecimento dos recursos virtuais é partilhado pela professora Beatriz: “e: Este vídeo da polinização que tens aqui na planificação, foste buscá-lo onde?; E: Vou buscá-lo à Escola Virtual.” ([U218]). A professora revela o seu conhecimento sobre os sítios da internet que podem apoiar a sua tarefa de ensinar o tema da Reprodução das Plantas ([KBT56]).

Os recursos materiais como o microscópio e a lupa são recursos materiais no ensino da biologia, mas existem outros. No âmbito do ensino desta disciplina, existe um recurso linguístico muito frequente que facilita a resolução de problemas de compreensão de conteúdos: as analogias (Ferraz e Terrazan, 2001). As analogias foram usadas no decorrer do ensino desta temática por ambas as professoras. Veja-se a primeira passagem: “P: Nesta vocês têm que ter cuidado com a seiva. A seiva é o sangue que corre na planta.” [U69]. Revela que conhece grosso modo a função

da seiva da planta e usa a analogia com o sangue dos animais para transmitir essa função aos alunos ([KBT21]). A outra evidência que se seleciona para clarificar e ilustrar o conhecimento de analogias é um momento de aula seguinte.

A: Os animais bebés alimentam-se da mãe, não é. Por exemplo, a planta tem que se alimentar dos cotilédones...

A: Cotilédones.

[Risos por parte dos alunos]

P: Sim, sim.

(...)

P: Pronto. Chiu! Ele está a falar dos animais ovíparos.

A: Estou a comparar.

P: Estás a comparar a semente... Os animais ovíparos. A galinha, está lá o choco, está lá o ovo, também tem substâncias de reserva para alimentar o pintainho. São os animais ovíparos. Mas o nosso caso, já não. Quem alimenta o embrião é a própria mãe. Hum? Está?
[U213]

A professora recupera a comparação feita pelo aluno e estabelece a analogia entre o desenvolvimento do embrião de pinto no interior do ovo e o embrião da planta a partir dos cotilédones ([KBT53]). Apesar de serem duas formas de reprodução diferentes, ambos os embriões estão dependentes das substâncias de reserva para o seu desenvolvimento inicial.

A frequência com que observámos o recurso às analogias confirma o resultado da investigação desenvolvida por Ferraz e Terrazan (2001) que refere que o recurso às analogias, no âmbito da biologia, é bastante recorrente.

Reuniu-se a informação referente a esta categoria no quadro 21, que se apresenta seguidamente. Este subdomínio é caracterizado por duas categorias, à luz da informação recolhida. São elas: o *Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia* e o *Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia*.

Literatura em Ciências	Categoria do KSM (MTSK)
<p>Conhecimento dos recursos disponíveis para o ensino do tópico. (Blanco, <i>et al.</i>, (1995); Magnusson, <i>et al.</i>, 1999)</p> <p>O recurso às analogias é frequente no âmbito da biologia, para resolver o problema da compreensão de conteúdos. (Ferraz e Terrazzan, 2001)</p>	<p>Conhecimento sobre os recursos materiais, mas também das suas limitações e potencialidades. (Carrillo, <i>et al.</i>, 2018)</p>
Excertos de sala de aula	
<p>[U148] <i>P: Isto é para vocês perceberem, portanto, que os grãos de pólen são todos diferentes uns dos outros. Lembrem-se que na última aula, aqueles que estão ali tem que ser vistos ao microscópio. Estes aqui são grãos de pólen que estão aglo... juntos... fazem assim os grãos maiores.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KBT51] Conhece a observação de grãos de pólen ao microscópio como atividade no ensino da reprodução das plantas.</p>	
<p>[U209] <i>E: Se a internet estiver boa. Estava a pensar, também hoje, pôr aquilo [anteras maduras] do microscópio mas com este tempo assim [céu nublado]...</i></p> <p><i>e: Vocês não têm um elétrico?</i></p> <p><i>E: Não. E o que estava ali elétrico ainda era pior que os outros. Hum, não sei.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KBT57] Conhecimento sobre o microscópio enquanto recurso e das suas limitações.</p>	
<p>[U64] <i>P: (...) Vou dar-vos uma lupa para vocês conseguirem ver melhor, vou dar-vos um guião. E este guião tem aqui uma semente que já está aberta. Antes de eu vos dar isto vou-vos explicar aqui no quadro interativo para se ver melhor. E cada uma das partes da semente tem um nome que nós também vamos aprender qual é.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KBT15] Conhece que a lupa é um instrumento facilitador da observação do interior da semente.</p>	
<p>[U218] <i>e: Este vídeo da polinização que tens aqui na planificação, foste buscá-lo onde?</i></p> <p><i>E: Vou buscá-lo à Escola Virtual.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KBT56] Conhece vídeos disponíveis na internet que facilitam a compreensão do fenómeno da polinização.</p>	
<p>[U69] <i>P: Nesta vocês têm que ter cuidado com a seiva. A seiva é o sangue que corre na planta.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KBT21] Conhece a analogia que compara a seiva da planta ao sangue dos animais.</p>	
<p>[U213] <i>A: Os animais bebés alimentam-se da mãe, não é. Por exemplo, a planta tem que se alimentar dos cotilédones...</i></p> <p><i>A: Cotilédones.</i></p> <p><i>[Risos por parte dos alunos]</i></p> <p><i>P: Sim, sim.</i></p> <p><i>(...)</i></p> <p><i>P: Pronto. Chiu! Ele está a falar dos animais ovíparos.</i></p> <p><i>A: Estou a comparar.</i></p> <p><i>P: Estás a comparar a semente... Os animais ovíparos. A galinha, está lá o choco, está lá o ovo, também tem substâncias de reserva para alimentar o pintainho. São os animais ovíparos. Mas o nosso caso, já não. Quem alimenta o embrião é a própria mãe. Hum? Está?</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p>	

[KBT53] Conhece a analogia entre semente e o ovo dos animais ovíparos.
Categoria emergente no subdomínio do KBT (BTSK)
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.

Quadro 34 - Fundamentação da categoria *Conhecimento de recursos materiais de linguagem ou virtuais de ensino, associados a conteúdo da biologia*, do KBT.

3.5. O subdomínio do Conhecimento das características de aprendizagem da biologia

As investigações de Park e Oliver (2008a) indicam que os professores devem ter conhecimento sobre o que os estudantes sabem sobre determinado tópico e áreas nas quais normalmente surgem mais dificuldades. Este aspeto inclui o conhecimento das conceções dos alunos sobre um determinado tópico, dificuldades de aprendizagem, motivação, diferenças nas habilidades dos alunos, estilos de aprendizagem, interesse, nível de desenvolvimento e necessidade.

O conhecimento que Park e Oliver (2008a) integra nesta componente do *PCK* vai ao encontro daquilo que a equipa de investigadores do modelo MTSK definiu para o subdomínio homólogo (Montes, *et al.*, 2015). Estes autores incluem ainda as teorias de aprendizagem associadas aos tópicos da matemática, tal como os autores Pessin e Nascimento (2010) e Schoenfeld, *et al.* (2000) fizeram para o ensino das ciências. Porém, os dados empíricos não acompanharam todos os aspetos contemplados pela teoria e assim, caracteriza-se o *conhecimento das características de aprendizagem da biologia* apenas com uma categoria: *O conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia*.

3.5.1. Categoria: Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia

Esta categoria comporta, como o seu nome indica, o conhecimento do professor sobre os conteúdos, fenómenos ou factos relacionados com o ensino da reprodução das plantas que tendem a ser mais rápida e facilmente compreendidos e aqueles que são mais complexos ou difíceis de compreender.

Um exemplo deste conhecimento é o que se apresenta seguidamente. “P: Cinco: pétalas, bom as pétalas toda a gente sabe.” [U220].

O momento de aula corresponde à correção oral de uma ficha de revisões de 5º ano. A professora diz que o número cinco corresponde à pétala na legenda da flor e declara que toda a gente sabe identificar as pétalas. Revela o seu conhecimento de que a identificação desta parte da flor é fácil para todos os alunos ([KFLB6]) ou que constitui um conhecimento prévio.

Neste segundo excerto não se trata de um conteúdo de fácil compreensão, mas de uma designação que se torna confusa para os alunos porque é usada a mesma palavra para dois fenómenos diferentes.

P: Atenção que aqui a germinação é a germinação da semente.

A: É a frutificação.

A: Não, é fecundação.

A: É a formação da semente.

P: Chiu!

A: [Impercetível]

P: Então têm que escrever germinação do grão de pólen.

A: Não professora. É polinização, fecundação, polinização, germinação, fecundação e frutificação.

A: Não.

A: É, é.

P: Por que é que estão todos a falar ao mesmo tempo? Quem é que respondeu? Foi a Marina, não foi? Diz lá o que é que tens aí?

A: Fecundação, germinação...

P: Se for a germinação, tem que pôr: germinação do grão de pólen. Se não está incorreto.

[U221]

O fenómeno em estudo é a germinação. A professora Beatriz ressalva que os alunos devem, na ficha de trabalho, distinguir pelo nome a germinação da semente e a germinação do grão de pólen. Ao fazer a chamada de atenção, a professora antecipa essa falta de detalhe que pode levar a falhas na compreensão plena e promove o registo correto ([KFLB7]).

A investigadora Escudero-Ávila (2015) descreve no âmbito da matemática o conhecimento que se pretende ver enquadrado nesta categoria no âmbito da biologia como “(...) os conhecimentos que tem o professor sobre as expectativas e interesses dos os estudantes com respeito às matemáticas, as preconcepções de facilidade ou de dificuldade associadas comumente nas distintas áreas da matemática (...)” (Escudero-Ávila, 2015, p. 46); informação igualmente presente na última versão do modelo MTSK em Carrillo, *et al.* (2018).

Outros investigadores dedicados à caracterização do conhecimento do professor, nomeadamente Park e Oliver (2008b) entendem que o conhecimento sobre como os estudantes compreendem a ciência é relevante. Estes autores integram este conhecimento no modelo pentagonal do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK)* e designam-no por: Conhecimento da compreensão dos estudantes em ciências. Apesar de não coincidir plenamente com o interesse relativamente a esta categoria integra, como esta, o conhecimento sobre as dificuldades de aprendizagem, a motivação e o interesse.

As dificuldades de aprendizagem ou de compreensão de determinados conteúdos, fenómenos ou factos estão muitas vezes relacionadas com as concepções alternativas dos alunos (Driver, 1985) muitas vezes bastante contrastantes com o conhecimento escolar. Incluiu-se nesta categoria não só o conhecimento dos aspetos mais fáceis e difíceis na aprendizagem da reprodução das plantas, mas também o conhecimento sobre as ideias prévias dos alunos que podem ser também elas facilitadoras ou bloqueadoras da aprendizagem.

Este primeiro excerto é o início de uma atividade experimental na qual a professora pretende descobrir com os alunos se as plantas precisam de água/ humidade para germinar.

P: Então, esta experiência vamos fazê-la, mas se calhar vocês já estão a saber a conclusão que havemos de fazer. Pronto. Mas, de toda a maneira, sabem, se estes feijões que vamos agora colocar aqui nos frascos germinarem nós vamos usá-los para fazer uma experiência mais tarde. Por isso, vamos confirmar se realmente as plantas precisam de água, as sementes, e se elas germinarem vamos usá-las para outra experiência mais tarde, daqui a umas três, quatro semanas. Se os feijões germinarem a ficarem assim um bocadinho crescidos havemos de fazer mais experiências. Então, para isto nós necessitamos... Vou distribuir aqui o guião. [U99]

A professora revela que sabe que alguns alunos poderão saber a resposta certa à pergunta que coloca. Conhece, portanto, as ideias prévias dos alunos do nível de ensino que leciona relativamente ao que acontece às sementes na presença da água ([KFLB3]). Mas também

conhece outras concepções dos alunos, nomeadamente no que diz respeito à função da flor. Na evidência que se apresenta a seguir é exposto o conhecimento sobre uma concepção alternativa dos alunos.

P: O que representa para uma planta ter flor. O que é a flor, para que serve?

A: Para enfeitar as casas?

P: [risos]. Sim, para as pessoas é para enfeitar as casas, para os animais, incluindo insetos, é para se alimentarem, mas para as próprias plantas para que lhe serve? [U219]

O aluno tem uma visão antropocêntrica da reprodução das plantas, coincidente com o resultado do estudo de Luís (2010) já que reconhece a existência das flores à luz da necessidade humana: enfeitar as casas.

A professora identifica imediatamente a concepção do aluno e apresenta de seguida outras ideias prévias e também elas alternativas que os alunos costumam ter ([KFLB5]). Esta declaração justifica o seu conhecimento sobre as ideias prévias dos alunos e contribui para reforçar a necessidade da criação desta categoria.

As ideias prévias, alternativas ou intuições (Driver, 1985) são bastante frequentes entre os estudantes pois têm a sua origem não só na percepção do meio ambiente, mas também no seio familiar, nos meios de comunicação social e na vida em sociedade (Veglia, 2007). São ideias que se mantêm enraizadas ao longo do tempo e muitas vezes coexistem com o conhecimento científico (Santos, *et al.*, 1997). Numa perspetiva de ensino, conhecer as concepções implica conhecer os obstáculos à aprendizagem. Nas palavras de Luís (2010) “saber à partida o que podem compreender os seus alunos sobre o tema e perceber a sua proximidade/ afastamento do conhecimento escolarmente aceite possibilita a preparação das suas aulas no sentido de promover a progressão da aprendizagem dos seus alunos.” (Luís, 2010, p. 89). Conhecendo as concepções dos seus alunos o professor pode interpretar as suas ações e as verbalizações. Pode criar um discurso que estimule os alunos a desenvolver pontos de vista aceitáveis relativamente aos conceitos científicos Gullberg, *et al.* (2008).

Esta categoria encontra similaridades com a categoria Conhecimento dos principais interesses e expectativas dos estudantes ao abordar um conteúdo matemático e Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo matemático, do MTSK. Na primeira categoria inclui-se o conhecimento do professor relativamente às expectativas e interesses dos alunos, assim como as concepções erróneas que podem existir. A segunda

categoria inclui o conhecimento de erros, obstáculos e dificuldades típicas ou atípicas relacionadas com o processo de aprendizagem. Ambas as categorias do MTSK podem ser traduzidas na categoria *Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia*, já que esta categoria inclui o conhecimento relativamente às conceções prévias (distantes ou próximas do conhecimento escolar) que constituem as expectativas dos alunos e os obstáculos à progressão na aprendizagem que dificultam a compreensão plena do conceito, facto ou fenómeno. A figura 45 ilustra as contribuições das categorias do MTSK para a criação desta categoria do *BTSK*.

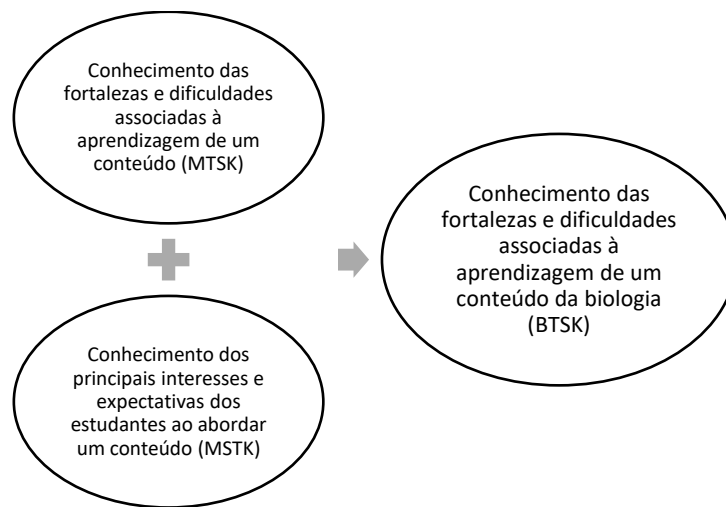


Figura 45 - Contribuição das categorias Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo (MTSK) e da categoria Conhecimento dos principais interesses e expectativas dos estudantes ao abordar um conteúdo (MSTK) para a criação da categoria *Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia (BTSK)*.

A categoria Conhecimento dos principais interesses e expectativas dos estudantes ao abordar um conteúdo matemático inclui ainda o conhecimento sobre os conteúdos que suscitam mais dúvidas entre os alunos, aqueles que são mais difíceis ou mais fáceis de compreender. Esta ideia está em linha com o conhecimento, no âmbito do *BTSK*, que se integra nesta categoria

No subdomínio do Conhecimento das Características de Aprendizagem, do modelo MTSK, existe ainda a categoria: Conhecimento das formas de interação dos estudantes com o conteúdo matemático. Incluem-se nesta categoria o conhecimento sobre os processos e estratégias dos estudantes, a linguagem e vocabulário usado, os gestos e figuras que tendem a usar. Esta

categoria serve apenas ao modelo da matemática pois refere-se a aspetos específicos da disciplina. Não encontra, assim, paralelismo com a biologia.

As evidências do conhecimento mobilizado e a sustentação teórica desta categoria encontra-se reunida no quadro 22 que se apresenta seguidamente.

Literatura em Ciências	Categoria do KFLM (MTSK)
<p>O conhecimento das conceções permite interpretar as suas ações e as verbalizações dos alunos. Permite ao professor criar um discurso que estimule os alunos a desenvolver pontos de vista aceitáveis relativamente aos conceitos científicos. (Gullberg, <i>et al.</i>, 2008)</p> <p>A componente Conhecimento da compreensão dos estudantes em ciências do modelo pentagonal do PCK integra o conhecimento das dificuldades de aprendizagem, a motivação e o interesse. (Park e Oliver, 2008b)</p> <p>Conhecer o que os seus alunos sabem sobre o tema possibilita a preparação das suas aulas no sentido de promover a progressão da aprendizagem dos alunos (Luís, 2010, p. 89).</p>	<p>Conhecimento do professor relativamente às expectativas e interesses dos alunos: o conhecimento sobre as preconcepções de facilidade ou dificuldade, assim como as conceções erróneas que podem existir.</p> <p>Conhecimento de erros, obstáculos e dificuldades típicas ou atípicas relacionadas com o processo de aprendizagem.</p> <p>Conhecimento sobre as expectativas e interesses dos alunos, dos conteúdos que são à partida mais fáceis ou mais difíceis de compreender (Carrillo, <i>et al.</i>, 2018).</p>
Excertos de sala de aula	
<p>[U99] <i>P: Então, esta experiência vamos fazê-la, mas se calhar vocês já estão a saber a conclusão que havemos de fazer. Pronto. Mas, de toda a maneira, sabem, se estes feijões que vamos agora colocar aqui nos frascos germinarem nós vamos usá-los para fazer uma experiência mais tarde. Por isso, vamos confirmar se realmente as plantas precisam de água, as sementes, e se elas germinarem vamos usá-las para outra experiência mais tarde, daqui a umas três, quatro semanas. Se os feijões germinarem a ficarem assim um bocadinho crescidos havemos de fazer mais experiências. Então, para isto nós necessitamos... Vou distribuir aqui o guião.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KFLB3] Conhece que os alunos têm conhecimentos prévios nomeadamente que as sementes germinam na presença de água.</p>	
<p>[U219] <i>P: O que representa para uma planta ter flor. O que é a flor, para que serve?</i></p> <p><i>A: Para enfeitar as casas?</i></p> <p><i>P: [risos]. Sim, para as pessoas é para enfeitar as casas, para os animais, incluindo insetos, é para se alimentarem, mas para as próprias plantas para que lhe serve?</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KFLB5] Conhece que os alunos associam a existência das plantas ao proveito dos animais.</p>	
<p>[U220] <i>P: Cinco: pétalas, bom as pétalas toda a gente sabe.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KFLB6] Conhece que o reconhecimento das pétalas das flores é fácil para os alunos.</p>	
<p>[U221] <i>P: Atenção que aqui a germinação é a germinação da semente.</i></p> <p><i>A: É a frutificação.</i></p>	

<p>A: Não, é fecundação. A: É a formação da semente. P: Chiu! A: [Impercetível] P: Então têm que escrever germinação do grão de pólen. A: Não professora. É polinização, fecundação, polinização, germinação, fecundação e frutificação. A: Não. A: É, é. P: Por que é que estão todos a falar ao mesmo tempo? Quem é que respondeu? Foi a Marina, não foi? Diz lá o que é que tens aí? A: Fecundação, germinação... P: Se for a germinação, tem que pôr: germinação do grão de pólen. Se não está incorreto.</p> <p>Conhecimento envolvido: [KFLB7] Conhece que os alunos têm dificuldade em discriminar germinação do grão de pólen de germinação da semente.</p>
<p>Categoria emergente no subdomínio do KBT (BTSK)</p>
<p style="text-align: center;">Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia.</p> <p style="text-align: center;">Conhecimento das conceções 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 suscitem dificuldades ou são de fácil compreensão por parte dos alunos.</p>

Quadro 35 - Fundamentação da categoria *Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia*, do KFLB.

3.6. O subdomínio do Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia

Grossman (1990) refere-se ao conhecimento dos professores sobre o currículo das ciências em três aspetos distintos: i) o conhecimento sobre os materiais disponíveis para o ensino de um tema em particular; ii) o conhecimento do currículo horizontal, ou seja, o conhecimento sobre como o conteúdo se relaciona com outros conteúdos do currículo, e iii) o currículo vertical que consiste no conhecimento sobre como o conteúdo é trabalhado noutros anos de escolaridade, seja ela mais complexa ou mais simples. Esta caracterização coincide grosso modo com aquela que foi realizada por Magnusson, *et al.* (1999) já que esta última inclui os objetivos e as metas curriculares, o currículo vertical e os programas que são relevantes. Ainda no âmbito das ciências Park e Oliver (2008a) acrescentam que o conhecimento dos tópicos relacionados com o currículo

permite ao professor identificar os conceitos chave (*core concepts*), modificar atividades ou eliminar aspetos que julga serem periféricos à compreensão do conceito principal.

No modelo do MTSK de Carrillo, *et al.* (2013a) observa-se a inclusão de alguns aspetos considerados importantes por Grossman (1990) como o conhecimento das especificações do currículo (equivalente ao currículo horizontal), a progressão de um ano para o seguinte (equivalente ao currículo vertical) e os materiais convencionais de apoio ao processo de ensino aprendizagem. Integra ainda o conhecimento sobre o currículo mínimo que Park e Oliver (2008a) designam como a capacidade do professor de valorizar o conceito principal em detrimento de conceitos periféricos.

Para além dos aspetos já referidos, o subdomínio do Conhecimento dos Padrões de Aprendizagem da Matemática (do modelo MTSK) inclui objetivos e padrões de aprendizagem para além dos provenientes do Ministério da Educação. Estão igualmente integrados aqui os objetivos e metas de desempenho desenvolvidos por entidades externas ao ministério, nomeadamente, por associações de professores e/ou investigadores.

No âmbito da caracterização mais detalhada deste conhecimento foram identificadas duas categorias: *Conhecimento das expectativas de aprendizagem do conteúdo da biologia num nível específico* e *Conhecimento da sequenciação com os temas anteriores e posteriores a um determinado momento escolar*.

3.6.1. Categoria: Conhecimento das expectativas de aprendizagem do conteúdo da biologia num nível específico

Esta categoria integra o conhecimento que tem o professor sobre o que se espera que o estudante aprenda num determinado nível de ensino. Refere-se aos conteúdos e ao respetivo grau de abstração com que devem ser apresentados aos estudantes, o conhecimento, os procedimentos e as capacidades que devem ser adquiridas por estes (Carrillo, *et al.*, 2018).

No decorrer da análise foi encontrada uma evidência do conhecimento do programa curricular da disciplina de estudo do meio.

e: E tens conhecimento relativamente à reprodução das plantas e ao programa de estudo do meio se sofreu alterações nos últimos anos?

E: Foi dada mais ênfase à realização das experiências, mas não tenho aprofundado muito.

[U101]

Apesar da dimensão reduzida da resposta da professora a esta pergunta da entrevista, as suas palavras revelam o seu conhecimento sobre o destaque dado à realização das atividades experimentais ([KBLS1]). Concluímos que reconhece o esforço do Ministério da Educação para que as atividades experimentais sejam desenvolvidas em sala de aula apesar de desconhecer o grau de profundidade desta mudança.

No excerto que se segue é evidenciado o conhecimento sobre as alterações nas metas de aprendizagem, nomeadamente no que diz respeito à reprodução das plantas.

e: O programa das ciências, disseste-me, que tinha sofrido uma alteraçãozinha nas metas

E: O pá, eles tiraram, do quinto ano, tiraram esta parte das flores, da constituição da flor, da constituição da folha, tiraram uma data de coisas...

e: Do quinto ano?

E: Do quinto ano

e: E no do sexto ano, mexeram?

E: No 6º ano o que eu vi aqui das metas... eles tiraram a reprodução das flores, das plantas sem flor...

e: Tinha o quê?

E: Não está nas metas. Tinha o musgo e o feto. Mas não está cá. [U224]

De acordo com as palavras da professora retiraram do programa de Ciências Naturais do 5º ano de escolaridade os conteúdos referentes à flor e à folha. No que diz respeito ao programa do 6º ano desta disciplina, não aparecem os conteúdos relacionados com a reprodução das plantas sem flor. Esta declaração mostra que conhece as mudanças no programa da disciplina de Ciências Naturais, nomeadamente no que diz respeito aos conteúdos que deixaram de o integrar ([KBLS3]).

Estes dois excertos são evidências do conhecimento recolhido no decorrer da investigação relativamente aos conteúdos programáticos/ competências que passaram a integrar o currículo e de conteúdos que deixaram de fazer parte dele. Ambas contribuem para a fundamentação desta categoria que compreende os conhecimentos e competências que se esperam ver adquiridos pelos alunos.

No quadro 23 apresenta-se o resumo da literatura no âmbito das ciências e da matemática no que diz respeito a esta categoria, as evidências recolhidas e a caracterização da mesma, no âmbito da biologia.

Literatura em Ciências	Categoria do KMLS (MTSK)
Conhecimento sobre as especificações do currículo num nível de escolaridade. (Grossman, 1990)	Conhecimento sobre os conteúdos matemáticos e o respetivo grau de abstração com que devem ser apresentados aos estudantes, o conhecimento, os procedimentos e as capacidades que devem ser adquiridas (Carrillo, <i>et al.</i> , 2018).
Excertos de sala de aula	
<p>[U101] <i>e: E tens conhecimento relativamente à reprodução das plantas e ao programa de estudo do meio se sofreu alterações nos últimos anos?</i></p> <p><i>E: Foi dada mais ênfase à realização das experiências, mas não tenho aprofundado muito.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KBLS1] Conhece que o programa de estudo do meio sofreu alterações no sentido de atribuição de maior importância às atividades experimentais.</p>	
<p>[[U224] <i>e: O programa das ciências, disseste-me, que tinha sofrido uma alteraçãozinha nas metas.</i></p> <p><i>E: Oh pá! Eles tiraram, do quinto ano, tiraram esta parte das flores, da constituição da flor, da constituição da folha, tiraram uma data de coisas...</i></p> <p><i>e: Do quinto ano?</i></p> <p><i>E: Do quinto ano</i></p> <p><i>e: E no do sexto ano, mexeram?</i></p> <p><i>E: No 6º ano o que eu vi aqui das metas... eles tiraram a reprodução das flores, das plantas sem flor...</i></p> <p><i>e: Tinha o quê?</i></p> <p><i>E: Não está nas metas. Tinha o musgo e o feto. Mas não está cá.</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KBLS3] Conhece que a constituição da flor foi retirada do programa de 5º ano e a reprodução das plantas sem flor foi retirada do programa de 6º ano, do 2º CEB.</p>	
Categoria emergente no subdomínio do KBL (BTSK)	
<p style="text-align: center;">Conhecimento das expectativas de aprendizagem de um tópico da biologia num nível específico</p> <p>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.</p>	

Quadro 36 - Fundamentação da categoria *Conhecimento das expectativas de aprendizagem de um tópico da biologia num nível específico* do KBL.

3.6.2. Categoria: Conhecimento da sequenciação com os temas anteriores e posteriores a um determinado momento escolar

O conhecimento sobre a sequenciação dos temas anteriores e posteriores a um determinado momento escolar é outro aspeto deste subdomínio, já referido e constante no modelo MTSK.

Durante a primeira entrevista à professora Beatriz, esta revelou a sua preocupação face à retirada do estudo da flor, do programa do 5º ano. Com esta alteração os alunos de 6º terão que recuperar este conteúdo para poderem avançar no estudo da reprodução das plantas. Observe-se o excerto.

E: Agora para o ano, quando apanhar as turmas de sexto... Bom, este ano... Apesar de não estar no programa de quinto vou ter que, vou ter que dar a flor. Ou então não sei como é que vou fazer. Porque isso não está no quinto agora.

e: Então para o ano quando tiveres sexto ano tens que dar a flor porque o quinto ano deste ano não deu?

E: Pois... [U225]

É evidente o seu conhecimento sobre a sequenciação dos conteúdos nomeadamente que o ensino da composição da flor (conteúdo do programa de 5º ano de ciências naturais, retirado no ano de 2015) é o início do estudo da reprodução das plantas com flor ([KBL54]) e precede a reprodução propriamente dita.

Este conhecimento pode ser integrado na componente Conhecimento do currículo das ciências, do PCK definido por Park e Oliver (2008a). Os autores destacam a importância deste aspeto do conhecimento do professor já que lhe permite conhecer o currículo como um todo integrado. No âmbito do modelo MTSK esta característica do conhecimento do professor é mais detalhada. A categoria Conhecimento da sequenciação dos temas anteriores e posteriores a um determinado momento escolar incide especificamente sobre o conhecimento que o professor tem sobre os conteúdos que o aluno deve saber para aprender o conteúdo em questão. Mas também quais aqueles que se seguirão após este. Esta categoria serve a necessidade de enquadramento deste conhecimento revelado pela professora. Trata-se do conhecimento de que a flor tem de ser ensinada antes do ensino da reprodução das plantas.

O quadro 24 resume-se a caracterização desta categoria.

Literatura em Ciências	Categoria do KMLS (MTSK)
Conhecimento do currículo das ciências concebe o conhecimento do currículo como um todo. (Park e Oliver, 2008a)	Conhecimento sobre a sequenciação dos conteúdos matemáticos sejam dentro do mesmo ano ou em anos diferentes. O professor conhece que conhecimentos e capacidades prévias o estudante deve ter para iniciar o estudo em questão e que conteúdos se seguem após este (Carrillo, <i>et al.</i> , 2018).
Excertos de sala de aula	
<p>[U225] <i>E: Agora para o ano, quando apanhar as turmas de sexto... Bom, este ano... Apesar de não estar no programa de quinto vou ter que, vou ter que dar a flor. Ou então não sei como é que vou fazer. Porque isso não está no quinto agora.</i></p> <p><i>e: Então para o ano quando tiveres sexto ano tens que dar a flor porque o quinto ano deste ano não deu?</i></p> <p><i>E: Pois...</i></p> <p>Conhecimento envolvido:</p> <p>[KBLS4] Conhece que o conhecimento da constituição da flor antecede a aprendizagem da reprodução das plantas.</p>	
Categoria emergente no subdomínio do KBL (BTSK)	
<p>Conhecimento da sequenciação com os temas anteriores e posteriores a um determinado momento escolar</p> <p>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.</p>	

Quadro 37 - Fundamentação da categoria *Conhecimento das expectativas de aprendizagem de um tópico da biologia num nível específico*, do KBL.

3.7. O subdomínio das Crenças sobre a biologia

O subdomínio das *Crenças sobre a biologia (BB)* integra o conhecimento implícito e subjetivo sobre o conteúdo. A partir das observações que realizámos foi possível identificar crenças sobre como acontecem as descobertas científicas e como se valida esse conhecimento ao nível das ciências, ou seja, que métodos são utilizados para dar legitimidade às novas descobertas. Identificam-se duas categorias no âmbito das *Crenças sobre a natureza da ciência* que se designam de *Crenças sobre a geração de conhecimento* e *Crenças sobre os métodos científicos*. Estas crenças foram definidas em dois níveis já identificados no Marco Teórico deste trabalho: Visão moderna da ciência e Visão contemporânea da ciência. Não foram encontradas evidências em sala de aula que sustentem, neste modelo teórico-empírico, os dois níveis em ambas as

categorias, mas a informação conseguida permite a sua identificação e justificação. A tabela 2 sumaria o conhecimento mobilizado, nas duas categorias identificadas no âmbito deste subdomínio.

Tabela 3 – Categorias das *crenças sobre a biologia*.

	Crenças sobre a geração de conhecimento	Crenças sobre os métodos científicos
Visão moderna da ciência	[DC4] O conhecimento é descoberto após experiências sucessivas.	[DC3] O trabalho científico depende da observação e do registo.
Visão contemporânea da ciência		[DC2] e [DC5] As descobertas fazem-se a partir da formulação de perguntas.

3.7.1. Categoria: Crenças sobre a geração de conhecimento

Esta categoria integra as ideias reveladas no decorrer do ensino sobre a forma como se produz o conhecimento científico não só na biologia, mas na ciência em geral. As ideias referidas não dizem respeito ao método, mas às ideias subjacentes a novas descobertas. Observe-se o excerto apresentado.

P: E depois tem que fazer várias experiências e fazer vários registos, observações e registos. E às vezes passam-se muitos dias até que se consegue descobrir como é que é. Por exemplo, muitos dos medicamentos que nós temos hoje, muitas das doenças foram descobertas e as curas para essas doenças, os medicamentos para curar essas doenças foram descobertas pelos cientistas fazendo este tipo de perguntas e fazendo experiências. Não foram com sementes. Foram com outro tipo de coisas, muitas vezes é com micróbios, com outros animais e os cientistas vão tentando, tentando, tentando... Tem que fazer muitas experiências até que vão chegar a uma conclusão: descobrir realmente o que é que aconteceu. [U108]

Esta declaração da professora mostra o seu entendimento sobre vários aspetos relacionados com o conhecimento científico, nomeadamente sobre como surge e os métodos usados para a geração desse novo conhecimento. Seguindo a perspetiva epistemológica desta categoria a análise segue focada na primeira ideia: como surge.

Os cientistas fazem descobertas a partir de um conjunto de atividades como registos e observações, repetidas até alcançarem a conclusão sobre o que aconteceu, o fenómeno. No

discurso transparece a convicção de que a verdade está à espera de ser descoberta, por isso são realizadas várias tentativas e observações para encontrar esse novo conhecimento [DC4].

Trata-se de uma visão empirista e tradicional da natureza da ciência que segundo Pérez, Montoro, Alís, Cachapuz, e Praia (2001) é comum, mas não contribui para que se compreenda o trabalho científico e se construa uma imagem correta da ciência. Estas ideias estão em linha com o pensador Bacon citado por Freitas (2004) que considera que a ciência é o resultado de observações sucessivas. Também se consegue compreender nesta definição um pouco da visão platónica da ciência, de Carrillo (1998), que descreve o conhecimento como pré-existente, absoluto e universal.

Literatura em Ciências	Categoria do Domínio das Crenças (MTSK)
A ciência é resultado de observações sucessivas. O observador, experiente e confiante, não se deixa influenciar por sentimentos subjetivos, pela sociedade ou pela religião (Bacon, em Freitas, 2004).	O conhecimento é “um corpo de conhecimento preexistente dotado de uma estrutura lógica, que lhe dá um caráter objetivo, absoluto, universal, livre de valores e abstrato.” (Carrillo, 1998, p. 69).
Excertos de sala de aula	
<p>[U108] P: E depois tem que fazer várias experiências e fazer vários registos, observações e registos. E às vezes passam-se muitos dias até que se consegue descobrir como é que é. Por exemplo, muitos dos medicamentos que nós temos hoje, muitas das doenças foram descobertas e as curas para essas doenças, os medicamentos para curar essas doenças foram descobertas pelos cientistas fazendo este tipo de perguntas e fazendo experiências. Não foram com sementes. Foram com outro tipo de coisas, muitas vezes é com micróbios, com outros animais e os cientistas vão tentando, tentando, tentando... Têm que fazer muitas experiências até que vão chegar a uma conclusão: descobrir realmente o que é que aconteceu.</p> <p>Crença: [DC4] O conhecimento científico é descoberto após experiências sucessivas.</p>	
Categoria emergente no Subdomínio das Crenças sobre a biologia (BTSK)	
<p>Crenças sobre a geração de conhecimento</p> <p>O conhecimento é acumulação de observações metódicas e sistemáticas que permitem compreender e/ou identificar um acontecimento, uma realidade pré-existente.</p>	

Quadro 38 - Fundamentação da categoria *Crenças sobre a geração de conhecimento*, do BB.

O quadro 25 resume as evidências e a literatura que serviu de base à criação desta categoria do subdomínio das *Crenças sobre a biologia*, assim como o as características que a definem.

3.7.2. Categoria: Crenças sobre os métodos científicos

Além das ideias de como surge o conhecimento científico, foram observadas outras relacionadas com os métodos para fazer ciência. O excerto apresentado anteriormente revelou já uma das crenças associadas ao método. A observação é entendida como foco de toda a atividade científica e é seguida por registos ([DC3]). Freitas (2004) apresenta a ideia de Bacon que coloca o método científico apoiado na observação. Esta conceção de ciência corresponde à visão moderna da ciência.

Literatura em Ciências	Categoria do Domínio das Crenças (MTSK)
As novas descobertas têm início com a definição de problemas (Popper, 2000)	Conhecimento matemático produzido a partir da resolução de problemas – Modelo: Resolução de problemas. (Carrillo e Contreras, 1995; Carrillo, 1998)
Excertos de sala de aula	
<p>[U108] P: E depois tem que fazer várias experiências e fazer vários registos, observações e registos. E às vezes passam-se muitos dias até que se consegue descobrir como é que é. Por exemplo, muitos dos medicamentos que nós temos hoje, muitas das doenças foram descobertas e as curas para essas doenças, os medicamentos para curar essas doenças foram descobertas pelos cientistas fazendo este tipo de perguntas e fazendo experiências. Não foram com sementes. Foram com outro tipo de coisas, muitas vezes é com micróbios, com outros animais e os cientistas vão tentando, tentando, tentando... Têm que fazer muitas experiências até que vão chegar a uma conclusão: descobrir realmente o que é que aconteceu.</p> <p>Crença: [DC2] As descobertas fazem-se a partir da formulação de perguntas. [DC3] O trabalho científico depende da observação e do registo.</p>	
<p>[U107] P: ... para descobrir. Formulam uma questão, como a tua mãe, formulam uma questão, pensam na questão. O que é que eu quero descobrir? Quero descobrir como...? E cada um faz a sua pergunta.</p> <p>Crença: [DC5] As descobertas fazem-se a partir da formulação de perguntas.</p>	
Categoria emergente no Subdomínio das Crenças sobre a biologia (BTSK)	
Crenças sobre os métodos científicos	
<p>Subcategoria: Visão moderna. Os métodos científicos têm por base a observação e o registo. Subcategoria: visão contemporânea. Para produzir ciência os cientistas seguem um conjunto de regras que consistem num método empírico que se inicia com a formulação de uma pergunta.</p>	

Quadro 39 - Fundamentação da categoria *Crenças sobre a natureza da ciência*, do BB.

Por outro lado, na mesma citação ([U108]) surge outro aspeto relacionado com o método, mas mais direcionado para o gatilho espoletador na procura da verdade. A professora refere a existência de uma pergunta como modo de iniciar a investigação: “foram descobertas pelos cientistas fazendo este tipo de perguntas”. O excerto que se segue torna mais clara e evidente esta crença.

P: ... para descobrir. Formulam uma questão, como a tua mãe, formulam uma questão, pensam na questão: O que é que eu quero descobrir? Quero descobrir como...? E cada um faz a sua pergunta. [U107]

A professora crê que para descobrir alguma coisa é preciso que o cientista inicie o seu trabalho com uma pergunta ([DC5]). A pergunta é o ponto de partida para a atividade científica. Esta visão da construção do conhecimento científico a partir da resolução de problemas está presente nos trabalhos de Carrillo e Contreras (1995), Carrillo (1998) e Popper (2000) que concebem a ideia de que uma pergunta ou um problema, são o gatilho para o trabalho científico. Esta conceção de trabalho científico desenvolvido a partir de uma questão de partida (Popper, 2000) surge na época contemporânea e constitui uma visão mais recente do trabalho científico. As evidências já mencionadas, escolhidas por melhor caracterizarem a categoria *Crenças sobre os métodos científicos*, foram reunidas num quadro síntese, o quadro 26.

3.8. O subdomínio das Crenças sobre o ensino e aprendizagem da biologia

Além das *crenças sobre a biologia* foi possível observar *crenças sobre o ensino* da biologia. Estas crenças estão relacionadas com a forma de estar do professor face ao ensino, que se reflete nas suas opções pedagógicas. Para este subdomínio foi possível caracterizar uma categoria: *Crenças sobre o ensino*, com duas subcategorias: Ensino transmissivo e Ensino por descoberta. As unidades de significado de cada uma destas subcategorias encontram-se resumida na tabela 3.

Tabela 4 – Categorias das crenças sobre o ensino da biologia.

	Crenças sobre o ensino da biologia
Ensino transmissivo	[DC1] Os alunos quando estão atentos olham na direção do quadro e do professor [DC10] Para aprender ouve-se o professor e olha-se para o quadro.
Ensino por descoberta	[DC9] Os alunos realizam sozinhos a proposta do professor e aprendem o fenómeno.

3.8.1. Categoria: Crenças sobre o ensino

O posicionamento destas professoras face ao ensino, a sua forma de estar, é coincidente. Ambas assumem “o papel tutelar exercendo a sua autoridade graças à competência científica” (Cachapuz, *et al.*, 2000, p. 5). Na primeira passagem a professora chama à atenção um aluno, para que olhe para o quadro e esteja atento. “P: Não devia pois não, Hugo? E depois não presta atenção. À medida que forem terminando vão olhando aqui para o quadro interativo.” [U105]

Esta declaração revela-nos a sua ideia sobre como aprendem os alunos: olhando para o quadro e prestando atenção ([DC1]). Uma evidência da sua crença sobre o ensino: um ensino transmissivo (Cachapuz, *et al.*, 2000), ou uma Tendência Didática Tradicional (Carrillo e Contreras, 1995; Carrillo, 1998). A informação recolhida no âmbito de tipo de crenças encontra-se reunida nos quadros 27 e 28.

A professora crê num ensino tradicional ou por transmissão no qual os alunos aprendem os conteúdos diretamente através do seu professor, num processo de transferência de informação por parte de quem sabe ([DC11]). Por outras palavras, é o que diz a professora quando um dos seus alunos refere que o conteúdo não está no manual: “A: Como é que a gente estuda isso se não está no manual?; P: Não estudas. Toma atenção e ouves agora.” [U229].

Literatura em Ciências	Categoria do Domínio das Crenças (MTSK)
O professor transmite os conteúdos aos alunos e estes armazenam essa informação: Perspetiva de Ensino por Transmissão (Cachapuz, <i>et al.</i> , 2000)	O aluno desempenha um papel passivo no qual se limita a adquirir a informação diretamente do professor. O aluno tem de estar com atenção e fazer apontamentos do que o professor expõe. Tendência Didática Tradicional (Carrillo e Contreras, 1995; Carrillo, 1998)
Excertos de sala de aula	
<p>[U105] P: Não devia pois não, Hugo? E depois não presta atenção. À medida que forem terminando vão olhando aqui para o quadro interativo.</p> <p>alunos quando estão atentos olham na direção do quadro e do professor.</p> <p>Crença:</p> <p>[DC1] Os alunos quando estão atentos olham na direção do quadro e do professor</p>	
<p>[U229] A: Como é que agente estuda isso se não está no manual?</p> <p>P: Não estudas. Toma atenção e ouves agora.</p> <p>Crença:</p> <p>[DC10] Para aprender ouve-se o professor e olha-se para o quadro.</p>	
Categoria emergente no subdomínio das Crenças sobre o ensino e aprendizagem da biologia (BTSK)	
<p>Crenças sobre o ensino. Subcategoria: Ensino transmissivo</p> <p>O professor é detentor do conhecimento que transmite aos seus alunos. Cabe-lhes ouvir e memorizar para aprenderem.</p>	

Quadro 40 - Fundamentação da categoria *Crenças sobre a aprendizagem*, do BTLB.

Um aspeto relacionado com a aprendizagem dos alunos surge o excerto que se apresenta agora.

A professora propõe que os alunos desenvolvam uma atividade prática sozinhos:

P: Sim. Isso agora é uma descoberta, Psiu! É uma descoberta vossa. Eu, por acaso, fiz a experiência lá em casa e queria trazer feijões germinados para vocês, p'ra mostrar já na aula. Correu mal, pus muita água e já cheirava mal lá cozinha, já não se podia. Tive que atirar com os feijões todos para o lixo. Não tenho feijões aqui hoje. Agora isso é uma descoberta vossa, lá em casa, vão fazendo, vão vendo.

A: Pois, eu já fiz.

A: Oh professora, mais uma pergunta.

A: Saem raízes.

P: É uma descoberta vossa.

A: Se pusermos [Impercetível] nasce um maior?

P: *É uma descoberta vossa.*

A: *É professora, grandes feijões!* [U227]

Literatura em Ciências	Categoria do Domínio das Crenças (MTSK)
Os alunos aprendem os conteúdos científicos a partir de observações ingénuas, isto é, descobrem as ideias indutivamente a partir de factos observáveis Ensino por descoberta (Cachapuz, <i>et al.</i> , 2000)	_____
Excertos de sala de aula	
<p>[U227] P: Sim. Isso agora é uma descoberta, Psiu! É uma descoberta vossa. Eu, por acaso, fiz a experiência lá em casa e queria trazer feijões germinados para vocês, p'ra mostrar já na aula. Correu mal, pus muita água e já cheirava mal lá cozinha, já não se podia. Tive que atirar com os feijões todos para o lixo. Não tenho feijões aqui hoje. Agora isso é uma descoberta vossa, lá em casa, vão fazendo, vão vendo.</p> <p>A: Pois, eu já fiz.</p> <p>A: Oh professora, mais uma pergunta.</p> <p>A: Saem raízes.</p> <p>P: É uma descoberta vossa.</p> <p>A: Se pusermos [Impercetível] nasce um maior?</p> <p>P: É uma descoberta vossa.</p> <p>A: É professora, grandes feijões!</p> <p>Crença:</p> <p>[DC9] Os alunos realizam sozinhos a proposta do professor e aprendem o fenómeno.</p>	
Categoria emergente no subdomínio das Crenças sobre o ensino e aprendizagem da biologia (BTSK)	
<p>Crenças sobre o ensino Subcategoria: Ensino por descoberta</p> <p>O professor propõe atividades que os alunos desenvolvem sozinhos. Aprendem os conteúdos científicos a partir das observações que realizam e descobrem pelo que observam.</p>	

Quadro 41 - Fundamentação da categoria *Crenças sobre o ensino*, do BTLB.

A professora transfere para os alunos a realização da atividade, cuja execução fica dependente da vontade e interesse dos mesmos. Fica igualmente sem orientação a descoberta dos resultados e a aprendizagem do fenómeno que está implícito na mesma ([DC10]). Esta crença sobre o ensino está muito próxima da Perspetiva de Ensino de Cachapuz, *et al.* (2000) designada pelos autores como Ensino por descoberta, apesar de haver pouca ou nenhuma orientação por parte da professora. “Os alunos aprendem os conteúdos científicos a partir de observações ingénuas, isto é, descobrem as ideias indutivamente a partir de factos observáveis.” (p. 5).

A natureza das crenças permite que coexistam ideias diferentes sobre o mesmo conceito como foi possível observar relativamente ao ensino. A professora Beatriz pratica um ensino transmissivo e por descoberta. Em alguns momentos detem todo o controlo sobre o conteúdo e noutra delega nos alunos a responsabilidade de aprender, sem qualquer orientação.

4. Sumário do *BTSK*

A análise dos resultados permitiu a identificação do conhecimento mobilizado por duas professoras com dezasseis anos de experiência efetiva com alunos, no decorrer do ensino do tema Reprodução das Plantas. Este tema é ensinado, no ensino básico, em Portugal, no 3º ano e 6º ano e foi no decorrer do ensino nesses dois anos de escolaridade que os dados foram recolhidos

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 da sequenciação com os temas anteriores e posteriores a um determinado momento escolar.		
Crenças (Beliefs)	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.

Quadro 42 - Resumo dos domínios, subdomínios e categorias do modelo *BTSK* (Luís e Carrillo, 2020, p. 28).

A caracterização deste conhecimento permitiu a construção de um modelo. Trata-se de um modelo adaptado do modelo do MTSK com as alterações próprias provocadas pela especificidade da disciplina. O modelo do *Conhecimento do professor quando ensina tópicos da biologia (BTSK)* é caracterizado por dois domínios de conhecimento e um domínio de crenças. Cada um deles divide-se em subdomínios e categorias que foram resumidas no quadro 29. Nos próximos subtítulos: 4.1, 4.2 e 4.3 foram apresentados e caracterizados, de forma sucinta, cada um dos domínios, subdomínios e categorias que neles estão integradas.

4.1. O domínio do Conhecimento da Biologia

O domínio do *Conhecimento da Biologia* consiste no conhecimento do professor sobre o conteúdo Reprodução das plantas. Conhecimento sobre os termos e designações usadas, as definições, factos, fenómenos, leis, teorias e princípios associados ao tema; o conhecimento sobre as formas de observar e representar os diferentes aspetos da reprodução das plantas. Está também aqui incluído o conhecimento sobre como este tema se relaciona com outros temas da biologia, nomeadamente que aspetos tem em comum com a reprodução dos animais. E inclui ainda o conhecimento sobre como se produz e valida o conhecimento científico, não na biologia em particular, mas em todas as ciências.

Este conhecimento que se apresentou sumariamente num único bloco, integra três subdomínios: o *Conhecimento dos temas da biologia*, o *Conhecimento da estrutura da biologia* e o *Conhecimento da natureza da ciência*.

O **subdomínio do Conhecimento dos temas da biologia** integra o conhecimento sobre o tema, tal como o nome indica; neste caso o conhecimento sobre a reprodução das plantas. Consiste no conhecimento do tema em si mesmo, sem a intenção de ensinar. Neste subdomínio foram identificadas e caracterizadas cinco categorias: *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* e *Conhecimento de modelos associados ao conteúdo da biologia*.

A categoria **Conhecimento de conceitos da biologia** e *de exemplos associados* é caracterizada pelo conhecimento das definições ou propriedades específicas que caracterizam os elementos ou conceitos biológicos e dos exemplos que ajudam a defini-lo. Van Dijk e Kattmann (2007) e

Park e Chen (2012) referem a importância deste tipo de conhecimento para os professores, nomeadamente o conhecimento aprofundado dos conteúdos. Mas a especificação desta categoria vem diretamente do modelo MTSK (Carrillo, *et al.*, 2018) que a descreve como o conhecimento das propriedades atribuíveis ao conteúdo que lhe conferem o sentido e significado. Integra-se aqui o conhecimento sobre os conceitos de polinização, de reprodução sexuada e assexuada, de semente e embrião e pseudofruto entre muitos outros frequentemente mobilizados ao longo das aulas observadas.

A categoria **Conhecimento sobre leis, princípios e teorias da biologia** integra precisamente o conhecimento de leis, princípios e teorias associadas ao tema da Reprodução das Plantas e foi criada pela importância que é dada pela comunidade científica (NRC, 2012) às leis, aos princípios e às teorias. Constituem formas de organizar a informação e de a tornar clara para os outros.

O conhecimento mobilizado por uma das professoras sobre o facto da água ser o fator limitador da germinação ilustra o conhecimento que se inclui nesta categoria. A professora revela que é necessária uma quantidade mínima para que ocorra o fenómeno. Esta declaração mostra que conhece a Lei do Mínimo que em traços gerais diz que o desenvolvimento está limitado pelo componente que existe em menor quantidade.

Estas duas categorias, juntas, têm correspondência na categoria: Conhecimento das propriedades e fundamentos atribuíveis a um conteúdo matemático, do MTSK. Esta categoria do MTSK inclui ainda o conhecimento sobre as demonstrações que no *BTSK* foram colocadas separadamente. As demonstrações no âmbito da biologia têm um carácter bastante prático e são realizadas principalmente com recurso à manipulação de materiais. Devido a esta característica, as demonstrações foram incluídas na categoria que se apresenta seguidamente.

A categoria **Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia** está definida como sendo o conhecimento sobre os meios e técnicas apropriadas para realizar determinada observação. Mas também sobre como e quando fazer (Hodson, 1998; Magnusson, *et al.*, 1999; Leite, 2001; Carrillo, *et al.*, 2018). Inclui não apenas como funcionam os instrumentos, aparelhos ou materiais, mas as suas limitações. É incluído nesta categoria o conhecimento sobre como funciona o microscópio (objetivas, iluminação, etc) mas igualmente o conhecimento da limitação do microscópio com espelho. A observação adequada e clara neste tipo de aparelhos está dependente de uma boa intensidade de luz solar. Um dia de céu nublado pode inviabilizar a observação.

A categoria **Conhecimento de modelos associados ao conteúdo da biologia** é a quarta categoria e é caracterizada pelo conhecimento sobre estruturas, esquemas, modelos ou outros registos que permitem diferentes representações de um determinado conteúdo. Os modelos são representações de ideias, conceções, fenómenos (Chen, *et al.*, 2016) e assumem um papel especial quando o objeto em estudo não é facilmente observável. O modelo de flor completa é um dos modelos mais recorrentes no estudo da flor por mostrar de forma clara os órgãos que a constituem.

Esta categoria encontra alguma similaridade com a categoria Conhecimento dos registos de representação associados a um conteúdo matemático do MTSK que, de acordo com Carrillo, *et al.* (2018), integra o conhecimento sobre a existência de diferentes registos com os quais se pode representar determinado conteúdo.

A última categoria deste subdomínio é designada por **Conhecimento de factos e fenómenos biológicos**. Esta categoria é caracterizada pelo conhecimento sobre os factos como verdades dogmáticas e dos fenómenos biológicos enquanto processos e sequências de acontecimentos biológicos (Novak e Gowin, 1996; Valadares e Moreira, 2009). É específica da disciplina da biologia e envolve, por exemplo, o conhecimento dos seguintes factos: a semente contém o embrião que dará origem à nova planta, o musgo e o feto são plantas sem flor, as sementes aumentam de tamanho porque absorvem água; e do fenómeno de geotropismo, de germinação, de fecundação, frutificação entre outros.

O **subdomínio do Conhecimento da estrutura da biologia** tem apenas uma categoria designada por **Conhecimento de Big Ideas**. Esta categoria é próxima da categoria Conhecimento das conexões transversais entre os conteúdos matemáticos, do MTSK na medida em que ambas se referem ao conhecimento das relações entre dois conteúdos diferentes, pela qualidade que têm em comum ou pela proximidade de pensamento (Carrillo, *et al.*, 2018). Distingue-se esta categoria pelo facto de incluir o conhecimento de como os conteúdos se inter-relacionam mesmo pertencendo a dois temas distintos. O conhecimento de que a reprodução do caracol (animal) pode ter alguma proximidade com as plantas é uma evidência do conhecimento incluído nesta categoria. Apesar da reprodução do caracol e das plantas ser significativamente diferente, o caracol e as plantas estão ligados pela qualidade de serem ambos hermafroditas.

O **subdomínio do Conhecimento da natureza da ciência** integra o conhecimento sobre como se produz e valida o conhecimento científico e não especificamente na biologia. Apesar das diferenças bastante vincadas entre os diferentes ramos da ciência não foram ainda identificados

componentes da natureza da biologia, se é que os há (Lederman, 2007). Este subdomínio coincide na perfeição com o subdomínio Conhecimento da Prática Matemática no que concerne à sua essência, mas não no seu conteúdo.

No âmbito deste subdomínio observam-se duas categorias. A primeira está relacionada com o conhecimento dos vários métodos disponíveis ao alcance dos cientistas que lhes permitem fazer novas descobertas ou consolidar conhecimento, designada por **Conhecimento de métodos de investigação científica**. Integra também o conhecimento de que existem várias formas de se realizarem descobertas sem que se siga um método científico pré-estabelecido ou único. A criatividade e a tentativa contribuem para os avanços no conhecimento assim os progressos tecnológicos (Wong e Hodson, 2008; Lederman, 1992). Incluiu-se aqui o conhecimento revelado relativamente à necessidade de controlar as variáveis durante a realização de uma atividade de cariz experimental (Leite, 2001). O controlo das variáveis integra a fase de teste da hipótese formulada, constituindo uma das fases de um procedimento científico, do método científico, apesar da variedade de métodos.

A outra categoria foi designada por **Conhecimento do estatuto e conhecimento científico** e integra o conhecimento de que o conhecimento científico é fiável e duradouro, mas não é uma verdade absoluta. O conhecimento em ciências, e a biologia não é exceção, está sujeito a alterações provocadas por novas descobertas devido a mudanças culturais, evolução das tecnologias ou novas formas de pensar (Lederman, *et al.*, 2002). Por exemplo, as investigações em zonas remotas do planeta proporcionam a descoberta de novas espécies que atualizam a lista de espécies no planeta.

4.2. O domínio do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo

O domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo* consiste no conhecimento que o professor tem para ensinar a reprodução das plantas. Comporta o conhecimento sobre as diferentes estratégias, materiais, técnicas, atividades específicas para o ensino deste tópico da biologia; o conhecimento sobre os aspetos de que depende a aprendizagem deste tema por parte dos alunos e o conhecimento dos padrões de aprendizagem, ou seja, do conjunto de conhecimentos e competências definidas como metas de aprendizagem.

Este domínio, integra o conhecimento sobre como e o que ensinar e é composto, como o *PCK* do MTSK, por três subdomínios: *Conhecimento do ensino da biologia*, *Conhecimento das*

características de aprendizagem da biologia e Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia.

O **subdomínio Conhecimento do ensino da biologia** envolve o conhecimento especializado do professor sobre o ensino de um conteúdo da biologia. Neste âmbito Magnusson, *et al.* (1999) integram como necessário para o ensino o conhecimento das estratégias instrucionais e Blanco, *et al.* (1995), no âmbito do estudo do conhecimento profissional do professor de matemática e ciências, refere o conhecimento dos recursos. Carrillo, *et al.* (2018) caracteriza este subdomínio, no modelo MTSK, como o conhecimento das teorias de ensino, o conhecimento de estratégias, atividades, recursos e materiais específicos para o ensino da disciplina.

Na investigação foi possível caracterizar duas categorias: *Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia e Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia.*

A categoria **Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia** é caracterizada como o conhecimento de estratégias, atividades, técnicas específicas para o ensino de um tópico da biologia e da sua potencialidade enquanto promotora de aprendizagem. Os aspetos do conhecimento que são integrados aqui coincidem com os descritos por Berry, *et al.* (2017) e Magnusson, *et al.* (1999) mas também com os contemplados no MTSK (Carrillo, *et al.*, 2018). Integram-se aqui o conhecimento das atividades experimentais de germinação e reprodução assexuada como atividades específicas para o ensino deste tópico assim como a observação ao microscópio, com lupa e a olho nu.

Na categoria **Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia** considera-se o conhecimento dos recursos disponíveis para o ensino de um tópico da biologia, das suas potencialidades e das suas limitações (Magnusson, *et al.*, 1999; Blanco, *et al.*, 1995; Carrillo, *et al.*, 2018). Esta investigação permitiu apurar alguns desses recursos nomeadamente os grãos de pólen, o microscópio, a lupa, os vídeos e as analogias. São recursos considerados como válidos e interessantes para o ensino do tema da Reprodução das Plantas.

O **subdomínio Conhecimento das características de aprendizagem da biologia** inclui o conhecimento sobre os aspetos do tema da Reprodução das Plantas que os alunos aprendem

com maior ou menor dificuldade/resistência. Estão aqui contempladas as concepções prévias dos alunos sobre um determinado tópico, motivação, diferenças nas habilidades dos alunos, estilos de aprendizagem, interesse, nível de desenvolvimento e necessidade (Park e Oliver, 2008).

Foi possível encontrar uma categoria: **Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia**. Esta categoria integra o conhecimento da componente Conhecimento da compreensão dos estudantes em ciências, do modelo pentagonal do *PCK* de Park e Oliver (2008) mas também o conhecimento sobre os conteúdos que são à partida mais difíceis ou mais fáceis de aprender (Carrillo, *et al.*, 2018). O conhecimento do professor de que os alunos identificam facilmente as pétalas das flores e que é comum confundirem a germinação do grão de pólen com a germinação das sementes pode ser aqui incluído. As concepções ou ideias prévias dos alunos estão aqui integradas já que também elas podem constituir uma fortaleza ou um obstáculo à aprendizagem (Driver, 1985; Luís, 2010). As ideias prévias dos alunos surgem a partir da construção de significados pelo seu contacto direto com meio, com família, com os meios de comunicação, com a sociedade ou com a escola (Veglia, 2007). Por isso, ao estabelecer-se uma relação entre o *MTSK* e *BTSK*, percebe-se que esta categoria inclui o conhecimento de duas categorias do modelo da matemática: Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo e Conhecimento dos principais interesses e expectativas dos estudantes ao abordar um conteúdo.

Este conhecimento permite interpretar as suas ações e as verbalizações dos alunos e estimulá-los a desenvolver pontos de vista aceitáveis (Gullberg, *et al.*, 2008). Inclui-se aqui o conhecimento do professor de que os alunos tendem a não reconhecer a semente como algo vivo, reconhecem com facilidade que a água faz germinar as sementes ou que entendem que as flores existem para enfeitar as suas casas.

O **subdomínio Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia** reúne o conhecimento do professor de biologia sobre o currículo e outros documentos que o complementam e lhe permitem saber o que tem que ensinar. Coincide com o tipo de conhecimento definido para o modelo *MTSK* (Carrillo, *et al.*, 2018). Neste subdomínio foram identificadas duas categorias: *Conhecimento das expectativas de aprendizagem do conteúdo da biologia num nível específico* e *Conhecimento da sequenciação com os temas anteriores e posteriores a um determinado momento escolar*. Ambas as categorias encontram correspondência nas categorias homólogas do *MTSK*.

A categoria **Conhecimento das expectativas de aprendizagem do conteúdo da biologia** num nível específico inclui o 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, mas também de associações ou entidades relevantes no âmbito educacional. Incluiu-se aqui o conhecimento do professor sobre quais os conteúdos relativos à reprodução das plantas que ainda fazem parte do programa.

A categoria **Conhecimento da sequenciação com os temas anteriores e posteriores a um determinado momento escolar** integra o 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. Incluímos aqui o conhecimento de que os alunos precisam de conhecer a constituição da flor antes de aprenderem como se processa a reprodução sexuada das plantas.

4.3. O domínio das Crenças

O domínio das Crenças constitui o terceiro domínio do modelo do conhecimento especializado do professor de biologia. Abarca o conhecimento pessoal dos professores sobre o conteúdo e sobre o processo de ensino e aprendizagem (Kagan, 1992; Zembylas, 2007). Um conhecimento intrínseco e particular de tal forma subjetivo e implícito que é designado por crença (Gómez-Chacón, 2003; Pehkonen e Pietilä, 2003). Este domínio, tal como acontece no modelo homólogo da matemática, é composto por dois subdomínios: o subdomínio das Crenças sobre o conteúdo, neste caso *Crenças sobre a biologia*, e o subdomínio das *Crenças sobre o ensino e aprendizagem da biologia*.

O **subdomínio das Crenças sobre a biologia** inclui as crenças das professoras sobre a biologia. Estão integradas duas categorias com os nomes: **Crenças sobre a geração de conhecimento** e **Crenças sobre os métodos científicos**. Na primeira categoria foi possível caracterizar um nível de entendimento sobre a geração de conhecimento. Trata-se da visão moderna da ciência e é caracterizada pelo entendimento de que o conhecimento científico existe, apenas não está disponível e precisa de ser descoberto. Surge pelo acumular de experiências sucessivas. Esta

ideia de conhecimento pré-existente vai ao encontro do filósofo moderno Bacon (1561-1626) e coincide com a visão platónica de Carrillo e Contreras (1995) e Carrillo (1998). Segundo a visão platónica da ciência destes últimos autores o conhecimento é univesal, absoluto e livre de valores.

Na segunda categoria, ***Crenças sobre os métodos científicos***, incluem-se as ideias das professoras sobre a forma como o conhecimento científico é produzido. Aqui foram encontrados dois níveis de entendimento: a visão moderna da ciência e a visão contemporânea da ciência. No primeiro nível encontra-se a ideia que a observação é a base da construção do conhecimento. São as ideias de Bacon citado por Freitas (2004) que valoriza o uso da observação por mentes treinadas e que não se deixam influenciar por sentimentos subjetivos, pela sociedade ou pela religião.

Na visão moderna da ciência, segundo nível de entendimento, observa-se a ideia de que o conhecimento, ou a produção do conhecimento científico, surge a partir da formulação de uma pergunta, ideia consistente com a do filósofo Popper (2000) e do investigador Carrillo (1998). A formulação de uma questão é o início da atividade científica e da produção de conhecimento.

No subdomínio das ***Crenças sobre o ensino e aprendizagem da biologia*** são incluídas as crenças de ambas as professoras sobre o ensino, nomeadamente as Tendências Didáticas (Carrillo e Contreras, 1995; Carrillo, 1998). As evidências encontradas dão suporte à criação de uma categoria apenas: *Crenças sobre o ensino*. Esta categoria inclui as crenças sobre como ensinar, nomeadamente o posicionamento destas professoras face ao ensino. São exemplos deste tipo de crenças a Tendência Didática Tradicional (Carrillo e Contreras, 1995; Carrillo, 1998) em que se observou que as professoras assumiram uma posição de controlo total da aula e do processo de ensino/aprendizagem e a Perspetiva de Ensino por Descoberta (Cachapuz, *et al.*, 2000) evidente pela tomada de posição de uma das professoras quando entregou aos alunos a responsabilidade de desenvolver uma atividade sem uma orientação específica da sua parte. A realização da atividade e o controlo da sua execução ficou dependente da vontade e interesse dos mesmos.

O elevado número de estudo sobre as crenças dos professores contrasta com o reduzido número de evidências recolhidas durante esta investigação. Acredita-se que hajam mais crenças às quais não se tenha acedido por imaturidade investigativa ou por não terem sido mobilizadas no decorrer das observações. Compreende-se, no entanto, que as conceções encontradas e aqui sintetizadas poderão ser uma pequena parte daquelas que existem entre os professores que trabalham nas escolas. Por outro lado, permitem criar algumas expectativas sobre quais

poderão ser as crenças de outros professores, noutros contextos do ensino da biologia e/ou noutros níveis de ensino.

V. Considerações finais

Neste capítulo final fica registada a reflexão crítica sobre o trabalho desenvolvido. Primeiramente uma análise relativamente ao alcance dos objetivos definidos no início desta investigação: em que medida os objetivos foram alcançados e que espaço fica por preencher no modelo *BTSK*. Depois, a identificação das potencialidades e limitações das informações recolhidas e trabalhadas aqui. Reconhece-se que os dados recolhidos possam ser poucos, dado o universo de tópicos da biologia e o reduzido número de professores observados, mas simultaneamente destacam-se as possibilidades de expansão e clarificação dos resultados conseguidos. Finalmente as vantagens do uso do modelo como recurso na formação de professores em formação inicial e contínua. O *BTSK* pode constituir uma ferramenta no momento de identificação das componentes do currículo mais ou menos relevantes mas também como instrumento de reflexão e autoanálise do conhecimento dos professores.

1. Conclusões relativamente aos objetivos definidos

O objetivo desta investigação esteve focado na compreensão do conhecimento mobilizado por duas professoras durante o ensino de um tema particular da biologia, a reprodução das plantas. Para compreender esse conhecimento, foi preciso identificá-lo e caracterizá-lo. De entre os professores no ativo, foram selecionados dois, do ensino básico, e estabelecidas três perguntas de investigação:

1. Que conhecimento e que crenças apresentam duas professoras quando ensinam o tema da Reprodução das Plantas a crianças do 3º e 6º anos de escolaridade (com aproximadamente 8 e 12 anos de idade)?

2. Como se caracteriza o conhecimento mobilizado por estas duas professoras ao ensinar este tema da biologia?

3. Como se define o modelo do conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia?

A partir da observação de duas professoras no decorrer do ensino do tema Reprodução das Plantas foi possível identificar que conhecimento estava a ser mobilizado. Esse conhecimento foi caracterizado, tendo sido estabelecidas designações para esse conhecimento que permitiram o seu agrupamento em estruturas mais específicas: domínios, subdomínios e categorias. Surge uma representação, um esquema, um modelo que integra todo esse conhecimento mobilizado designado por *Conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos da biologia – BTSK*. A construção deste modelo foi sustentada pela caracterização de um modelo teórico do *BTSK* e análise do conhecimento recolhido. Mas, sob o foco sempre presente do modelo original produzido para a disciplina de matemática (Carrillo, *et al.*, 2018).

Divide-se no mesmo número de domínios e subdomínios que o modelo original e o tipo de conhecimento que comporta também se mantém. Mudam alguns nomes de subdomínios mas as principais diferenças observam-se à medida que o conhecimento é mais específico, ao nível das categorias, como foi esperado.

Os objetivos definidos foram alcançados e foi possível identificar e caracterizar o conhecimento mobilizado e construir o modelo *BTSK*. Mas, naturalmente, o modelo não está completo. Apesar de se ter conseguido caracterizar todos os subdomínios do *BTSK*, não foi possível capturar conhecimento e crenças de vários aspetos referidos pela teoria. Por exemplo, conseguiu-se apenas definir uma categoria no subdomínio Conhecimento da estrutura da biologia. Trata-se de uma categoria que integra o conhecimento de outros temas que têm relação com a reprodução das plantas nomeadamente o facto de existirem animais hermafroditas como algumas flores ou o facto de alguns animais se desenvolverem dentro de ovos como o embrião dentro da semente. O encontro de pontos comuns entre a reprodução dos animais e a reprodução das plantas é uma conexão entre temas da biologia. Mas o conhecimento da estrutura da biologia pode ter outras formas de se revelar além da relação com outros temas, como acontece no modelo da matemática.

Outro exemplo que leva a crer que o modelo estará por completar pelo facto de não se ter encontrado conhecimento revelado pela literatura, diz respeito às teorias de aprendizagem. O

modelo do MTSK refere o conhecimento das teorias de aprendizagem de um conteúdo matemático (Carrillo, *et al.*, 2018). Existem igualmente algumas teorias de aprendizagem da biologia nomeadamente aquelas apresentadas por investigadores como Pessim e Nascimento (2010), Iancu (2014) ou Bezerra, *et al.* (2017) que valorizam a aprendizagem a partir da construção de respostas a problemas. Porém este aspeto do conhecimento não foi revelado por estas duas professoras.

A evidência desse conhecimento pode estar por descobrir por entre as transcrições ou pode ter sido mobilizado sem que se tenha notado e anotado ou pode não ter sido mobilizado e existir. Apesar deste ser um trabalho terminado ficam lacunas por preencher no *BTSK*.

Uma análise mais aprofundada, mas global, relativamente ao tipo de conhecimento encontrado bem como a sua quantidade remete para uma reflexão mais crítica. As práticas das professoras são bastante diferentes no que concerne ao tipo de ensino que desenvolvem: um ensino centrado no desenvolvimento de atividades práticas sequenciadas e realizadas independentemente do interesse e necessidade dos alunos; e um ensino quase exclusivamente transmissivo, focado na passagem de conteúdos e conceitos. Porém, ambas alheias às tendências de ensino e teorias de aprendizagem divulgadas pela literatura e centradas nos objetivos ministeriais.

O conhecimento disponível permitiu uma caracterização do subdomínio do *KoBT* riquíssima, em cinco categorias, com evidências pontentes e diversas, num total 169 evidências. No subdomínio *KBT* as evidências também são numerosas mas quase exclusivas do conhecimento de atividades de prático e/ou experimental (42 evidências, num total 57, na categoria *Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia*).

As poucas evidências de conhecimento dos restantes subdomínios (*KSB, KNoS, KFLB, KBLs*) e domínio das *Crenças* são muito poucas (35 evidências), comparativamente com o total de evidências recolhidas e codificadas ao longo do trabalho. Permitiram caracterizar os subdomínios (incluindo os do domínio das *Crenças*) de forma bastante consistente mas falta a quantidade para validar e dar robustez aos resultados.

O modelo do *BTSK*, finalizado mas expectante por validações e melhorias, serve como ferramenta analítica para identificação de conhecimento em estudos semelhantes. O modelo Conhecimento Profissional do Professor & Competências (Gess-Newsome, 2015) permite a compreensão como funciona o pensamento e a ação do professor no decorrer da sua prática,

mas não funciona eficazmente como instrumento de identificação e caracterização de conhecimento devido às suas características dinâmicas. A informação é pouco concreta e fora do âmbito de conhecimento.

O modelo anterior, de Grossman (1990), integra conhecimento sobre o conteúdo e sobre a prática pedagógica, mas inclui também a pedagogia geral, usado no ensino de qualquer temática e não específica do ensino da biologia. Por outro lado, com o recurso a este modelo não seria possível identificar o conhecimento mobilizado por estas professoras sobre as *Big Ideas* ou sobre a prática científica e nesse sentido também este modelo das ciências não constitui uma ferramenta analítica eficaz.

A construção do modelo do *Conhecimento especializado do professor de biologia*, a partir do MTSK, permitiu estabelecer um caminho no estudo do conhecimento do professor de biologia com maior amplitude na multiplicidade de conhecimento. Este modelo, como o MTSK, inclui apenas conhecimento, está organizado em níveis de especificação (domínios, subdomínios, categorias), que permite facilmente caracterizar o conhecimento, e é específico da disciplina.

2. Potencialidade e limitações do estudo

O *BTSK* é o primeiro modelo proveniente da adaptação do MTSK a outras disciplinas. Este facto é, em si mesmo, uma porta a muitas outras possibilidades de adaptação do modelo a outras ciências, às línguas, ao desporto ou à história.

O *BTSK*, como o MTSK, constitui uma ferramenta analítica na identificação e caracterização de conhecimento no âmbito do ensino da biologia, pela sua amplitude de conhecimento e pela forma como está organizada. Tem especial relevância na identificação de conhecimento no âmbito dos subdomínios da estrutura da biologia (*KSB*) e da Natureza da ciência (*KNoS*), uma vez que existe um vazio destes aspetos do conhecimento nos modelos estudados.

No que diz respeito à formação de professores, os resultados deste trabalho também podem ter uma participação ativa. Podem ter uma aplicação direta na formação inicial dos professores e no processo de desenvolvimento profissional já esta investigação clarifica relativamente ao conhecimento que é usado pelos professores quando ensinam o tema. Se recorrem a este conhecimento é porque faz falta e se faz falta deve ser incluído nos programas de formação de

professores. A integração, no currículo de formação profissional de professores, de componentes como: a estrutura da biologia, a natureza da ciência, os instrumentos e técnicas de ensino, as características de aprendizagem e os padrões de aprendizagem; poderão contribuir para uma formação mais integrada e consciênte. Os professores tem ainda de ser ensinados a refletir sobre as suas crenças e sobre o seu papel no seu desempenho profissional. Sendo esta declaração válida para a formação inicial, é igualmente válida na formação profissional dos professores que já trabalham nas escolas.

A informação reunida neste trabalho é extensa, mas seria interessante alargar o estudo a outros contextos: com mais professores, com professores do ensino superior, com outros temas da biologia, de outras regiões do país, do mundo. Cada investigação trará mais informação ao modelo criado. Os aspetos novos ajudarão a completar o modelo, acrescentando conhecimento não contemplado, e a identificação de aspetos do conhecimento já presentes no atual modelo darão força ao que já existe.

Esta investigação foi baseada na recolha e análise de informações de duas professoras do ensino básico, o que limita a informação recolhida. A informação é restrita por vários aspetos entre os quais o facto de serem apenas duas professoras e serem ambas do ensino básico. Por outro lado, a reprodução das plantas é um de entre uma grande variedade de temas dentro da biologia e é naturalmente limitada a sustentação de um modelo que reúne o conhecimento do professor quando ensina tópicos da biologia, seja ele qual for.

3. Trabalhos futuros

O aspeto que parece mais revelante no que diz respeito a trabalhos futuros, é a vontade de ver o modelo *BTSK* mais completo. Esta primeira abordagem foi longa e trabalhosa. Todo o processo de definição e caracterização foi discutido para que representasse, com rigor, os dados recolhidos e os trabalhos divulgados pela literatura. Mas não se têm a presunção de que o modelo está terminado, muito antes pelo contrário. Como investigadores, e acima de tudo como curiosos, está presente o sentimento de que outras contribuições darão ao modelo maior coesão e consistência. Por um lado, seria muito interessante ver validadas por outras investigações, as categorias aqui encontradas. Ou seja, encontrar o mesmo tipo de conhecimento noutros contextos. Conseguido esse feito seria a prova consolidada dos

resultados deste trabalho. Por outro, complementar o modelo com a criação de outras categorias nos diferentes subdomínios, seria uma mais valia para os investigadores ligados a este tema, mas também para os professores de biologia. Os subdomínios com menor número de categorias são o do *Conhecimento da estrutura da biologia* e do *Conhecimento das características de aprendizagem da biologia* e poderão ser esses nos quais o encontro de novas categorias será mais interessante e desafiador.

As investigações divulgadas pela literatura no âmbito da Natureza da Ciência estão, principalmente, relacionadas com conceções de professores ou de alunos de diferentes níveis de escolaridade. Outros trabalhos definem que aspetos devem ou não integrar a Natureza da Ciência mas não arriscam a definição do NoS para a biologia. A identificação dos aspetos mais ligados a esta disciplina ou quais deles são mais relevantes ou impactantes para os alunos são outros trabalhos igualmente possíveis.

Este modelo pode ser usado como ferramenta para identificação do conhecimento especializado para o ensino da biologia. A ideia foi já colocada em prática usando o modelo da matemática (MTSK). Moriel Junior e Alencar (2020) e Ferreti (2020) e desenvolveram esse trabalho para aferir o conhecimento de um grupo de professores de matemática e Dahmer, Fernandes, e Luís e Carrillo (2020) realizaram essa análise no âmbito da fisiologia vegetal de plantas superiores, tema da biologia. Porém esta última investigação teve como foco apenas o conhecimento dos temas. Considerou um dos subdomínios deste modelo e, por isso, não foi observado todo o conhecimento mobilizado. O facto desta primeira aproximação ao *BTSK* estar completa possibilita a identificação e análise de maior número de aspetos do conhecimento especializado do professor de biologia.

VI. Referências

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understanding about science: Enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, pp. 353-374. doi:10.1080/09500693.2011.629013
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), pp. 665-701. doi:10.1080/09500690050044044
- Abell, S. K., Lannin, J. K., Marra, R. M., Ehlert, M. W., Cole, J. S., Lee, M. H., . . . Wang, C. (2007). Multi-Site Evaluation of Science and Mathematics Teacher Professional Development Programs: The Project Profile Approach. *Studies in Educational Evaluation*, 33, pp. 135-158.
- Abelson, R. (1979). Differences between belief systems and knowledge systems. *Cognitive Science*, 3, pp. 355-366. doi:10.1207/s15516709cog0304_4
- Abrantes, P. C. (2011). Introdução. O que é a filosofia da biologia? In P. C. Abrantes, *Leis e teorias em biologia* (pp. 11-36). Artmed.
- Adegboye, M. C., Bello, G., & Abimbola, I. O. (2017). Conceptions of the Nature of Biology Held by Senior Secondary School Biology Teachers in Ilorin. *Malaysian Online Journal of Education Sciences*, 5(3), pp. 1-12.
- Adúriz-Bravo, A. (2013). A semantic view of scientific models for science education. *Science & Education*, 22, pp. 1593-1611. doi:10.1007/s11191-011-9431-7
- Aguilar, Á. (2015). *El conocimiento especializado de una maestra sobre la clasificación de las figuras planas. Un estudio de caso (Tesis doctoral, Universidad de Huelva)*. Huelva, España.
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J., Tobi, H., & Mulder, M. (2013). Inquiry-based science teaching competence of primary school teachers: Delphi study. *Teaching and Teacher Education*, 35, pp. 13-24.

- Alarcão, I., Freitas, C. V., Alarcão, J., & Tavares, M. J. (1997). *A formação de professores no Portugal de hoje - Documento de trabalho do Conselho de Reitores das Universidades Portuguesas*. Lisboa.
- Alivernini, F., Palmerio, L., Vinci, E., & Di Leo, I. (2010). An analysis of factors affecting pupils' science achievement in Italy. *IEA Conference 2010*. Retrieved from http://www.iea.nl/fileadmin/user_upload/IRC/IRC_2010/Papers/IRC2010_Alivernin
- Allen, C., Smit, I., & Wallach, W. (2005). Artificial morality: Top-down, bottom-up, and hybrid approaches. *Ethics and information technology*, 7(3), 149-155.
- Almeida, A. M., Guimarães, L., Cunha, A., & Pamplona, J. M. (2013). *Ensino interdisciplinar das ciências: Um contributo para a valorização do património natural e cultural*. Retrieved agosto 14, 2019, from http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/33911/1/Almeida_etal__2013.pdf
- Alvarado, D. A., De las Heras-Pérez,, M. Á., Vázquez Bernal, B., & Jiménez-Pérez, R. (2018). 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(2). doi:10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2602
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy project 2016*. Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Project 2061 (American Association for the Advancement of Science). Benchmarks for science literacy*. Oxford University Press.
- Anderson, E. H., & Spencer, M. H. (2007). Cognitive representation of AIDS. In J. W. Creswell (Ed.), *Qualitative inquiry & research design. Chosing among five approaches* (2ª ed., pp. 259-283). Sage Publication.
- Arksey, H., & Knight, P. (1999). *Interviewing for social scientist*. Sage Publication.
- Aydın, S., Demirdögen, B., Muslu, N., & Hanuscin, D. (2013). 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, pp. 977–997. doi:10.1007/s10972-013-9345-0
- Ball, D. L., & Bass, H. (2000). Interweaving content and pedagogy in teaching and learning to teach: Knowing and using mathematics. In J. Boaler, *Multiple Perspectives on Mathematics of Teaching and Learning* (pp. 83-104). Westport: Ablex Publishing.
- Bardin, L. (2012). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bassey, M. (1999). *Case study research in educational settings*. Buckingham: Open.
- Bellini, M. (2007). Epistemologia da biologia: para pensar a iniciação das ciências biológicas. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 88(218). Retrieved from rbepold.inep.gov.br/index.php/rbep/article/view/763
- Berry, A., Nilson, P., Van Driel, J., & Carlson, J. (2017). Analysing science teachers' pedagogical content knowledge: A report on the second PCK summit. *Esera 2017 Conference*. Dublin, Ireland.
- Bertato, F. (2015). O critério de demarcação de Popper e a filosofia da biologia de Mayr. *Ciência & Ensino*, 4(1), 12-23.
- Bezerra, A., Rodrigues, D. V., Cavalcante, F. S., Nogueira, P. G., & Lima, R. A. (2017). O ensino de botânica por meio da confecção de velas com essências naturais de plantas. *Biota Amazônia*, 7(4), 17-19. doi:10.18561/2179-5746
- Blanco, L., Mellado, V., & Ruiz, C. (1995). Conocimiento didáctico del contenido en ciencias experimentales y matemáticas y formación de profesores. *Revista de educación*, 307, pp. 427-446.
- Brewer, W. F., & Loschky, L. (2005). Cognitive Penetrability of Perception: Attention, action, strategies, and bottom-up constraints. In A. Raftopoulos. Nova Science Publishers.
- Bryman, A. (2012). *Social Research Methods (4th edition)*. USA: Oxford University Press.
- Buckingham, W., Burnhamb, D., Hill, C., King, P. J., Marenbon, J., & Weeks, M. (2011). *O livro da filosofia. As grandes ideias de todos os tempos*. São Paulo: Editora Globo.
- Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E Learning By Design Model: Maximizing Informed Design and Inquiry in the Integrative STEM Classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 73, pp. 14-19.

- Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Scotter, P., Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: origins, effectiveness, and applications*. (B. S. Study, Ed.) Retrieved 2017, from <http://www.fremonths.org/ourpages/auto/2008/5/11/1210522036057/bscs5efullreport2006.pdf>
- Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2000). *Perspetivas de ensino* (Centro de Estudos de Educação em ciência ed., Vol. 1). Porto.
- Callejo, M. L., & Vila, A. (2003). Origen y formación de creencias sobre la resolución de problemas. Estudio de un grupo de alumnos que comienzan la educación secundaria. *Boletín de la asociación matemática venezolana*, 10(2), pp. 173-194.
- Carr, W., & Kemmis, S. (1986). *Becoming critical: Education, knowledge and action*. London: The Palmer Press.
- Carrillo, J. (1998). *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.
- Carrillo, J., & Contreras, L. C. (1995). Un modelo de categorías e indicadores para el análisis de las concepciones del profesor sobre la Matemática y su Enseñanza. *Educación Matemática*, 7(3), pp. 79-92.
- Carrillo, J., Climent, N., Contreras, L. C., & Muñoz-Catalán, M. C. (2013a). Determining Specialized Knowledge for Mathematics Teaching. In B. Ubuz, C. Haser, & M. A. Mariotti (Ed.), *VIII Congress of the european society for research in mathematics education* (pp. 2985-2994). Antalya, Turquia: Middle East Technicak University.
- 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), pp. 236-253. doi:10.1080/14794802.2018.1479981
- Carrillo, J., Flores, P., & Contreras, L. C. (2013b). Un modelo de conocimiento especializado del profesor de matemáticas. In L. Rico, M. C. Cañadas, J. Gutiérrez, M. Molina, & I. Segovia, *Investigación en Didáctica de la Matemática. Homenaje a Encarnación Castro* (pp. 193-200). Editorial Comares.

- Chen, Y., Hand, B., & Park, S. (2016). Examining elementary students' development of oral and written argumentation practices through Argument-Based Inquiry. *25(3)*, pp. 277-320.
- Cherry, K., & Mattiuzzi, P. G. (2010). *The Everything Psychology Book: Explore a psique humana e entenda por que fazemos as coisas que fazemos*. Simon e Schuster.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Chin, C., & Chia, L.-G. (2006). Problem-Based Learning: Using Ill-Structured Problems in Biology Project Work. *Science Education, 90*, pp. 44-67.
- Coll, R. K., & Treagust, D. F. (2003). Investigation of secondary school, undergraduate, and graduate learners' mental models of ionic bonding. *Journal of Research in Science Teaching, 40*, pp. 464-486.
- Conceição, T., Baptista, M., & Reis, P. (2019). La contaminación de los recursos hídricos como punto de partida para el activismo socio-científico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 16(1)*, pp. 1-13. doi:10.25267/Ver_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v19.i1.1502
- Contreras, L. C., & Carrillo, J. (1998). Diversas concepciones sobre resolución de problemas en el aula. *Educación matemática, 10(1)*, pp. 26-37.
- Dahmer, C. I., Fernandes, C. T., & Luís, M. (2019). Práticas Pedagógicas em biologia e alfabetização científica na ótica do BTKS. *Anais do Congresso de Pesquisa em Educação - CONPEduc 2019*. Mato Grosso. Retrieved 2020, from <https://even3.blob.core.windows.net/anais/215466.pdf>
- Damásio, A. R. (1995). *O erro de Decart. Emoção, razão e cérebro humano* (12ª ed.). Lisboa: Publicações Europa América.
- Denzin, N. (2009). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods* (1ª ed.). New York: Routledge. doi:<https://doi.org/10.4324/9781315134543>
- Denzin, N. (2012). Triangulation 2.0. *Journal of Mixed Methods Research, 6(2)*, pp. 80-88. doi:10.1177/1558689812437186
- Denzin, N., & Lincoln, Y. (1998). *The landscape of qualitative research: Theories and issues*. (N. Denzin, & Y. Lincoln, Eds.). Sage Publications.

- Denzin, N., & Lincoln, Y. (2005). The discipline and practice of qualitative research. In *The Sage handbook of qualitative research* (3ª ed., pp. 1-19). SAGE.
- Direção-Geral de Educação. (2018). *Aprendizagem essenciais*. Retrieved from <http://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-0>
- Driver, R. (1985). *Children's ideas in science*. England: Open University Press.
- Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A. (2009). A Learning Progression for Deepening Students' Understandings of Modern Genetics Across the 5th–10th Grades. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), pp. 655-674.
- Elbaz, F. (1983). *Teacher Thinking – A study of practical knowledge*. London: Croom Helm.
- Ellingson, L. L. (2011). Analysis and representation across the continuum. In N. K. Denzin, & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (4ª ed., pp. 595-610). Thousand Oaks, California: SAGE.
- Engels, E.-M. (2004, Junho). O desafio das biotécnicas para a ética e a antropologia. *Verita*, 50(2), pp. 205-228.
- Escudero, D. I., Flores, E., & Carillo, J. (2012). El conocimiento especializado del professor de matemáticas. (E. A. L. S. Moguel, Ed.) *Proceedings of the XV Escuela de Invierno en Matemática Educativa*, 1, 35-42.
- Escudero-Ávila, D. (2015). *Una caracterización del conocimiento didáctico del contenido como parte del conocimiento especializado del profesor de matemáticas de secundaria (Tesis doctoral, Universidad de Huelva)*. Huelva, Espanha.
- Ferraz, D. F., & Terrazzan, E. A. (2001). O uso de analogias como recurso didático por professores de biologia no ensino médio. *Revista Brasileira de Pesquisa e Educação em Ciências*, 1(3), pp. 21-37.
- Ferraz, D. F., & Terrazzan, E. A. (2002). O uso espontâneo de analogias por professores de biologia: Observações da prática pedagógica. *Revista Ensaio*, 4(2), pp. 115-129.
- Ferreira, L. B., Guimarães, Z. F., Guimarães, E. M., & Franco, L. S. (2013). O papel dos modelos na formação de licenciados em ciências biológicas: Uma investigação do tipo professor-pesquisador. *Ferreira, L. B. M., Guimaraes, Z. F. S., Guimaraes, E. M., & Franco, L. S. (2013). O papel dos modelos na formação de licenciandos em ciências biológicas. Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino* (pp. 1-12). Abrapec.

- Ferretti, F. (2020). Mathematics teacher's specialised knowledge of prospective primary teachers: An explorative study. *PNA*, 14(3), pp. 226-240.
- Feyerabend, P. (1986). *Tratado contra o método - Esquema de uma teoria anarquista do conhecimento*. (D. Ribes, Trans.) Madrid: Editorial Tecnos.
- Fiedler-Ferrara, N., & Mattos, C. (2002). Seleção e organização de conteúdos escolares: Recortes na pandiscipliaridade. *VIII Encontro de Pesquisa em Ensino da Física*. Guaratinguetá. Retrieved 2019, from http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=epef&cod=_selecaoorganizacaodecon
- Flores-Medrano, E., Montes, M. A., Carrillo, J., Contreras, L. C., Muñoz-Catalán, M. C., & Liñán, M. M. (2016). El Papel del MTSK como Modelo de Conocimiento del Profesor en las Interrelaciones entre los Espacios de Trabajo Matemático. *Bolema*, 30(54), pp. 204-221. doi:10.1590/1980-4415v30n54a10
- Fonseca, G. (2014). El Pck en profesores de Biología: Aportes y limitaciones. In U. D. Caldas (Ed.), *Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias*. Bogotá. Retrieved 2020
- Freitas, R. S. (2004). A saga do ideal de boa ciência. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 19(55), pp. 91-105. doi:10.1590/S0102-69092004000200006
- Fukuoka, M., Miwa, K., & Maehigashi, A. (2017). Experimental Investigation on Top-down and Bottom-up Processing in Graph Comprehension and Decision. *Proceedings of the Cognitive Science Society 39th Annual Meeting*, (pp. 2049-2054).
- Furinghetti, F., & Pehkonen, E. (2002). Rethinking characterizations of beliefs. In G. C. Leder, E. Pehkonen, & G. Törner (Eds.), *Beliefs: A hidden variable in mathematics education?* (pp. 39-57). Springer Netherlands.
- Galvão, C., & Reis, P. (2002). Um olhar sobre o conhecimento profissional dos professores: O estágio de Sofia. *Revista de Educação*, 11(2), pp. 165-178.
- 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). Routledge.

- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (1995). Biology teachers' perception of subject matter structure and its relationship to classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), pp. 301-325. doi:10.1002/tea.3660320309
- Gilbert, J. K. (1998). Visualization: A metacognitive skill. In B. Fraser, & K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 9-28). Kluwer.
- Goldberg, B. (1996). *Why Schools Fail*. Whashington D. C.: Cato Institute.
- Gómez-Chacón, I. M. (2000). Affective influences in the knowledge of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 43, pp. 149-168. doi:10.1023/A:1017518812079
- Gómez-Chacón, I. M. (2003). La Tarea Intelectual en Matemáticas. Afecto, Meta-afecto y los Sistemas de Creencias. (A. M. Venezolana, Ed.) *Boletín de la Asociación Matemática Venezolana*, 10(2), pp. 225-248.
- Griffiths, P. (2018). Philosophy of Biology. In E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Metaphysics Research Lab, Stanford University.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Grossman, P., Hammerness, K., & McDonald, M. (2009). Redefining teaching, re-imagining teacher education. *Teachers and teaching*, 15(2), pp. 273-289.
- Guba, E. G. (1989). *Fourth generation evaluation*. Newbury Park, CA: Sage.
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. (1994). Competing paradigms in qualitative research. In N. Denzin, & Y. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 105-117). Sage.
- Gullberg, A., Kellner, E., Attorps, I., & Tärneberg, R. (2008). Prospective teachers' inicial conceptions about pupils' undertanding os science and mathematics. 31(3), pp. 257-278.
- Harlen, W. (2003). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias* . Madrid: Ediciones Morata S. L.
- Harlen, W. (2010). *Principles and Big Ideas of Science Education*. (C. L. Association for Science Education, Ed.) Great Britain: Ashford Colour Press Ltd.
- Hodson, D. (1985). Philosophy os science, science and science education. *Studies in science education*, 12, pp. 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). Routledge.
- Iancu, M. (2014). Socio-cognitive conflict in learning biology-challenge, solving and roles. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 127, 68-72.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2005). A argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula. *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, (pp. 1-12). Bauru: São Paulo.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), pp. 173-184.
- Kagan, D. M. (1992). Professional growth among preservice and beginning teachers. *Review of Educational Research*, 62(2), pp. 129-169.
- Kanlı, U. (2015). Using a two-tier test to analyse student's and teachers' alternative concepts in astronomy. *Science Education International*, 26(2), pp. 148-165.
- Käpylä, M., Heikkinen, J., & Asunta, T. (2009). Influence of content knowledge on pedagogical content knowledge: The case of teaching photosynthesis and plant growth. *International journal of Science Education*, 31(10), pp. 1395-1415.
- Karmiloff-Smith, A. (1991). Beyond modularity: Innate constraints and developmental change. *Karmiloff-Smith, A. (1991). Beyond modularity: The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition*, pp. 171-197.
- Kartal, T., Öztürk, N., & Yalvac, G. (2011). Misconceptions of science teacher candidates about heat and temperature. *World Conference on Educational Sciences*. 15, pp. 2158-2763. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*. doi:10.1016/j.sbspro.2011.04.184
- Kılıç, D., & Sağlam, N. (2014). Students' understanding of genetics concepts: the effect of reasoning ability and learning approaches. *48(2)*, pp. 63-70.
- Koc, I. (2006). *Preservice elementary teachers' alternative conceptions of science and their self-efficacy beliefs about science teaching (Doctoral Thesis, University of Iowa)*.
- Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2ª ed.). New Jersey: Financial Times Press.

- Korur, F. (2015). Exploring seventh-grade students' and pre-service teachers' misconceptions in astronomical concepts. *Euroasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5), pp. 1041-1060.
- Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Los Angeles: Sage Publications.
- Kuhn, T. S. (2013). *A estrutura das revoluções científicas* (12ª ed.). (B. V. Boeira, & N. Boeira, Trans.) São Paulo: Perspectiva S. A.
- Lawson, A. E., Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1989). A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. (N. A. teaching, Ed.) *NARST Monograph*1, pp. 69-76.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of research in science teaching*, 20(4), pp. 331-359.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell, N. G. Lederman, & P. Lawrence Erlbaum Associates (Ed.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879).
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Randy, L. B., & Renée, S. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), pp. 497-521.
- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In H. Caetano, & M. Santos, *Cadernos didáticos de ciências* (pp. 77-96). Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- Lima, S. S. (2018). *Conhecimento Especializado de Professores de Física: Uma proposta de Modelo Teórico. (Dissertação de Mestrado)*. Cuiabá: Instituto Federal de Mato Grosso.
- Lin, S. W. (2004). Development and Application of a Two-Tier Diagnostic Test for High School Students' Understanding of Flowering Plant Growth and Development. *International journal science mathematics education*, 2(2), pp. 175-199. doi:10.1007/s10763-004-6484-y
- Lincoln, Y., & Guba, E. G. (1989). Ethics: The failure of positivist science. *The review of higher education*, 12(3), pp. 221-240. doi:10.1353/rhe.1989.0017

- Lorenzano, P. (2011). Leis e teorias em biologia. In P. C. Abrantes, *Filosofia da biologia* (pp. 53-82). Artmed.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2012). Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge. In *Professional Learning* (2^o ed., Vol. 12, pp. 15-23). Sense Publishers. doi:10.1007/978-94-6091-821-6
- Luís, M. (2010). *A hipótese de progressão na aprendizagem do conteúdo "reprodução" nas plantas (Tese de mestrado, Universidade do Algarve)*. Faro, Portugal.
- Luís, M., & Carrillo, J. (2020). O modelo do conhecimento especializado do professor de Biologia (btsk). *Revista De Ensino De Ciências E Matemática*, 19-36. Retrieved from <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. (M. C. J. Carrillo, Ed.) *IV Congreso Iberoamericano sobre Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas*, pp. 71-78.
- Luís, M., Monteiro, R., & Carrillo, J. (2015). Conhecimento especializado do professor para ensinar ciências. *Livro de resumos do XVI encontro nacional do ensino das ciências. A ciência como cultura*, (pp. 690-693). Lisboa.
- Machado, C. d., & Amaral, M. B. (2015). Memórias ilustradas: Aproximações entre a formação docente, imagens e personagens botânicos. *Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 8(2), pp. 7-20.
- Maciel, M. A., Pinto, A., Veiga Jr., V., Grynberg, N., & Echevarria, A. (2002). PLANTAS MEDICINAIS: A NECESSIDADE DE ESTUDOS MULTIDISCIPLINARES. *Química nova*, 25(3), 429-438. Retrieved from <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000300016>
- 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). Kluwer Academic.
- Marek, E. A., Cowan, C. C., & Cavallo, A. M. (1994). Students' misconceptions about diffusion: How can they be eliminated? *The American Biology Teacher*, 56(2), pp. 74-77.

- Marín, N., & Jiménez-Gómez, E. (1992). Problemas metodológicos en el tratamiento de las concepciones de los alumnos en el contexto de la filosofía e historia de la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*, 10(3), pp. 335-339.
- Marques, A. R., Azinhaga, P., & Reis, P. (2016). Professores como ativistas: impacto da participação no Projeto IRRESISTIBLE no desenvolvimento profissional e pessoal dos professores da CoP Portuguesa. *Desenvolvimento Curricular e Didática*, 8(1), pp. 85-95.
- Marques, M., & Moriel Junior, J. (2020). Conhecimento especializado de professor de biologia mobilizados em uma aula prática sobre interações ecológicas. *Revista de Rede de Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 8(2), pp. 253-271.
- Martins, I., Veiga, M. L., Teixeira, F., Vieira, C., Vieira, R., Rodrigues, A., & Couceiro, F. (2007). *Explorando... Educação em ciências e ensino experimental: Formação de professores*. Lisboa: Direção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular.
- Massoni, N. T., Moreira, M. A., & Silva, M. T. (2018). Revisitando a noção de "Método Científico". *Revista thema*, 15(3)(Ciências exatas e da terra), pp. 905-926. doi:10.15536/thema.15.2018.905-926.1057
- McLeod, D. B. (1992). Research on affect in mathematics education: A reconceptualization. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Learning and Teaching* (pp. 575-596). Macmillan.
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., . . . Bermejo, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 32(3), pp. 11-36.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Millar, R. (2010). Practical work. In J. Osborne, & J. Dillon, *Good practice in science teaching: What research has to say* (2ª ed.). McGraw.
- Mils, J. E., & Treagust, D. F. (2003). Engineering education – is problembased or project-based learning the answer? *Australasian Journal of Engineering Education*. Retrieved abril 19, 2019, from http://www.aeee.com.au/journal/2003/mills_treagust03.pdf
- Ministério da Educação. (1990). *Programas do 1º ciclo da escolaridade básica*. Lisboa: Ministério da Educação.

- Ministério da educação. (1991a). *Programa de ciência da natureza - Organização curricular e programas* (Vol. I). (I. Nacional, Ed.) Lisboa.
- Ministério da educação. (1991b). *Programa de ciências da natureza - Plano de organização do ensino-aprendizagem* (Vol. II). (I. Nacional, Ed.) Lisboa.
- Ministério da Educação. (2004). *Organização Curricular e Programas - Ensino Básico – 1.º Ciclo* (4ª ed.). Lisboa: Editorial do Ministério da Educação.
- Ministério da educação. (2013). *Programa de formação em ensino experimental da ciências*. Retrieved novembro 12, 2017, from <http://www.dge.mec.pt/programa-de-formacao-em-ensino-experimental-das-ciencias>
- Ministério da educação e ciência. (2013). *Metas curriculares no ensino básico - Ciências naturais: 5º, 6º, 7 e 8º anos*. Lisboa. Retrieved 2016, from <http://www.dge.mec.pt/metascurriculares>
- Ministério da educação e ciência. (2018). *Aprendizagens essenciais do ensino básico e secundário*. Lisboa. Retrieved 2019, from http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/2_ciclo/6_ciencias_naturais.pdf
- Mitchell, I., Keast, S., Panizzon, D., & Mitchell, J. (2016). Using 'big ideas' to enhance teaching and student learning. *Teachers and teaching*, pp. 1-15. doi:10.1080/13540602.2016.1218328
- Monteiro, R. (2005). *La enseñanza de las ciencias naturales desde el análisis cognitivo de la acción (Tesis doctoral)*. Huelva: Universidad de Huelva.
- Monteiro, R., & Luís, M. (2016). I know... i teach... Conhecimento especializado do professor. *Encontro Regional de Professores de Matemática*. São Brás de Alportel, Faro, Portugal.
- Montes, M. Á., Contreras, L. C., Liñán, M. M., Muñoz-Catalán, M. C., Climent, N., & Carrillo, J. (2015). Conocimiento de aritmética de futuros maestros. Debilidades y fortalezas. *Revista de Educación*, 367, pp. 36-62.
- Moraes, R. (1999). Análise de conteúdo. *Revista Educação*, 22(37), 7-32.
- Moreno, M., & Azcárate, C. (1997). Concepciones de los profesores sobre la enseñanza de las ecuaciones diferenciales a estudiantes de química y biología. Estudio de casos. *Enseñanza de las ciencias*, 15(1), pp. 21-34.

- Moriel Junior, J. G., & Carrilo, J. (2014). Explorando indícios de conhecimento especializado para ensinar matemática com o modelo MTSK. In M. T. González, M. Codes, D. Arnau, & T. Ortega (Ed.), *Investigación en Educación Matemática XVIII*, (pp. 1-10). Samanca, Espanha.
- Moriel Junior, J., & Alencar, E. (2020). Research and teacher education with MTSK in Mato Grosso and Mato Grosso do Sul. *Research, Society and Development*, 9(4), pp. 1-13.
- Muñoz-Catalán, M. C., & Monteiro, R. (2016). Afrontando la controversia en la investigación cualitativa. Discusión sobre la naturaleza de los elementos metodológicos en la investigación en educación. *Revista Interdisciplinar de Ciências e Artes*, 4, pp. 23-30.
- Muñoz-Catalán, M. d. (2009). *El desarrollo profesional en un entorno colaborativo centrado en la enseñanza de las matemáticas: el caso de una maestra novel (Tesis doctoral, Universidad de Huelva)*. Huelva, España.
- Mutlu, A., & Şeşen, B. A. (2016). Impact of virtual chemistry laboratory instruction on pre-service science teachers' scientific process skills. *Mutlu, A., & Şeşen, B. A. (2016). Impact of virtual chemistry laboratory instruction on pSHS Web of Conferences (Vol. 26, p. 01088. 26, p. 01088. EDP Sciences.*
- Narjaikaew, P. (2013). Alternative conceptions of primary school teachers of science about force and motion. *Social and Behavioral Sciences Symposium, 4th International Science, Social Science, Engineering and Energy Conference (I-SEEC 2012)*. 88, pp. 250-257. Procedia- Social and Behavioral Sciences.
- Nathan, M. J. (2019). Pluralism is the answer! What is the question? *Philosophy, Theory, and Practice in Biology*, 11(15). Retrieved 2020
- National Research Council. (2008). *National Research Council. 2008. The Role of Theory in Advancing 21st-Century Biology: Catalyzing Transformative Research*. Washington, D. C.: National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Nieuwenhuis, J. (2007). Qualitative research design and data gathering techniques. In K. Maree (Ed.), *First steps in research*. Van Schaik.

- Nodari, R. O., & Guerra, M. P. (2003, Jan/Mar). Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (Biossegurança de plantas transgênicas). *Revista de nutrição*. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-52732003000100011>
- Novak, J., & Gowin, D. (1996). *Aprender a aprender*. (C. Valadares, Trans.) Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Ogden, R. (2008). *The sage encyclopedia of qualitative research methods*. (L. M. Given, Ed.) Sage.
- Oliveira, R. (2015). *Crenças de professores de ciências da natureza e matemática sobre motivação dos alunos (Tese de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina)*. Florianópolis, Brasil.
- Orlando, T. C., Lima, A., Silva, A., Fusisaki, C., Ramos, C. L., Machado, D., & Trez, T. A. (2009). Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduados de ciências biológicas. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, 10, 1-17.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? *Journal of research in science teaching*, 40(7), pp. 692–720.
- Pajares, F. M. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), pp. 307-332.
- Park, S., & Chen, Y. (2012). 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), pp. 922–941.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008a). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as conceptual tool to understand teachers as professionals. *Researcher in Science Education*, 38, pp. 261-284. doi:10.1007/s11165-007-9049-6
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008b). 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), pp. 812-834.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2012). Mapping out the integration of the components os pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal os Research in Science Teaching*, 49(7), pp. 922-941.

- Park, S., Jang, J.-Y., Chen, Y.-C., & Jung, J. (2011). Is pedagogical content knowledge necessary for reformed science teaching? Evidence from an empirical study. *Research in Science Education, 41*(2), pp. 245-260.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3ª ed.). (S. publications, Ed.) California.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., . . . Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review, 14*, pp. 47-61.
- Pehkonen, E., & Pietilä, A. (2003). On relationship between beliefs and knowledge in mathematics education. In M. A. Mariotti (Ed.), *Proceeding of the ERME 3* (pp. 1-8). Bellaria, Itália: ERME.
- Pérez, D. G., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cahapuz, A., & Praia, J. (2001). Por uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação, 7*(2), pp. 125-153.
- Pessin, L. R., & Nascimento, M. T. (2010). A importância das aulas práticas no ensino da biologia, a partir do processo de ensino e aprendizagem em aulas e atividades teórico-práticas. // *Congresso Estadual de Iniciação Científica e Tecnológica*, (pp. 1-5). Niterói.
- Piaget, J. (1973). *Psicologia e epistemologia: por uma teoria do conhecimento*. Rio de Janeiro: Forense-Universitária.
- Piaget, J. (2000). *Seis estudos de psicologia*. (N. C. Pereira, Trans.) Dom Quixote.
- Ponte, J. P. (1992). Educação matemática: Temas de investigação. pp. 185-239.
- Ponte, J. P. (1994). Mathematics teachers' professional knowledge. In J. P. Ponte, & J. F. Matos (Ed.), *XVIII Internacional conferece for the psychology of mathematics education, 1*, pp. 195-210. Lisboa.
- Popper, K. (2000). *A lógica da pesquisa científica* (6ª ed.). São Paulo: Editora Cultrix.
- Pozo, R. M., & García, A. R. (2001). Constuyendo un conocimiento profisionalizado para enseñar ciencias en la educación secundaria; los âmbitos de investigación profesional en la formación inicial del profesorado. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado, 40*, pp. 63-79.

- Pradeu, T. (2018). Philosophy of biology. In A. Barberousse, D. Bonnay, & M. Cozic (Eds.), *The Philosophy of Science: A Companion* (C. Robertson, Trans.). Oxford: Oxford University Press, Oxford Studies in the Philosophy of Science. Retrieved janeiro 2020, from https://www.immuconcept.org/wp-content/uploads/2018/12/Pradeu_Philobio_Online-version.pdf
- Retana-Alvarado, D. A., Pérez, M. Á., Várquez-Bernal, B., & Jiménez-Pérez, R. (2018). 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(2), pp. 1-16.
- Rochelle, J. (2000). Choosing and using video equipment for data collection. In A. Kelly, & R. Lech (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Roldão, M. C. (2007). Função docente: natureza e construção do conhecimento profissional. *Revista Brasileira de Educação*, 12(34), pp. 94-181.
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N., & Ndlovu, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International journal of science education*, 30(10), pp. 1365-1387.
- Rustaman, N. Y., & Widodo, A. (2001). Conception of biology student teachers' about science, learning, and teaching. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 2(1), 27-40.
- Sadler, P. M., & Sonnert, G. (2016). Understanding Misconceptions: Teaching and Learning in Middle School Physical Science. *American Educator*, 40(1), pp. 26-32.
- Santos, E., Valente, O., Matos, J., Gonçalves, A., Rendas, A., Pinto, P., . . . Pereira, M. (1997). *Ensino das Ciências*. Ministério da Educação: Instituto da Inovação Educacional.
- Schoenfeld, A. H. (2000). Models of the teaching process. *Journal of Mathematical Behavior*, 18(3), pp. 243-261.
- Schoenfeld, A. H. (2010). *How we think: A theory of goal-oriented decision making and its educational applications*. New York: Routledge.
- Schoenfeld, A. H. (2015). Summative and formative assessments in mathematics supporting the goals of the common core standards. *Theory Into Practice*, 54, pp. 183–194.

- Schoenfeld, A. H., Minstrell, J., & Van Zee, E. (2000). The detailed analysis of an established teacher's non-traditional lesson. *Journal of Mathematical Behavior*, 18(3), 281-325.
- Schwandt, T. A. (1994). Constructivist, interpretivist approaches to human inquiry. In N. K. Denzin, & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 118-137). Sage Publications, Inc.
- Seniciato, T., & Cavassan, O. (2008). Afetividade, motivação e construção de conhecimento científico nas aulas desenvolvidas em ambientes naturais. *Ciência e Cognição*, 13(3), pp. 120-136.
- Serrelli, E. (2016). *Philosophy of Biology*.
- Shields, C. (2017). What organisms once were and might yet be. *Philosophy, Theory, and Practice in Biology*, 9 (7). Retrieved 2020, from <http://dx.doi.org/10.3998/ptb.6959004.0009.007>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), pp. 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundation of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), pp. 1-22.
- Silva, E. A. (2015). As metodologias qualitativas de investigação nas Ciências Sociais. *Revista Angolana de Sociologia [Online]*. Retrieved 2021, from <http://journals.openedition.org/>
- Silva, M. M., Carneiro, K. I., Soares, S. T., Lima, S. S., Moreira, J. S., Luís, M., & Mello, G. J. (2020). Conhecimento especializado de professor de biologia para ensinar embriologia humana. *Série Educar - Ciências, Biologia e Meio Ambiente*, 32, pp. 37-42. doi:10.36229/978-65-86127-21-8
- Soares, T. S., Carneiro, A., Gonçalves, E., & Lelles, J. (2006). Uso de biomassa florestal na geração de energia. *Revista científica eletrônica de engenharia florestal*.
- Souza, G. S., Santos, A. R., & Dias, V. B. (2013). *Metodologia da pesquisa científica e construção do conhecimento e do pensamento científico no processo de aprendizado*. Porto Alegre: Animal.
- Stake, R. (1995). *The art of case study research*. London: Sage publication.

- Stake, R. (2005). Qualitative case studies. In N. K. Denzin, & Y. S. Lincoln (Eds.), *Strategies of qualitative inquiry* (3ª ed., pp. 443-466). Sage publications.
- Tavares, J., & Alarcão, I. (1985). *Psicologia do desenvolvimento e da aprendizagem* (Vol. 57). Almedina.
- Thompson, A. G. (1992). Teachers' beliefs and conceptions: A synthesis of the research. In D. A. Grouws, *Handbook of research on mathematics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 127-146). New York.
- Trindade, V. (2015). *Potencialidades Educativas de uma Iniciativa de Ativismo Integrada na Temática do Sistema Cardiorrespiratório (Tese de mestrado, Universidade de Lisboa)*. Lisboa, Portugal.
- Trowbridge, J., & Wandersee, J. (2000). As perspectivas da investigação sobre os mapas de conceitos. In J. Mintzes, J. Wandersee, & J. Novak, *Ensinando ciências para a compreensão - uma visão construtivista* (pp. 100-129). Plátano Edições Técnicas.
- Tsai, C.-C. (2006). Biological knowledge is more tentative than physics knowledge: Taiwan high school adolescents' views about the nature of biology and physics. *Adolescence*, 41(164).
- Valadares, J., & Moreira, M. (2009). *A teoria da aprendizagem significativa: Sua fundamentação e implementação*. Coimbra: Edições Almedina.
- Van-Dijk, E. M., & Kattman, U. (2007). A research model for the study of science teachers PCK and improving teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 23, pp. 885-897.
- Van-Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), pp. 673-695.
- Vasconcelos, C., Cardoso, A., & Vasconcelos, M. L. (2018). Socio-Scientific issues and scientific literacy. *11th International Conference of Education, Research and Innovation* (pp. 1-5). Sevilha: IATED Academy.
- Vasconcelos, C., Praia, J. F., & Almeida, L. S. (2003). Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: Da instrução à aprendizagem. *Psicologia Escolar e Educacional*, 7(1), pp. 11-19.
- Veglia, S. (2007). *Ciencias naturales y aprendizaje significativo: Claves para la reflexión didáctica y la planificación* (1ª ed.). (C. d. Didáctico, Ed.) Buenos Aires. Retrieved 2019

- Verdugo-Perona, J. J., Solaz-Portolez, J. J., & Sanjose-Lopez, V. (2017). Conhecimento pedagógico do conteúdo nas ciências: estado da arte. *Cadernos de Pesquisa (online)*, 47(164), pp. 586-611. doi:10.1590/198053143915
- Wandersee, J. H., & Schussler, E. E. (2001). Toward a theory of plant blindness. *Plant Science Bulletin*, 47, pp. 2-9.
- Watt, J. H., & Van Den Berg, S. (2002). Elements os scientific theories: concepts and definitions. In *Reseach Methods for Communication Science* (pp. 11-22). Allyn and Bacon.
- 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*, 109-130.
- Wong, S. S., Firestone, J. B., Ronduen, L. G., & Bang, E. J. (2016). Middle school science and mathematics teachers' conceptions of the nature of science: A one-year study on the effects of explicit and reflective online instruction. *International journal of research in education and science*, 2(2), pp. 469-482.
- Wood, R., & Bandura, A. (1989). Social Cognitive Theory of Organizational Management. *The Academy of Management Review*, 14(3), pp. 361-384. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/258173>
- Yin, R. K. (2001). *Estudo de caso: Planejamento e métodos* (2ª ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Yip, D. Y. (1998). Teachers' misconceptions of the circulatory system. *Journal of Biological Education*, 32(3), pp. 207-215.
- Zembylas, M. (2004). Emotion metaphors and emotional labor in science teaching. *Science Education*, 88(3), pp. 301-324. doi:10.1002/sce.10116
- Zembylas, M. (2005). Emotions an science teaching: Present research and future agendas. In *Beyond Cartesian Dualism* (pp. 123-132). Springer.
- Zembylas, M. (2007). Emotional ecology_ The intersection of emotional knowledge and pedagogical content knowledge in teaching. *Teaching and Teacher Education*, 23(4), pp. 355-367. doi:10.1016/j.tate.2006.12.002