

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Água, Energia, Sustentabilidade e Educação Sustentada

Tese de Doutoramento em Ciências Físicas Ramo Didática das Ciências Físicas

António Pedro Barbot Gonçalves da Silva

Orientador: Professor Doutor Joaquim Bernardino Lopes

Coorientador: Professor Doutor Armando Soares

Composição do júri

Presidente

Reitor da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro representado por José Boaventura Ribeiro da Cunha, Professor Associado com Agregação da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vogais

Joaquim Bernardino de Oliveira Lopes, Professor Associado com Agregação da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Lucília Maria Pessoa Tavares dos Santos, Professora Associada na Universidade de Aveiro

Mariana de Jesus Pedreira Valente, Professora Auxiliar da Universidade de Évora

José Paulo Cerdeira Cleto Cravino, Professor Auxiliar da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Maria Clara Neves Cabral da Silva Moreira Viegas, Professora Adjunta do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Vila Real, 2014

Este Doutoramento teve o apoio de:

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, designadamente da sua Escola de Ciências e Tecnologia.

Universidade de Aveiro, por intermédio do Centro de Investigação Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, que acolheu este Doutoramento.

Instituto Politécnico do Porto, designadamente da sua Escola Superior de Educação.

Fundação para a Ciência e a Tecnologia pela Bolsa de Investigação com a referência SFRH/BD/74603/2010.

Exprimo aqui o meu reconhecimento.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Joaquim Bernardino Lopes pela sua sabedoria, exigência e disponibilidade profissional e amiga. Obrigado por me ter ajudado a aprender e a construir.

Ao Professor Doutor Armando Soares pela sua inestimável intervenção em fases importantes deste trabalho, que por isso muito lhe deve.

Ao Professor Doutor José Paulo Cravino, da equipa de investigação da UTAD com a qual interatuei durante vários anos.

À Isabel Daniel, Telmo Diegues e Paulo Renato Silva pela amável cooperação, designadamente nas escolas onde são professores.

Aos colegas e amigos Alexandre Pinto e Carla Santos pelo precioso apoio.

A todos os membros da equipa de investigação, assim como a Professores externos que participaram em profícuas reuniões de trabalho.

Aos todos os meus colegas alunos de Doutoramento.

Agradeço também a Francisco Calheiros, Kevin Cronin, Madalena Alves, Nilza Costa, Irene Figueiredo, Justina Vieira, Elisabete Oliveira, Alzira Costa, Fernando Silveira e João Henriques por importantes colaborações e apoios.

Ao Agrupamento de Escolas Diogo Cão, em Vila Real, designadamente ao vice-presidente João Pena Gil, Maria da Luz Xavier e Luísa Pipa, pela colaboração na aplicação de inquéritos a professores.

A todos os meus alunos que participaram nas aulas de intervenção deste estudo.

Aos amigos Pedro Rodrigues, José Ribeiro, Rui Rebelo, Mário Leite, José Fontão, João Calheiros, Gonçalo Guedes e Nico Guedes.

À Conceição Cerqueira e Manuel Cerqueira por toda a ajuda e força que me deram.

Ao meu irmão Francisco.

Ao Matias e à Paulinha por todo o amor. São a minha motivação.

À minha Mãe por ter sido um dos principais pilares deste caminho.

Ao meu Pai. Não tenho para ele as palavras de agradecimento necessárias e suficientes.

Do seu trabalho eu sou. Trabalho meu dele é.

RESUMO

A *tese* defendida neste documento é a seguinte: existe um Problema de Investigação (PI) que o presente estudo contribui para resolver e que consiste na necessidade de estudos e intervenções educativas em ambiente de aula que promovam relações entre água e energia no ensino.

O estudo assume três objetivos: especificar tópicos e relações a tratar; especificar recursos didáticos laboratoriais; explorar, descrever e interpretar práticas em ambiente de aula. Os primeiros dois objetivos foram atingidos numa fase preliminar. O terceiro foi-o com base nas intervenções no terreno, que foram realizadas em 2011-12 nas seguintes unidades curriculares dos 1º e 2º ciclo de estudos (licenciatura e mestrado) da formação inicial de professores: Física para a Educação (licenciatura); Química para a Educação (licenciatura); e Didática das Ciências da Natureza no 1º e no 2º Ciclos da Educação Básica (mestrado).

O estudo desenvolveu-se em torno de várias questões, entre as quais as duas questões de investigação (QI) que orientaram a abordagem do problema: QI1 - Que práticas em aula serão necessárias e adequadas?; QI2 - Será possível estabelecer relações, e de que tipos ou categorias, que sejam relevantes (tendo em vista o problemas e os objetivos)?

O estudo assume uma visão construtivista, que tem sólidas e documentadas bases teóricas e práticas e constitui atualmente o núcleo duro da investigação educacional em ciências. Da díade ensino-aprendizagem, o estudo foca o ensino.

O estudo tem características de estudo de caso. Realizei-o como professor-investigador, com intervenções em ambiente natural de aula.

As aulas foram audiogravadas. De entre os diversos instrumentos de recolha, sistematização e tratamento de dados, merece destaque a Narração Multimodal (NM), desenvolvida por membros da equipa de investigação com a qual realizei o estudo. Foram construídas e analisadas três NM, cada uma incidindo nas aulas sobre certos tópicos e com certos recursos. No tratamento qualitativo e quantitativo das NM e de dados e informações subsequentes foram também utilizados aplicativos informáticos comercializados. Os processos de tratamento e interpretação de dados e informações basearam-se na criação de unidades e categorias de análise. Foram realizados dois grandes tipos de análise: correlações entre categorias; e agrupamentos de unidades de análise. O segundo tipo foi desdobrado em dois tipos, cada um com uma focagem mais dirigida para uma das QI.

O PI foi resolvido, no seguinte sentido: o estudo constitui contributo para colmatar a necessidade expressa no PI, designadamente por ter sido realizado em ambiente natural de aula e estar apresentado e discutido com profundidade e detalhe; as intervenções evidenciaram que o tratamento da temática em aula é facilmente exequível; e o estudo apresenta contributos para as práticas letivas e também para outros estudos. A QI1 foi respondida pela intervenção no terreno e a sua preparação, assim como pela descrição das práticas de ensino, incluindo tópicos, recursos, documentos de apoio, métodos, tarefas e aspetos sobre mediação. A QI2 teve uma resposta positiva: foi possível estabelecer em aula relações entre água e energia em quantidade e qualidade suficientes para construir contributos relevantes para o PI e para a consecução dos Objetivos. Apresentam-se os tópicos tratados, as relações efetuadas e a categorização dessas relações; apresentam-se os métodos e meios utilizados para recolher dados e construir informações; e os resultados obtidos são discutidos.

São apresentados os aspetos específicos sobre resultados que se obtiveram nas intervenções no terreno, designadamente sobre tipos de relações entre água e energia e sobre aspetos específicos das práticas letivas vivenciadas.

Tais resultados específicos não pretendem constituir um corpo de regras; mas pretendem ser úteis. O detalhe e a profundidade, e mesmo a procura de regularidades, não buscam ditar o que deve ser feito e como deve ser feito por outrem noutro contexto; antes aspiram a ter potencialidades como referência, com base, simultaneamente, no rigor do que foi feito e é partilhado e na assunção do seu carácter particular, local, contextualizado.

As intervenções em aula foram transformadoras e úteis para os alunos e para o professor-investigador (relativamente a ambos os seus papéis).

Apresentam-se contributos que creio úteis e poderem servir de referência para investigadores e professores.

Apresentam-se sugestões para outros estudos.

Palavras-chave: água; energia; relações; recursos didáticos; ensino; narração multimodal.

ABSTRACT

The *thesis* defended in this paper is this: there is a Research Problem (RP) that this study contributes to solve and that consists on the need for studies and educational interventions in classroom environment to promote relations between water and energy in teaching.

The study assumes three objectives: to specify topics and relationships to be treated; to specify laboratory teaching resources; to explore, describe and interpret practices in classroom environment. The first two goals were achieved at preliminary phase. The third was achieved taking as a basis field interventions made in 2011-12 in the following courses of the 1st study cycle and 2nd study cycle (master course) of initial teacher education: Physics Education (1st study cycle); Chemistry Education (1st study cycle); and Didactics of Natural Sciences on the 1st and 2nd Cycles of Basic Education (master course).

The study was developed around several questions, including the two research questions (RQ) that guided the approach to the problem: RQ1 – Which classroom practices will be necessary and appropriate?; RQ2 – Will it be possible to establish relationships, and of what types or categories, that are relevant (in view of the problems and objectives)?

The study assumes a constructivist view, which has solid and documented theoretical and practical bases, and currently constitutes the core of science education research. From the dyad teaching-learning, the study focuses on teaching.

The study has characteristics of case study. I have made it as a teacher-researcher, with interventions in natural classroom environment.

The classes were audio recorded. Among the various instruments for collecting, systematization and processing of data, the Multimodal Narrative (MN) deserves to be highlighted. It was developed by members of the research team with which I made the study. Three MN were constructed and analyzed, each focusing on the classes about specific topics and using specific resources. On the qualitative and quantitative treatment of MN and subsequent data and information, commercially available computer applications were also used. The processes of treatment and interpretation of data and information were based on the creation of units and categories of analysis. Two major types of analysis were performed: correlations between categories; and groupings of units of analysis. The second type was split into two kinds, each with a more directed focus on one of the RQ.

The RP was resolved, in the following sense: this study constitutes a contribution to fill the need expressed in the RP, namely because it was made in natural environment classes and it is presented and discussed in depth and detail; the interventions showed that the treatment of the theme in classroom is easily achievable; and the study makes contributions to classroom practices and also to further studies. The RQ11 was answered by the intervention on the field and its preparation, as well as by the description of the classroom practices, including topics, resources, support documents, methods, tasks and aspects of mediation. The RQ2 had a positive answer: it was possible to establish in classroom relations between energy and water in sufficient quantity and quality to build relevant contributions to the RP and to achieve the Objectives. The covered topics, the relationships that were made and the construction of categories with these relationships are presented; the methods and means used to collect data and to build information are also presented; and the results obtained are discussed.

The specific aspects about results that were obtained in the field interventions, particularly about types of relationships between water and energy and about specific aspects of the experienced classroom practices, are presented.

These specific results are not intended to constitute a body of rules; but they intend to be useful. The detail and depth, and even the search for regularities, do not seek to dictate what should be done and how it should be done by someone else in another context; they rather aspire to have potentiality as a reference, based both on the rigour of what was done and is shared, and on the assumption of its particular, local, contextualized, nature.

The interventions in classroom were transformative and useful for students and for the teacher-researcher (with regard to both his roles).

Contributions that I believe to be useful and can serve as a reference for researchers and teachers are presented.

Suggestions for other studies are presented.

Keywords: water; energy; relationships; didactical resources; teaching; multimodal narrative.

ÍNDICE GERAL

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Somos só energia e quase só água e tantas relações	21
1.2	Problema de Investigação, Objetivos, Questões e Hipóteses Fortes	23
1.3	Visão panorâmica do Estudo e do presente documento	28
2	ENQUADRAMENTO TEÓRICO	33
3	MÉTODOS E MEIOS DE INVESTIGAÇÃO	57
3.1	Plano geral	57
3.2	Participantes.....	57
3.3	Tipos de aula sobre as quais incidiu o estudo.....	58
3.4	Métodos de investigação.....	60
3.5	Instrumentos de recolha de dados	66
3.6	Métodos de análise de dados	70
3.6.1	Aspetos gerais.....	70
3.6.2	Análise das Narrações Multimodais	71
4	SUSTENTAÇÃO DO PROBLEMA DE INVESTIGAÇÃO	93
4.1	Introdução	93
4.2	Relações entre água e energia em Ciência – Tecnologia – Sociedade – Ambiente: análise de conteúdo de documentos.....	94
4.3	Relações água-energia no ensino: análise de conteúdo de documentos	101
4.3.1	Documentos orientadores do sistema de ensino português	101
4.3.2	Documentos de encontros profissionais ibéricos e ibero-americanos	103
4.4	Relações água-energia no ensino: perceções de docentes recolhidas por meio de inquérito.....	111
4.5	Síntese.....	117
5	RESPOSTAS ÀS QUESTÕES PRELIMINARES (QP) DE INVESTIGAÇÃO.....	119
6	INTERVENÇÃO NO TERRENO: CONTEXTOS, TEMAS, RECURSOS E ATIVIDADES.....	125
6.1	Introdução	125
6.2	Dessalinização com energia solar e distribuição urbana da água	127
6.3	Lei de Arquimedes e energia potencial gravítica.....	132
6.4	Produção de energia elétrica com células de combustível.....	139
7	INTERVENÇÃO NO TERRENO: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	143
7.1	Introdução	143
7.2	Dessalinização com energia solar e ciclo urbano da água	144

7.2.1	Análise de dados sobre relações entre água e energia – correlações entre categorias de análise	144
7.2.2	Análise de dados sobre relações entre água e energia – formação de grupos de eventos com base nas categorias de análise que neles ocorrem	148
7.2.3	Análise de dados focada em tarefas e em interações professor-aluno com elas relacionadas	156
7.3	Lei de Arquimedes e energia potencial gravítica.....	163
7.3.1	Análise de dados sobre relações entre água e energia – correlações entre categorias de análise	163
7.3.2	Análise de dados sobre relações entre água e energia – formação de grupos de eventos com base nas categorias de análise que neles ocorrem	166
7.3.3	Análise de dados focada em tarefas e em interações professor-aluno com elas relacionadas	171
7.4	Produção de energia elétrica com células de combustível.....	176
7.4.1	Análise de dados sobre relações entre água e energia – correlações entre categorias de análise	176
7.4.2	Análise de dados sobre relações entre água e energia – formação de grupos de eventos com base nas categorias de análise que neles ocorrem	178
7.4.3	Análise de dados focada em tarefas e em interações professor-aluno com elas relacionadas	184
7.5	Síntese.....	191
8	DISCUSSÃO GLOBAL DOS RESULTADOS DO ESTUDO	203
9	CONCLUSÃO.....	213
	Referências.....	219

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Construir uma narração Multimodal (NM): o processo e suas fases. A seta dupla no fundo do esquema simboliza o processo de validação e refinamento para se chegar à versão final da Narração Multimodal (Lopes <i>et al.</i> , 2013).	70
Figura 2 – Cópia de ecrã de uma narração multimodal em análise no softwre Nvivo 10. Podem ser vistos os documentos das narrações (esquerda) a narração em análise (meio) e as categorias usadas (direita), resultantes da interseção das categorias primitivas.	87
Figura 3 – A nova roda dos Alimentos (http://www.dgs.pt).	97
Figura 4 – Resultados obtidos no questionário sobre o tema Água. Percentagens de ocorrências (no total de ocorrências) de relações Água → Energia e Água → Sustentabilidade.	115
Figura 5 – Resultados obtidos no questionário sobre o tema Energia. Percentagens de ocorrências (no total de ocorrências) de relações Energia → Água e Energia → Sustentabilidade.	115
Figura 6 – Resultados obtidos no questionário sobre o tema Sustentabilidade. Percentagens de ocorrências (no total de ocorrências) de relações Sustentabilidade → Água, Sustentabilidade → Energia, e Sustentabilidade → relações Água-Energia.	115
Figura 7 – Fotografias dos recursos usados: dessalinizador solar (esquerda); modelo de um sistema de distribuição urbana da água (direita).	128
Figura 8 – Fotografias tiradas durante o uso do dessalinizador solar: como alunos do Ensino Básico (esquerda) e com alunos da Licenciatura em Educação Básica (direita).	129
Figura 9 – Fotografias tiradas durante o uso do modelo de distribuição urbana de água: como alunos do Ensino Básico (esquerda) e com alunos da Licenciatura em Educação Básica (direita).	130
Figura 10 – Guião elaborado pelo Professor na preparação da aula sobre Dessalinização com energia solar e distribuição urbana da água.	132
Figura 11 – Parte da ficha de atividades preenchida por um dos grupos de trabalho; em baixo, o gráfico resultante com a variação da energia potencial total do sistema. h – altura do bloco imersa, E_{PB} – Energia potencial do bloco, E_{PF} – Energia potencial do fluido, E_P total – Energia potencial total.	134
Figura 12 – Fotografias tiradas durante as aulas nas quais foram usadas as simulações computacionais sobre lei de Arquimedes e energia Potencial gravítica.	135
Figura 13 – Grupo de gráficos resultantes da introdução de dados; neste caso com $\rho_B < \rho_F$ (Silva, 1998).	136
Figura 14 – Dois exemplos de cópias de ecrã realizadas durante a tarefa 1 (esquerda) e tarefa 2 (direita). Nesta última, os alunos introduziram valores idênticos para as densidades do bloco e fluido (pode ser visto no pequeno gráfico do canto superior direito: a partir de uma certa posição de imersão do bloco, a energia potencial total mantém-se mínima.	137
Figura 15 – Ficha de atividades elaborada pelo Professor e usada na aula sobre Lei de Arquimedes e Energia Potencial gravítica.	138

Figura 16 – Cópia de ecrã feita pelos alunos durante a Tarefa 2.	139
Figura 17 – Fotografia do kit da célula de combustível.....	140
Figura 18 – Esquema do princípio de funcionamento do sistema feito por um aluno na sequência de umas tarefas realizadas.....	140
Figura 19 – Planificação das atividades elaborada pelo Professor para ser usada na aula sobre Produção de Energia elétrica com Células de combustível.....	141
Figura 20 – Dendrograma que agrupa eventos da narração da aula sobre Dessalinização com Energia Solar e Ciclo Urbano da Água.	149
Figura 21 – Gráfico da extensão de cada Grupo construído com os dados da Tabela 20.....	158
Figura 22 – Dendrograma que agrupa eventos da narração da aula sobre Lei de Arquimedes e energia potencial gravítica.....	167
Figura 23 – Cópia de ecrã de um grupo que colocou a densidade do bloco maior do que a do fluido.....	169
Figura 24 – Gráfico da extensão de cada Grupo construído com os dados da Tabela 25.....	174
Figura 25 – Dendrograma que agrupa eventos da narração da aula sobre produção de energia elétrica com células de combustível.	179
Figura 26 – Fotografia de esquema de um circuito elétrico feito pela aluna J no quadro.....	183
Figura 27 – Gráfico da extensão de cada Grupo construído com os dados da Tabela 30.....	186
Figura 28 – Tipos de eventos e percentagens de RAE. Referente à narração sobre dessalinização solar e distribuição urbana de água.	198
Figura 29 – Tipos de eventos e percentagens de RAE. Referente à narração sobre lei de Arquimedes e energia potencial gravítica	199
Figura 30 – Tipos de eventos e percentagens de RAE. Referente à narração célula de combustível e distribuição urbana de água.....	201

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Representação esquemática de uma tabela de análise das NM.	72
Tabela 2 – Categorias de análise preliminares.	74
Tabela 3 – Alguns descritores ilustrativos de cada componente dos conceitos Água e Energia.	82
Tabela 4 – Categorias utilizadas na análise das NM. Não se descrevem por extenso todas as categorias por questões de espaço e também porque a descrição de apenas algumas delas, em conjunto com a Tabela 2, permite facilmente conhecer a descrição por extenso de todas. Eis a descrição das primeiras três categorias:	85
Tabela 5 – Tipo de tabela usada para registo das contagens de ocorrências das categorias de análise (descritas nas colunas) em cada unidade de análise (descritas nas linhas).....	86
Tabela 6 – Contagem de ocorrências das categorias de análise (descritas nas colunas), considerando o Episódio na Narração Multimodal como unidade de análise.....	88
Tabela 7 – Correlações entre as categorias de análise, considerando o Episódio na Narração Multimodal como unidade de análise.....	88
Tabela 8 – Número de ocorrências em que foi referido o tema Água, Energia, e Relações Água-Energia.....	103
Tabela 9 – Exemplos de ocorrências consideradas no Questionário A.....	112
Tabela 10 – Exemplos de ocorrências consideradas no Questionário B.....	113
Tabela 11 – Exemplos de ocorrências consideradas no Questionário C.....	113
Tabela 12 – Resultados relativos ao Questionário A	114
Tabela 13 – Resultados relativos ao Questionário B.....	114
Tabela 14 – Resultados relativos ao Questionário C.....	114
Tabela 15 – Classificações obtidas em respostas relacionadas com a Lei de Arquimedes, em testes de Unidades Curriculares na ESE – IPP desde 1996 a 2011.	132
Tabela 16 – Um exemplo da folha de cálculo do <i>Excel</i> . Os valores são introduzidos nas células que estão a sombreado (Silva, 1998).....	136
Tabela 17 – Correlações que dentro das estatisticamente significativas estão acima da média, e correspondentes pares de categorias de análise.	145
Tabela 18 - Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma da Figura 20. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes a relações água-energia.	150
Tabela 19 – Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma da Figura 20. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.	156
Tabela 20 – Extensão (em número de eventos e em percentagem) dos Grupos sombreados na Tabela 19 Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias	

de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.	157
Tabela 21 – Percentagem de eventos de cada Grupo em cada Tarefa (Episódio).	160
Tabela 22 – Correlações que estão acima da média, e correlações abaixo da média que contêm o elemento categorial “Relação Água-Energia”, com confiança de 99,9%, e correspondentes pares de categorias de análise.	164
Tabela 23 – Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma da Figura 22. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes a relações água-energia.	168
Tabela 24 – Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma da Figura 22. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.	172
Tabela 25 – Extensão (em número de eventos e em percentagem) dos Grupos referidos na Tabela 24. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.	173
Tabela 26 – Percentagem de eventos de cada Grupo em cada Tarefa (Episódio). Para cada Grupo, está realçada a verde a Tarefa em que o Grupo tem mais eventos.	175
Tabela 27 – Correlações que dentro das estatisticamente significativas estão acima da média, e correspondentes pares de categorias de análise.	177
Tabela 28 – Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma da Figura 26. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes a relações água-energia.	180
Tabela 29 – Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma da Figura 28. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.	185
Tabela 30 – Extensão (em número de eventos e em percentagem) dos Grupos referidos na Tabela 29. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.	186
Tabela 31 – Percentagem de eventos de cada Grupo em cada Tarefa (Episódio).	188
Tabela 32 – Quadro resumo sobre os tópicos (Água ou Energia) envolvidos no estabelecimento de RAE, baseado nas correlações entre categorias de análise. “Recurso” inclui “referência” e “uso”.	195

LISTA DE ABREVIATURAS

CEB	Ciclo do Ensino Básico
CN I	Ciências da Natureza I
CN	Ciências da Natureza
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente
Educ. Básica	Licenciatura em Educação Básica
Educ. Inf.	Educadores de Infância
EF	Educação Física
EM	Educação Musical
EVT	Educação Visual e Tecnológica
FE	Física para a Educação
HF	Hipóteses Fortes
Mat./CN	Matemática e Ciências da Natureza
MF I	Meio Físico I
MF II	Meio Físico II
NM	Narração Multimodal
O	Objetivos
PE	Prática Epistémica
PEB	Professores Ensino Básico
PF	Português e Francês
PI	Problema de Investigação
PL	Práticas Laboratoriais
QI	Questões de Investigação
QP	Questão Prévia
RAE	Relação Água-Energia
RP	Resposta Preliminar
T	Teórico
TP	Teórico-Prático
UTAS	Universidade da Tasmânia, Austrália
ZDP	Zona de Desenvolvimento Próximo

Notas introdutórias

Houve a intenção de alterar o título deste documento para: “*Relações entre Água e Energia – Contributos para o Ensino de Ciências Físicas na Formação Inicial de Professores*”. Este título caracterizaria melhor o presente estudo. No entanto, não foi possível proceder à alteração, nem mesmo colocá-lo como subtítulo, por questões formais de natureza administrativa.

Os Anexos encontram-se em formato digital no final do documento.

1 INTRODUÇÃO

“Quem não poupa água e lenha não poupa nada que tenha”

Ditado popular

1.1 Somos só energia e quase só água e tantas relações

Na água está a origem da vida na Terra, o nosso “planeta azul”. A água é o elemento dominante na massa que constitui os seres vivos. O vapor de água modula os fluxos de energia climáticos do nosso planeta por transferências de energia na evaporação e condensação associadas ao seu grande calor latente e por modificação de fluxos de energia de radiação de grande e de pequeno comprimento de onda (Allan, 2011). A energia é a base de todo o Universo, e em particular da Terra e dos seres vivos que nela habitam. As evoluções no mundo, no nosso planeta, em todos nós, no essencial são feitas de processos de transformação de energia. No conjunto de princípios científicos mais bem estabelecidos e ricos, ocupa lugar de destaque o da conservação de energia. A água e a energia são-nos ontológicas.

As relações entre água e energia são múltiplas, como está bem patente na *Proclamación de la Década de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible* (2002) e na *Johannesburg Declaration on Sustainable Development* (2002). Usa-se energia mecânica da água para produzir energia elétrica. A energia do Sol comanda o ciclo hidrológico. Usa-se energia para produzir água potável. Da água podemos extrair hidrogénio para ser usado como combustível. A energia dos alimentos vem de vida criada com água e energia do Sol e outras de outras fontes de energia (que, em grande parte, nele têm origem) armazenadas na Terra em tempos geológicos.

Os mares e os rios e a chuva e a neve estão no nosso imaginário mais profundo, nos nossos sonhos, nas emoções e sentimentos, nos valores. De água e energia se faz agricultura e indústria, os setores a que chamamos primários e secundários. E se faz também o terciário e se alimenta também a estética e a produção artística e a criação cultural em geral. A água e a energia são mais do que recursos. São-nos ontológicos.

A água e a energia dominam as relações sociais, políticas e económicas na Terra. São fatores de guerra e de paz. Fazem a vida mas por elas se mata. São fatores chave em termos

ecológicos, ambientais, éticos, alimentares, de sustentabilidade, saúde e qualidade de vida, ao mesmo tempo que, com os usos que deles fazemos, prejudicamos ou destruimos ecossistemas, poluímos o ambiente e prejudicamos qualidades de vidas, da nossa inclusive ((“Proclamación de la Década de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible,” 2002), (“Johannesburg Declaration on Sustainable Development,” 2002), (Vilches, Pérez, & Toscano, 2009)). A água e a energia estão no cerne de debates éticos e de necessidades de opções políticas. A natureza sistémica dos problemas e das soluções constitui um desafio de monta. Se é necessária uma Nova Cultura da Água, é também necessária uma Nova Cultura da Energia e outras Novas Culturas: da mobilidade, da demografia, ... (Vilches *et al.*, 2009).

O sangue, água com elementos em suspensão, conduz a energia às nossas células. Somos feitos de matéria, e portanto de energia. E, se dissermos que somos 75% água e 100% energia percebemos talvez melhor aquilo a que devemos dar valor, e o que somos e o que fomos e o que vamos ser ou podemos vir a ser.

Um mundo de ciência e ontologia e ética e muito mais, um mundo com leis e regras mas também muitos possíveis. De entre os possíveis, só alguns serão construídos e nisso nós teremos certamente um papel decisivo.

Este estudo não está focado na ética. Talvez um outro, mais tarde, se me sentir então já mais maduro e preparado para isso. Quero dizer: preparado para investigar sobre o assunto. Porque preparados para o encararmos como referencial, e em particular na profissão docente, estamos todos, obrigatoriamente. Tomo pois a ética como referencial, mas condições e opções pragmáticas de natureza profissional impuseram outra focagem neste estudo.

Este estudo foca apenas a temática do relacionamento entre água e energia na educação, e assumindo que dela trata apenas uma parte, talvez até bem pequena.

Na educação estuda-se a água e a energia. Mas, tipicamente, de modo separado. Estuda-se que são importantes para a sustentabilidade do planeta tal como o conhecemos, e em particular para a vida tal como a conhecemos, na qual se inclui a espécie humana. Mas os relacionamentos são escassos. Ora, relacionar é compreender melhor. Estabelecer ligações, identificar causas e efeitos, construir redes conceptuais ricas, é saber de modo mais significativo. E compreender melhor e de modo mais significativo permite que se fique mais bem preparado para *debater* e intervir em termos, científico-tecnológicos, sociais, morais, éticos, políticos, cívicos, culturais.

1.2 Problema de Investigação, Objetivos, Questões e Hipóteses Fortes

Alguns trabalhos preliminares realizados nos inícios do presente estudo (Barbot, Lopes, & Soares, 2010, 2011; Cerqueira & Barbot, 2010), contribuíram para ajudar a afinar linhas orientadoras de abordagem aos temas acima referidos. Desses trabalhos preliminares resultou o reforço da convicção quanto à relevância de tratar a temática do relacionamento entre água e energia e também a conclusão de que, tanto quanto me era possível saber, não existia investigação em Didática em ambiente de aula que explicitamente tratasse de tal relacionamento.

O **Problema de Investigação** (PI) decorre do acima dito e formulo-o do seguinte modo:

- **PI** – A necessidade de estudos e intervenções educativas, em ambiente de aula, que promovam a temática “Água, Energia e suas Relações” no ensino.

A abordagem do PI é efetuada com a intenção atingir os seguintes **Objetivos** (O):

- **O1** – Especificar tópicos sobre Água e Energia e relações entre eles.
- **O2** – Construir ou selecionar recursos didáticos para uso em ambiente de aula.
- **O3** – Explorar, descrever e interpretar possibilidades de tratamento da temática referida em ambiente de aula, num contexto especificado e caracterizado.

É objetivo geral deste estudo, como o é de qualquer outro de âmbito similar, contribuir para a melhoria da formação dos estudantes e para a prática e a teoria da Didática e da Investigação em Didática.

Para orientar a abordagem do PI e a consecução dos Objetivos do Estudo, formulou-se um conjunto de Questões para as quais se procurou respostas.

Enfatizo que essas Questões têm o estatuto de *questões orientadoras* do estudo. São *questões de investigação* em sentido lato, pois o investigador elaborou-as porque delas sentiu necessidade para a sua investigação. São simultaneamente, em boa parte, questões de um professor, pois este necessitou delas como orientação para a sua prática letiva. São *questões orientadoras do professor-investigador que realiza este estudo*.

Trata-se de um aspeto epistemológico e metodológico importante. Há estudos que se baseiam em hipóteses e que se desenvolvem de modo a corroborá-las ou refutá-las, assumindo uma clara natureza hipotético-dedutiva; outros que se baseiam em questões que exprimem não-saberes em fronteiras do conhecimento e que se desenvolvem de modo a responder-lhes, assumindo uma clara natureza explicativa; e há muitos outros tipos de estudo, incluindo os que entrelaçam várias tipificações.

O presente estudo assume uma clara natureza interventiva e transformadora: baseia-se num problema (e em objetivos com ele relacionados) e desenvolve-se de modo a contribuir para resolvê-lo.

Assim, o Problema de Investigação tem neste estudo o estatuto epistemológico nuclear: é no Problema e nos Objetivos com ele relacionados que se baseia o estudo, pelo que é com estes móveis epistemológicos que terão que se confrontar as propostas de contributos teóricos e práticos do estudo. As Questões de Investigação têm neste estudo um estatuto epistemológico distinto: orientam operacionalmente os trabalhos do professor-investigador.

Algumas das Questões orientadoras deste estudo acabaram por revelar-se como tendo um carácter preliminar. Isto é, era necessário responder-lhes logo aquando dos primeiros passos do estudo, porque as respostas constituam uma base necessária para a operacionalização dos trabalhos de investigação específicos a realizar e que constituíam o núcleo duro do estudo. Revelaram ter o estatuto de Questões Prévias.

Impõe-se aqui uma elucidação. Não é possível no presente documento “contar a estória / história do trabalho realizado” ao pé da letra, ao pé do tempo, isto é, seguindo com detalhe todos os percursos de vai e vem, os avanços e recuos; os cruzamentos de pensamentos e ações; o que se passava simultaneamente, em paralelo no tempo, e que num texto como o presente tem um formato sequencial, com capítulos e páginas e anexos numerados; as interações dialéticas entre o que se desejava fazer e o que era necessário e possível fazer; as interações dialéticas entre as minhas iniciativas, as indicações e as exigências do terreno / objeto de estudo, as orientações decisivas dos orientadores, os ensinamentos dos seminários doutorais, as pausas para reflexão e apresentação de comunicações ou escrita de artigos; as dúvidas, angústias, e ânimos; as confusões e os esclarecimentos; as alterações do título da tese

e da sua estrutura; as afinações dialéticas do problema de investigação, dos objetivos, das questões, dos pressupostos; os modos como foram efetuadas decisões quanto ao tipo de tratamento de dados; os trabalhos práticos e teóricos de permanente afinação entre os propósitos, o que se fazia e o tipo de resultados que se procuravam ou obtinham, buscando entre estes aspetos a coerência que se requiere num trabalho de investigação, coerência essa que não pode ser imposta à força, torcendo as coisas de modo oportunista ou interesseiro, mas corresponde a uma necessidade objetiva e que tem que estar presente, não apenas no produto final, mas como permanente guia da reflexão, do trabalho em aula, da procura de referências, da escrita, enfim, de todo o estudo. Tal não seria possível e, em parte mas apenas em parte, nem seria desejável, interessante ou útil.

Assim, pelo menos em parte, isto é, relativamente a aspetos que considero relevantes, farei esforços no sentido de que este documento, embora essencialmente sequencial, contenha informação útil sobre aspetos marcantes, críticos e cujo conhecimento considero útil, da “estória / história”.

Um dos aspetos está em apreço aqui mesmo: o das questões de investigação que, nos primórdios do estudo, mas com ele já a decorrer, acabaram por se revelar questões prévias, de carácter preliminar. No início tinham o estatuto de Questões de Investigação (QI); passaram mais tarde a ter o estatuto de Questões Prévias (QP), pelo que as respostas respetivas foram elaboradas, não no fim do estudo como acontece com as QI, mas no decorrer dele. Estes aspetos são desenvolvidos no Capítulo 5, onde são apresentadas as respostas a tais questões.

Outro aspeto chave da estória é o seguinte: o PI foi formulado naturalmente, emergiu quase sem ter sido feito um esforço para “encontrar um problema”, porque para mim e para colegas meus esse problema já existia há uma dezena de anos, embora ainda algo esbatido e sem estatuto de PI — como elucidado a pp. 63 (Capítulo 2, sobre a “faceta etnográfica” deste estudo), designadamente a propósito de trabalhos realizados por docentes da área “Ciência da Natureza” no âmbito do Projeto FCT CED/36466/99-00 onde foram consideradas a “água” e “energia” para temáticas de “Projetos de Formação”. Claro que foi necessário dar-lhe a formulação, a segurança e o estatuto de PI, processo que é enunciado na secção 4.1 e é descrito ao longo do Capítulo 4.

São as seguintes as **Questões Prévias** (QP) do estudo:

- **QP1** – *Como evidenciar que “água” e a “energia” não são estudadas com a profundidade devida e merecida, em particular por o não serem as suas “relações”?*
- **QP2** –
 - a) *Que conteúdos / tópicos específicos sobre água e energia tratar? E será de os escolher à partida? Que relações específicas entre água e energia tratar? E será de os escolher à partida?*
 - b) *Que tipos de tarefas propor aos alunos e que atividades realizar? E será de as definir, elo menos em parcialmente, à partida?*
 - c) *Que recursos didáticos utilizar? E será de os escolher à partida? E será de construir recursos, designadamente “kits” didáticos, como foi equacionado no anteprojecto deste estudo, ou de utilizar recursos já existentes?*
- **QP3** – *Com que parâmetros e critérios construir ou seleccionar os recursos didáticos físicos / materiais e os virtuais / computacionais?*

Com as respostas às QP, bem cedo no decorrer do estudo os Objetivos O1 e O2 deixaram de ser objetivos cuja consecução constituía requisito para prosseguir com o estudo, isto é, para intervir no terreno e procurar atingir O3 e atacar operacionalmente o PI. Deixaram de constituir propósitos explícitos e mobilizadores do estudo, para passar a constituir algo que iria ser conseguido ao tomar como propósito apenas O3, à luz do PI. Mais: podemos dizer que, uma vez que para realizar operacionalmente o estudo deixou de ser necessário “especificar quais os tópicos e as relações a tratar” e “construir ou seleccionar recursos para o efeito”, estes propósitos deixaram, formalmente, de constituir Objetivos do estudo. Mantive no entanto a formulação de Objetivos inicialmente formulada, pois de outro modo seria difícil descrever o estudo tal como ele foi realizado. E, mantendo-a, será por vezes mais fácil utilizar na escrita a formulação “O1 e O2 foram atingidos numa fase preliminar do estudo”.

As respostas às QP são apresentadas no Capítulo 5.

As **Questões de Investigação** (QI) orientadoras da operacionalização do núcleo duro do estudo, por intermédio das quais o PI foi abordado, são as seguintes:

- **QI1** – Que práticas letivas (*e.g.*, documentos de apoio, métodos, tarefas e mediação) se revelarão necessárias e adequadas, neste estudo, para promover relações entre água e energia em cada uma das intervenções no terreno, tendo em conta designadamente os tópicos e os recursos envolvidos?
- **QI2** – Será possível estabelecer em aula relações entre água e energia, e de que tipos ou categorias, para que daí possam resultar contributos para promover práticas de ensino sobre a temática “Água, Energia e suas Relações”?

Este estudo assume quatro **Hipóteses Fortes** (HF):

- HF1 – Este estudo, embora não tenha a pretensão de literalmente resolver o PI, assume que conseguirá contribuir para diminuir a extensão do espaço problemático em apreço, construindo contributos que enriqueçam teorias e práticas.*
- HF2 – Este estudo assume que será possível alcançar os Objetivos e responder às Questões que o orientam.
- HF3 – Contribuir para resolver o PI e atingir os Objetivos constituirá contributo para um ensino mais “sustentado” sobre a temática em estudo (relações entre água e energia): um ensino mais escorado conceptualmente, rico na convocação de temas e suas relações, articulado com necessidades e anseios sociais, seguro quanto a significado e alcance.
- HF4 – Os contributos conseguidos para um ensino mais sustentado, nos termos referidos na HF anterior, terão potencialidades para promover aprendizagens sobre a temática em estudo (relações entre água e energia) e os seus temas chave (água e energia) e, de um modo mais geral, para potenciar a Educação para a Sustentabilidade.

A designação “Hipótese Forte” exprime que se trata de hipóteses que têm um estatuto próximo do de “pressupostos” ou “princípios”. Isto é, não constituem uma base de partida para um estudo de tipo hipotético-dedutivo em que as hipóteses são testadas para serem

* É neste sentido que — simplificando a linguagem para comodidade de expressão e de leitura— neste documento uso por vezes a formulação “resolver o PI” / “resolução do PI” e outras similares.

corroboradas ou refutadas. Constituem sim “quase-princípios” de que se parte por se considerar que são suficientemente sólidos e ricos para guiarem a investigação e que, expectavelmente, não serão postos em causa. Mas, claro, sempre com postura rigorosa, vigilante, aberta e crítica, a ponto de aceitar tudo o que do estudo resultar, incluindo o abalar daquilo que se crê mais firme. Mesmo os princípios mais sólidos em que se baseie uma teoria científica com séculos de provas dadas podem ser postos em causa e substituídos por outros. Mas, enquanto um princípio tiver tal estatuto, os trabalhos científicos nele baseados não se dirigem a corroborá-lo ou refutá-lo, mas sim a construir o mais que com eles é possível construir.

Com está explícito no PI este estudo foca a faceta *ensino* da dupla entidade *ensino-aprendizagem*.

1.3 Visão panorâmica do Estudo e do presente documento

Como todos os estudos do tipo deste, houve uma fase inicial em que se esboçaram o tema, o problema, os objetivos, as questões e aspetos relacionados, e em que se estabeleceu um enquadramento metodológico e teórico global. E tudo isto em processos dialéticos de afinação sucessiva e que se prolongaram para além da fase inicial propriamente dita. E, como é também comum, em paralelo com todos os outros trabalhos realizados ao longo do estudo, aprofundava-se o enquadramento teórico e metodológico do estudo, afinavam-se os esboços iniciais, ensaiavam-se antevisões sobre tipos de conclusões e contributos, dava-se corpo a um documento em evolução permanente que pouco a pouco iria transformar-se neste mesmo.

Embora à partida se soubesse que, naturalmente, havia tarefas que só podiam ser realizadas depois de outras, este estudo não foi concebido como estando formalmente organizado em fases sequenciais.

Mas pode apresentar-se este estudo como tendo quatro partes, a que podemos chamar fases, a seguir especificadas.

Primeira fase

Nesta fase foi efetuado o reforço da sustentação relativamente à qualidade do Problema de Investigação e à relevância do estudo.

Para o efeito referido, foram efetuadas recolhas e análises de dados mesmo antes de se iniciar o trabalho no terreno. Tal foi efetuado por meio da análise de conteúdo de documentos e da aplicação e um Inquérito a professores.

Sobre isto versa o Capítulo 4.

Segunda fase

Nesta fase elaboraram-se as respostas para as Questões Prévias do estudo.

Como foi referido, a recolha e análise de dados começou nos primórdios do estudo. Começou mesmo antes do início do trabalho no terreno e foi realizado em paralelo com as primeiras fases deste.

Ora, aconteceu também que as respostas a algumas das questões de investigação, as Questões Prévias já referidas, foram também encontradas antes do início do trabalho no terreno.

Disto se trata no Capítulo 5.

Terceira fase

Esta foi a fase em que se realizou o trabalho no terreno, em aulas, com recolha de dados e sua análise preliminar. Foram usados recursos didáticos em sala de aula com alunos do 2º Ciclo de Estudo em 1º e 2º Ciclos da Educação Básica; alunos do 1º Ciclo de Estudo em Educação Básica; e alunos do 1º Ciclo de Estudo em Educação Básica.

Estes aspetos são tratados no Capítulo 6.

Quarta fase

Esta é a fase de descrição detalhada dos dados recolhidos e da análise aprofundada que deles foi efetuada. Inclui a produção de dados transformados e de informações, assim como a respetiva interpretação.

Disto trata o Capítulo 7.

Como foi referido no início desta secção, o enquadramento teórico e metodológico — que são tratados, respetivamente, nos Capítulos 2 e 3 — é transversal às quatro fases referidas.

Os Capítulos 8 e 9 não estão mencionados nas quatro fases referidas por terem sido elaborados na fase final da escrita do presente documento, iniciada na Quarta fase.

Teria sido possível adaptar a escrita de modo a plasmar neste documento de tese o conteúdo do estudo de um modo mais linear e talvez mais comum: ‘ - *formulação de problemas /questões -> estudo no terreno -> recolha de dados -> análise de dados -> contributos para o problema e respostas às questões* - ’. Mas pareceu que tal não era necessário ou útil e que poderia mesmo conduzir a que algo de interessante se perdesse. Neste caso perder-se-ia, pelo menos, uma parte do interesse (do estudo e deste documento de tese) para a comunidade de investigação, especialmente para jovens investigadores: para estes, e pelo menos por mim falo, tem interesse saber como as coisas realmente se passaram; não interessa apenas conhecer as regras formais sobre como expor o que se passou.

Cabe-me acrescentar, em coerência com o acabado de referir, que há um motivo, e forte, a acrescentar aos relativos a necessidade, utilidade e interesse. Como doutorando, tenho que apresentar e defender um trabalho e um documento, uma tese. Ora, como investigador iniciante, sinto-me mais confortável, genuíno, seguro, a fazê-lo de um modo tão fluido e natural quanto possível, e isso é facilitado se a estória for contada do modo fluido e natural que está em correspondência com o que realmente se passou e pela ordem e com as dúvidas e os avanços e os recuos com que se passou.

Este tipo de abordagem à escrita deste documento, ao contar da estória de que ele trata, emergirá, de um modo mais micro, em algumas passagens específicas, que serão no local assinaladas.

Mas tal abordagem tem limites de razoabilidade e restrições formais, algumas das quais têm consequências aqui mesmo, no modo de optar pela ordem dos próximos capítulos:

- A escrita dos Capítulos 2 e 3 foi terminada *depois* de ter sido efetuada a sustentação da relevância do PI (Capítulo 4) e de respondidas as QP (Capítulo 5). Por isso considerei a possibilidade de, a seguir ao presente capítulo, apresentar a sustentação da relevância do PI as respostas às QP. Optei por outra via, pelas razões que elucidado nos itens que se seguem.
- O que é tratado no Capítulo 4 faz parte, sob um certo ponto de vista, do enquadramento teórico do estudo, mas com características especiais; e, sob outro ponto de vista, nem é propriamente um enquadramento. Elucidado:
 - É um enquadramento teleologicamente procurado por um professor-investigador que realiza um estudo em Didática; mas é um enquadramento mais especificamente

ligado à temática do estudo (relações entre água e energia) do que a este enquanto “estudo de investigação em Didática que incide sobre essa temática”.

- Pela sua estreita ligação com a temática do estudo, tal enquadramento, se fosse apresentado já a seguir a este primeiro capítulo, ficaria colocado muito longe dos capítulos de descrição e interpretação dos trabalhos no terreno, e pareceu-me que tal hiato prejudicaria a perceção de conjunto do trabalho realizado.
- Sob um certo ponto de vista, o que é tratado no Capítulo 4 nem é propriamente um enquadramento teórico, pois trata de um trabalho que foi realizado e que faz parte do próprio estudo e dos seus contributos.
- Acresce que para a sustentação da relevância do PI se usam instrumentos e meios que é necessário referir antes, o que é feito no Capítulo 3.

Assim, considerei que a parte enquadradora relativa à temática deveria estar separada das partes enquadradoras relativas a aspetos teóricos e metodológicos.

Considerarei também que a parte relativa à temática e ao PI associado (Capítulo 4) deveria ser apresentada depois das partes teóricas e metodológicas (Capítulos 2 e 3), pois estas têm um carácter mais geral e além disso referem instrumentos e métodos de investigação depois (no Capítulo 4) utilizados.

Considerarei ainda que as respostas às QP (Capítulo 5) deveriam anteceder imediatamente o capítulo que apresenta os contextos, temas, recursos e atividades da intervenção no terreno (Capítulo 6), porque tal intervenção foi efetuada no quadro constituído por tais respostas.

Seguem-se pois os capítulos de enquadramento teórico (Capítulo 2) e metodológico (Capítulos 3).

Depois são apresentados os capítulos referidos a propósito das quatro fases do estudo, pela ordem com que eles (assim como as fases respetivas) são aí apresentados, seguindo-se-lhe os Capítulos 8 e 9.[†]

[†] O último capítulo poderia ter o título “Conclusões”, mas considerou-se preferível utilizar «Conclusão» por simetria com o capítulo «Introdução»: este constitui a abertura do *documento* (com vários aspetos introdutórios), e aquele o seu fecho (com vários aspetos conclusivos). As palavras no singular dos títulos do primeiro e último capítulo referem-se ao presente *documento* (não ao estudo de que ele trata). As “conclusões do estudo”, que habitualmente refiro como “resultados do estudo”, estão, *sobretudo*, no Capítulo 8.

2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O presente estudo insere-se em visões e práticas de natureza *construtivista*. Existem muitos tipos de construtivismo, muitas variantes e muitas visões sobre ele. Este estudo não trata de defender uma visão específica de entre elas, não tem tal pretensão. Antes busca nelas inspiração e sustentação, de modo crítico e teleológico. Simultaneamente, assume uma visão construtivista não radical e abrangente que contém contributos diversificados. Apresento a seguir uma síntese sobre construtivismo, baseando-me em vários autores. Esta síntese e a reflexão a ela associada foram muito importantes para mim, investigador iniciante e ademais com uma formação profissional inicial em outras áreas do saber.

Antes de apresentar a referida síntese, elucido um importante aspeto enquadrador do presente estudo: da entidade dupla “ensino – aprendizagem”, constituída por duas facetas relacionadas mas distintas, este estudo foca a faceta “ensino”. Este aspeto já foi referido no Capítulo 1 e é retomado em diversas outras partes do presente documento, e.g., a pp. 75.

Por outro lado, na síntese que vou apresentar os autores referem, de um modo geral, as duas facetas, o que é natural porque quando se fala de construtivismo o que se tem em mente é, acima de tudo, a construção de saberes por aprendentes / alunos. E referem as duas facetas sem que, de um modo geral, tratem de explicitar distinções entre elas, o que é também natural, uma vez que se trata de textos sobre educação e /ou didática, mas em abordagens de pendor epistemológico – psicológico que se aplica a ambas as facetas (assim como, aliás, à produção de conhecimentos por comunidades profissionais). Este relacionamento, mais ou menos explícito, entre as duas facetas, não contraria e pelo contrário reforça uma parte crucial da HF4 (p. 27): «Os contributos conseguidos para um ensino mais sustentado [...] terão potencialidades para promover aprendizagens também mais sustentadas».

É certo que as duas facetas são distintas. A existência de um ensino de qualidade não é equivale logicamente à existência de uma aprendizagem de qualidade. A rigor, um ensino de qualidade não é condição nem suficiente nem necessária para uma aprendizagem de qualidade: um ensino comprovadamente bom — por ser bem sustentado teoricamente, bem planeado, bem executado e, claro, com bons resultados de aprendizagem num determinado

contexto — pode não conduzir a boas aprendizagens comprovadamente boas noutra contexto, por exemplo com outro tipo de alunos. E também pode acontecer que certos alunos aprendam bem mesmo que o ensino seja de má qualidade, porque os alunos conseguem estudar e aprender por si mesmos e/ou com ajudas de terceiros. Acresce que os tempos de ensino e os tempos de aprendizagem não são necessariamente coincidentes, e o mais frequente será até que a aprendizagem ocorra bem depois do tempo de ensino (passado um momento ou um dia ou um ano ou vários anos). Há ainda muitos outros fatores a considerar e, já que acabo de referir o tempo, refiro agora o “espaço”: muitas vezes ocorrem aprendizagens numa disciplina por interação com aprendizagens noutras disciplinas ou com vivências em espaços não escolares. É pois certo que as duas facetas são distintas. Mas também o é que estão intimamente relacionadas. Nem parece arriscado conjecturar que ensinos de qualidade vão globalmente a par de aprendizagens de qualidade. Aliás, se não acreditássemos nisso...

Como referi, as duas facetas estão presentes na síntese que vou apresentar. E isto independentemente de opções que eu tenha feito na seleção das obras consultadas ou das passagens destas que aqui destaco. O facto de ambas estarem presentes foi útil para este estudo; e considero adequado para este documento referir aqui as duas facetas, pois eu próprio, como professor, tive sempre em mente a faceta da aprendizagem. Apenas não a desenvolvo neste estudo investigativo por questões de focagem e de restrições de tempo associadas a um estudo de doutoramento. Uma investigação sobre a faceta “aprendizagem” exigiria instrumentos e métodos distintos, o recolher de outros dados e analisar os dados de outros modos.

Passo a apresentar a referida síntese sobre construtivismo.

Escrevem Novak & Gowin (1984): o aprendente tem decidir aprender; aprender é uma responsabilidade que não pode ser partilhada; o conceito primário na teoria de Ausubel é *aprendizagem significativa*, na qual os indivíduos têm que decidir relacionar novos conhecimentos com conceitos e proposições relevantes que já conhecem. Ora, o presente estudo enfatiza precisamente que aprender é relacionar focando-se em relações entre água e energia que possam ser disponibilizadas aos alunos para que eles as integrem no seu próprio mapa cognitivo.

A importância, designadamente para o ensino, dos saberes anteriores dos alunos constitui uma pedra angular do construtivismo. Bruner (1997), referindo-se à psicologia do senso comum, isto é, às noções culturalmente moldadas segundo as quais as pessoas organizam as suas conceções de si mesmas, dos outros e do mundo em que vivem, defende ela é uma base essencial, não apenas de significado pessoal, mas de coesão cultural.

Pereira (2007), nos diversos capítulos do seu livro, refere os seguintes tipos de construtivismo: epistemológico; social; psicológico; sociocientífico; psicocientífico; psicossocial; e educacional. A seguir refiro alguns aspetos sobre cada uma destas instâncias do construtivismo, reportando-me a este autor, e estabeleço relações com o presente estudo.

Uma das variantes do construtivismo é o *Construtivismo epistemológico*. A Epistemologia (termo surgido no início do século XX e que etimologicamente significa “discurso sobre o conhecimento”) trata de estudar: o que é o conhecimento – *Gnosiologia*; como ele é produzido – *Metodologia*; e como apreciar a sua validade e o seu valor – *Ética* (ibidem, p. 99). Num sentido lato, a Epistemologia é o conhecimento do conhecimento, o metaconhecimento (ibidem, p. 110). Passo a realçar alguns aspetos estreitamente ligados ao presente estudo, explicitando brevemente algumas ligações chave envolvidas. A Metodologia trata do “como”: é a parte da Epistemologia que responde ao como, a “como é produzido o conhecimento” (ibidem, p. 117). Neste estudo, e certamente em muitos outros, entre as maiores interrogações estava precisamente “como fazê-lo?”. Mesmo depois de sentir bem que existia um problema em relação ao qual presumia poder construir contributos, mesmo tendo já objetivos minimamente delineados e um conjunto de questões ainda algo vagas mas já suficientemente mobilizadoras, faltava algo sobre “o como” para arrancar. A fase das questões e respostas prévias (que não estava prevista à partida como uma fase preliminar) desempenhou aqui um papel chave, como descrito no Capítulo 5. A *Ética*, como bem ilustra a formulação acima apresentada — à qual pode acrescentar-se que ela trata também do «porquê?» e da «avaliação das nossas práticas» (ibidem, p. 106) — não é algo redutível à Moral; e desempenha um papel chave na produção de conhecimento (mais teórico ou mais prático), designadamente por via do “valor”. Este último termo é pois aqui introduzido como um significado bem mais amplo, e diferente, do de “juízo moral”. Trata-se de algo essencial neste estudo, quer em termos epistemológicos, quer em termos didáticos e pedagógicos (nesta última dimensão, refiro-me, expressando-me em poucas palavras, a grandes finalidades do

ensino e da educação focadas na formação global dos alunos / estudantes / aprendizes / formandos). A própria temática do estudo (água, energia e suas relações) está intrinsecamente atravessada por “valores”, e portanto pela ética. Embora não focado nesta importante dimensão cidadã e profissional, como referido na secção 1.1, este estudo pretende contribuir para aprofundar a formação científica e pessoal dos envolvidos, incluindo a que lhes permita melhor debater (consigo e com os outros) os valores e os porquês em jogo e mais consciente e ativamente participar na formulação de propostas, na elaboração de normas e nas tomadas de decisão, quer a nível pessoal quer a nível social. O autor (ibidem) refere que podem considerar-se dois tipos de resposta possíveis sobre o que é o conhecimento e como ele se produz. O “como”, aqui, menos a ver com “métodos” e mais a ver com os fundamentos, a fonte, da produção do conhecimento. Estamos pois a tratar de “o que é” e deste especial “como”, ou seja, da *Gnosiologia*. Uma resposta é habitualmente designada como *positivista*: os conceitos, as leis e os princípios são algo que já existe e está organizado lá fora /na realidade, cabendo-nos descobri-los; a outra é habitualmente designada como *construtivista*: a realidade existe, mas os conceitos, as leis e os princípios são construções nossas, humanas. Este estudo, como se depreende de afirmação anterior de carácter mais geral, assume uma Epistemologia construtivista, em coerência com assunções didáticas e pedagógicas de teor semelhante relativas a teorias e práticas de ensino e aprendizagem. Aprofundando elucidação da componente gnosiológica do construtivismo, o autor refere, entre outros, dois aspetos especialmente importantes para este estudo: (i) a relação do construtivismo com o conhecimento é mais fenomenológica do que ontológica, pois aquele foca, não abstrações concetuais preferencialmente estáticas da realidade tal como ela é, mas descrições e aproximações à compreensão de fenómenos / transformações a que temos acesso e que observamos; (ii) desta base (ou hipótese) fenomenológica decorre uma outra também gnosiológica: a base (ou hipótese) teleológica, que consiste em atribuir ao sujeito conhecedor o papel decisivo na construção do conhecimento e, portanto, assumir que nessa construção está presente a sua intencionalidade / finalidade. Refiro, apenas como ilustração da importância destas duas bases epistemológicas (mas não como redução de tal importância ao que refiro): a base fenomenológica é importante, não apenas como caracterização de um certo modo de entender a ciência e a sua história, mas também como sustentação da importância do trabalho prático em aula (designadamente o experimental, e seja com objetos físicos ou virtuais); do mesmo modo, a base teleológica é importante porque o ensino e a aprendizagem requerem intencionalidade, como está explícito, designadamente, na caracterização de um

instrumento utilizado neste estudo, as Narrações Multimodais (referidas adiante neste Capítulo e no Capítulo 7). Retomo a vertente metodológica para referir um aspecto específico que é crucial neste estudo: o construtivismo caracteriza-se pelo uso, não da “modelação analítica” positivista, mas da “modelação sistêmica”. Esta relaciona-se, designadamente, com o «princípio do *ingenium* de Vico, isto é, com a faculdade mental de religar as coisas separadas» e de o fazer de uma maneira «rápida, apropriada e feliz» (ibidem, pp. 104 e 118). Ora, no núcleo deste estudo está precisamente o “religar coisas separadas”, como já referido no Capítulo 1.

Quanto ao *Construtivismo social* refiro apenas, e de modo breve, alguns aspetos que considero especialmente importantes para este estudo. Em termos gerais (ibidem, Capítulo 2), e não considerando visões que podem considerar-se radicais, tal designação refere-se a entendimentos diversos que têm em comum considerar que a ciência e a tecnologia são construções sociais,[‡] numa extensão a grupos profissionais e outras comunidades sociais do essencial do que foi dito sobre o construtivismo epistemológico. Assim, neste estudo assumo o construtivismo social como explicitando vertentes sociais chave do construtivismo epistemológico e sendo complementar deste, em relação com o construtivismo psicossocial *vygotskyano* (referido adiante). Entre aquelas vertentes sociais estão o trabalho em grupos e comunidades, as práticas profissionais, modos de uso de termos / conceitos / modelos / teorias, a liderança, a crítica, a partilha e outras interações entre pessoas / comunidades, a linguagem (de um modo mais geral: as linguagens) e outras formas de comunicação, as relações professor-aluno / mestre-aprendiz / pais-filhos / adultos-crianças e similares (relações que pelo menos muitos casos e em parte podem considerar-se como sendo de “mediação” (ver p. 50), conceito chave no presente estudo — e tudo isto na produção do conhecimento, nos seus usos, no seu ensino e aprendizagem.

Quanto ao *Construtivismo psicológico*, também apenas refiro brevemente alguns aspetos que considero especialmente importantes para este estudo (ibidem, Capítulo 3): o conhecimento não é recebido passivamente pelas pessoas, é por estas ativamente construído; a função da cognição é adaptativa, e posta ao serviço dos sujeitos na organização da sua experiência e da sua visão do mundo (e não na descoberta de uma realidade ontológica, embora a existência desta seja reconhecida); o conhecimento constrói-se a partir da experiência do mundo

[‡] Nesta parte do documento considero que o termo “ciência” abrange outros empreendimentos humanos, designadamente a “tecnologia”, o que se deixa apenas implícito para comodidade de escrita e de leitura.

(sensações, ações, operações) por abstração baseada em regularidades experimentadas e na reflexão sobre ela; na educação, e no ensino em particular, devem procurar-se que facilitem e promovam a abstração reflexiva. Em boa parte o presente estudo trata precisamente de procurar situações de ensino e aprendizagem e modos de mediação que facilitem e promovam a construção ativa de conhecimento e a abstração reflexiva (no caso, com ênfase no relacionamento entre água e energia).

O *Construtivismo sociocientífico* (ibidem, Capítulo 4) interpreta o universo como uma rede dinâmica de objetos e eventos inter-relacionados e considera que a construção de conhecimento consiste essencialmente em construir estruturas cognitivas relacionadas com tal rede. Neste processo existem interação entre pessoas, designadamente dentro de grupos profissionais (e.g., comunidades de cientistas) e entre pessoas / grupos e a restante sociedade; e existem também “dinâmicas de interação” ciência-sociedade / ciência-tecnologia-sociedade). O conhecimento é construído, não por “indivíduos”, mas por “indivíduos em ação social”. O conhecimento construído contém fatores contextuais e tácitos; a interdisciplinaridade, a transdisciplinaridade e a migração concetual desempenham papel chave; a sustentabilidade ambiental constituiu preocupação crucial; e esta visão contempla ainda a necessidade de ter em conta várias relações complexas como as que existem entre ciência, indústria e poder. Várias destas noções são importantes para este estudo, que pretende contribuir para estruturações cognitivas que unifiquem temas frequentemente tratados como demasiado separados entre si (água e energia) e que permitam uma visão mais profunda, sustentada e operativa das relações desses temas com a sociedade, designadamente com a qualidade de vida, as emoções e sentimentos, a Ética e a sustentabilidade.

Tal como na visão sociocientífica, o aspeto central da visão do *Construtivismo psicocientífico* (ibidem, Capítulo 5) é o da procura de ajuste entre a estrutura cognitiva e a estrutura do mundo. Mas, enquanto a primeira enfatiza os processos de construção pela sociedade, a segunda enfatiza os processos de construção pelo próprio indivíduo. A construção é engendrada como uma interação do “aprendiz / estrutura cognitiva” com o “conhecimento científico / estrutura de conteúdo”. Esta visão é muito importante no presente estudo, que trata de ensino e de aprendizagem num ambiente em que o professor é um mediador das aprendizagens de estudantes-indivíduos (sem deixar de ter em conta aspetos sociais, e em várias dimensões). O próprio autor (ibidem) refere explicitamente que esta visão é muito importante, e tem disso amplamente utilizada, em situações de ensino e aprendizagem. Há

várias versões deste construtivismo, que diferem no modo de entender a interação estrutura cognitiva- estrutura de conteúdo (ou aprendiz-conhecimento científico) e também no modo de caracterizar a estrutura cognitiva. O autor refere, designadamente, as seguintes versões: (i) construtivismo transformativo de Bruner – “construtivismo gradual”, que considera a aprendizagem como um processo “em espiral” em que os alunos constroem ativamente e continuamente conhecimentos com base nos seus conhecimentos anteriores, com revisitações em níveis progressivamente mais elevados, sendo crucial o diálogo com o professor, que deve adaptar a informação a aprender ao estado de desenvolvimento dos alunos; (ii) “construtivismo de rutura” (Bachelard) – baseia-se no conceito de “obstáculo epistemológico” e na consideração da “rutura” que a sua superação supõe, numa aprendizagem por mudança concetual; (iii) “construtivismo progressivo” (Giordan & Vecchi) – entende a mudança concetual numa perspetiva de “mudança gradual” baseada em “estruturas de acolhimento” que gradualmente se aproximam das configurações cognitivas adotadas pela comunidade científica. O presente estudo assume uma visão construtivista de tipo gradual (como na primeira e terceira versões anteriores), embora admitindo que pontualmente possam revelar-se adequados métodos mais próximos dos de rutura e mudança (como na terceira versão).

Sob a designação *Construtivismo psicossocial*, o autor (ibidem, Capítulo 6) considera dois tipos de construtivismo: “construtivismo sociocognitivo” de Vygotsky e o “construcionismo social” de Burr. Relativamente a este, faço apenas uma breve referência. É uma forma de construtivismo que não parte nem da mente do sujeito nem do mundo exterior, mas da “linguagem”, entendendo esta, não como um meio de representação e comunicação, mas como uma “atividade” na qual se gera “significado”. O “construtivismo sociocognitivo” de Vygotsky, mais amplamente utilizado na prática educativa, como afirma o próprio autor (ibidem p. 476), é para mim, e para em particular no presente estudo, muito inspirador e útil referência. O construtivismo de Vygotsky, que dá também grande importância à linguagem e à comunicação, enfatiza dois aspetos, aplicáveis quer à investigação (produção de conhecimento) quer à aprendizagem: estes processos desenvolvem-se em práticas acompanhadas, *e.g.*, aluno com mediação do professor, criança acompanhada por adulto ou investigador orientado por orientador, e também em interações entre colegas de investigação e entre coaprendizes; nestes processos há atividades que o aprendiz é capaz de executar sozinho, associadas ao seu “conhecimento nuclear”, e outras que ele só consegue realizar acompanhado, estando estas associadas à “zona de desenvolvimento próximo” (ZDP), conceito chave da teoria de Vygotsky. O resultado da prática bem-sucedida destas atividades

é a “aprendizagem”, um processo de “apropriação” que se traduz no alargamento do conhecimento nuclear na ZDP e na criação de outra ZDP. Por mais de uma vez, ao longo da intervenção no terreno deste estudo, me recordei destes aspetos, desta visão, precisamente quando eu sentia, sobretudo quando o expressavam os alunos, que estes “estavam a ser levados aos seus limites”, quase a “deitar a toalha ao chão”, como cheguei a partilhar depois com colegas. Mas... sem deitar a toalha ao chão, eu estava lá para os ajudar nisso.

Numa secção sobre *Construtivismo educacional* e a educação científica, o autor (ibidem, Capítulo 7), refere que a todos os tipos de construtivismo antes referidos está subjacente a ideia de que a aprendizagem é fundamentalmente um “ajustamento” de “modelos mentais” para acomodar experiências, que constitui a base do que se pode designar por “construtivismo educacional”, e que este, com a uma base teórica sólida, embora heterogénea, e com práticas vastamente documentadas, tornou-se, apesar de não recolher unanimidade, o núcleo duro da investigação em educação em ciência. Cada projeto educativo deverá dotar-se da forma, ou das formas, de construtivismo que melhor se adequem ao seu contexto e aos seus objetivos. Subscrevo esta recomendação do autor (ibidem), permitindo-me acrescentar que deve ainda considerar-se que há também lugar para preferências de natureza prática e teórica por parte de docentes e investigadores, baseadas designadamente nas suas visões do mundo, em opções éticas, na sua experiência de vida e profissional, na assunção daquilo que ele considera sabe melhor ou saber pior. De entre as múltiplas vertentes e características referidas pelo autor como integrando o construtivismo educacional, refiro algumas (ibidem, pp. 548-553): o conhecimento não é recebido passivamente pelos sentidos e pela comunicação, é ativamente construído pelo sujeito conhecedor; deste fazem parte a sua história cultural e pessoal; os conhecimentos prévios dos indivíduos são muito importantes, pois constituem a base sobre a qual a aprendizagem é construída, pelo que para ensinar bem é preciso compreender bem as conceções e os modelos mentais dos estudantes; é importante considerar, não apenas o conteúdo da ciência, mas também os seus modos de produção e a sua história; as palavras não são embalagens de conceitos, sendo necessário negociar significados; é importante a aprendizagem cooperativa e colaborativa; a aprendizagem é uma procura de significado; o significado exige a compreensão do todo, de “vários “todos”, e não apenas de partes isoladas; o significado está ligado também aos propósitos, metas, interesses e contextos das atividades; o conhecimento construído deve ser “viável”, “útil”, pois “os constructos que não se revelam úteis não sobrevivem”; o debate desempenha um papel de relevo, e nele devem estar presentes os conhecimentos e convicções dos estudantes e os saberes construídos e aceites pelas

40 / 226

comunidades científicas; a função dos mediadores, entre os quais o professor, é sobretudo a de talhar métodos em função das respostas dos estudantes, a de encorajar estes a analisar e prever, a de estabelecer ligações para promover a compreensão.

No âmbito do Programa de Formação em Ensino Experimental das Ciências para Professores do 1º Ciclo do Ensino Básico, que decorreu em Portugal entre 2006 e 2010, Martins *et al.* (2007), referem que, tendo em vista o desenvolvimento de «práticas de qualidade» no ensino, um dos eixos que tomaram como estruturante foi o socioconstrutivismo. Continuo com estes autores. No âmago do construtivismo está a ideia de que aquilo que o aluno já sabe é um fator crítico que afeta a sua aprendizagem. Assim, o processo educativo, por oposição à memorização simples e rotineira de conceitos ou procedimentos, deve centrar-se no aluno e guiar-se por princípios como: desde cedo as crianças desenvolvem progressivamente as suas próprias conceções acerca do mundo, e designadamente estão atentas a determinadas regularidades e atribuem-lhes designações; conceções ingénuas sobre determinadas regularidades são comuns a muitas pessoas, da infância à idade adulta, podem estar muito enraizadas e manifestam-se na forma de pensar, agir e aprender; o conhecimento do aprendente influencia aquilo que ele procura conhecer e aquilo que outros procuram que ele conheça; num aprendente podem coexistir dois paradigmas, o científico e o pessoal. Ensinar com esta visão é complexo: implica ensinar a pensar, a conhecer os modos de pensar de cada um, a conviver com dúvidas e a procurar a viabilidade / validade de modelos interpretativos. Os processos de pesquisa orientados que permitam ao aluno envolver-se, ativamente e emocionalmente, na construção /reconstrução do seu conhecimento científico, a nível conceptual, processual e axiológico, favorecem aprendizagens significativas.

Passo a reportar-me a Lopes *et al.* (2010). Também estes autores salientam que há muitas variantes de construtivismo e de visões sobre ele, referindo, entre outras, obras de Bruner, Cobb, Gil-Pérez, Salomon, Taylor, Tobin e Vygotsky. Aquela obra (*ibidem*) trata de um modelo de ensino — “*Model of Effective Teaching for Intended Learning Outcomes in Science and Technology (METILOST)*” —, não tendo por objeto uma apresentação detalhada dos diversos tipos de construtivismo. Trata-se de um modelo enquadrado numa visão construtivista que os autores elucidam (*ibidem*, pp. 9-12) e que, pela sua importância para o presente estudo, passo a referir (procurando fidelidade quanto ao essencial mas com liberdade

de tradução e escrita e com a inclusão de pequenas partes de texto que considero complementos úteis para o presente estudo).

O núcleo duro do construtivismo consiste na asserção de que o conhecimento é um constructo humano: não é encontrado ou descoberto, e não é absoluto, estático ou universal. Esta asserção aplica-se à produção do conhecimento por comunidades profissionais e à aprendizagem, e portanto à epistemologia e à psicologia. Relativamente à aprendizagem pode falar-se em psicologia, mas também em epistemologia: a aprendizagem individual — tal como a epistemologia como ramo da filosofia — envolve relativamente ao que se aprende procedimentos de avaliação, de apreciação do contexto, de exercício de espírito crítico e de validação. É em boa parte por isto que se refere frequentemente, no âmbito da Didática e em âmbitos afins, a “epistemologia do aprendente / do aluno / da criança”.

Pela sua importância, estes aspetos merecem ser enfatizados: quer a produção de conhecimento que na sua aprendizagem envolvem campos conceituais, modelos, teorias e visões do mundo, métodos e procedimentos; procura de respostas a questões e/ou de soluções para problemas; valores e conflitos de valores, e portanto aspetos éticos; decisões e ações. Afirmar que um aprendente constrói o seu próprio conhecimento não tem a ver com considerar que ele reinventa por si o que foi criado pelos seus antepassados ao longo de milénios e pelos seus contemporâneos: significa que ele, com a orientação de um professor / educador / adulto, constrói e reconstrói ele próprio o seu próprio mundo de saberes (incluindo atitudes, capacidades e competências) com base nos saberes existentes e disponíveis e de modo a que estes tenham para ele sentido, sejam tão significativos e úteis quanto possível.

A produção do conhecimento e a sua aprendizagem têm ambas componentes sociais. A ciência e a tecnologia baseiam-se no legado de gerações precedentes; evoluem em comunidades profissionais e são avaliados e validados em fóruns dessas comunidades; e procuram respostas para questões e soluções para problemas que estão socialmente marcados em múltiplas facetas (desde a formulação das perguntas e dos problemas até à apreciação do valor dos resultados obtidos). Também a aprendizagem, mesmo quando se fala em aprendizagem individual, tem importantes componentes sociais: ao longo de toda a vida, desde o nascimento, os indivíduos aprendem em permanente interação com brinquedos, livros e computadores, e com os pais, amigos e professores; usam a linguagem natural e outras linguagens socialmente estabelecidas para comunicar e pensar; e vivem emoções primárias e

sociais e afetos e sentimentos, na aprendizagem inclusive. Para enfatizar aspetos com estes, usa-se frequentemente a designação social-construtivismo, sobretudo no mundo da aprendizagem.

O construtivismo atribui importância chave à experiência, ao trabalho prático, à experimentação, mas isso não significa que ele seja filosoficamente “empirista”. De facto, e como já referido, o construtivismo considera precisamente que o conhecimento é um constructo humano, não sendo encontrado ou descoberto; e considera ainda que é à luz dos nossos campos conceituais, modelos, teorias e visões do mundo que vemos e estudamos os objetos e fenómenos. Por outro lado, o construtivismo também não é “racionalismo” em sentido estrito, pois considera que não há campos conceituais, modelos, teorias ou visões do mundo que sejam puras construções da mente, que não estejam impregnados pela realidade física exterior. O conhecimento é elaborado e validado em permanente diálogo com esta. Assim, o construtivismo sintetiza contributos do empirismo e do racionalismo, transcendendo ambos.

Construtivismo também não significa “relativismo”. Todavia reconhece que os conceitos, modelos e teorias têm contextos de validade e âmbitos de aplicação; e que numa mesma zona de conhecimento podem coexistir constructos intelectuais distintos e mesmo contraditórios, quer em comunidades profissionais quer em indivíduos, sejam estes adultos ou crianças, peritos ou aprendizes, professores ou alunos.

Como já referi, este estudo não tem a pretensão de considerar que só um ou outro tipo de construtivismo são válidos e úteis. Mas, criticamente e teleologicamente, assume como orientadora a síntese acabada de apresentar, baseada em Lopes *et al.* (2010) (*ibidem*).

Passo a referir-me ao conceito *conhecimento pedagógico do conteúdo*, na origem do qual está Lee S. Shulman (n. 1938) e que concorre com contributos valiosos para teorias e práticas de matriz construtivista.

Os trabalhos e os contributos de Lee S. Shulman são amplamente reconhecidos e referidos, e continuam a ser alvo de estudo no sentido de os aprofundarem. Ball, Thames & Phelps (2008) consideram que, embora a designação conhecimento pedagógico do conteúdo tenha sido largamente utilizada ao longo das duas décadas anteriores, o potencial respetivo tem sido

escassamente desenvolvido e poucos estudos testaram se há, de facto, distintos corpos de conhecimento de conteúdo identificáveis e que importem para o ensino. Assim, em vez de considerarem o conhecimento pedagógico do conteúdo como dado adquirido, tomam-no com algo muito importante mas que necessita de ser mapeado e medido, incluindo no que respeita a como esse conhecimento é usado no ensino de modo efetivo. Os autores referem trabalhos que têm desenvolvido no sentido de desenvolver uma teoria fundamentada na prática sobre o conhecimento do conteúdo para o ensino construída com base na noção de Shulman de conhecimento pedagógico do conteúdo, que consideram necessitar de desenvolvimento teórico, clarificação analítica e teste empírico. O seu estudo, realizado no âmbito da Matemática, tem como objetivo investigar a natureza do conhecimento do conteúdo disciplinar orientado para a profissão, estudando situações reais de ensino de Matemática e identificando o que designam por «conhecimento de matemática *para* o ensino». Para além e apresentarem e discutirem o que consideram ser «os próximos passos necessários para desenvolver uma teoria útil sobre o conhecimento de conteúdo para o ensino», os autores referem que a sua investigação indica o seguinte:

- Há *pelo* menos dois subdomínios empiricamente discerníveis que estão contidos no conhecimento pedagógico do conteúdo: *conhecimento de conteúdo e estudantes*; e *conhecimento de conteúdo e ensino*.
- Há para além disso «um importante subdomínio de “puro” conhecimento do conteúdo que é especial no trabalho de ensino: *conhecimento de conteúdo especializado*, que é distinto do *conhecimento de conteúdo comum* de que necessitam os professores e os não professores.»

Ainda assim, e pela *sua* já histórica importância didática e pedagógica, recorro a Shulman (1986). Sugere o autor que se distingam três *categorias* de conhecimento dos conteúdos disciplinares por parte do professor:

- *Conhecimento do conteúdo*. Trata-se da quantidade e da organização, na mente do professor, do conhecimento sobre as matérias disciplinares de per si.
- *Conhecimento pedagógico do conteúdo*. Este vai para além do anterior, incluindo a dimensão dos conhecimentos das matérias *para o ensino*. Trata-se de conhecer modos de representar e formular os assuntos de modo a que eles sejam compreensíveis, designadamente as formas mais úteis de representação, as analogias mais poderosas,

ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações. Dado que não existe uma única forma de representação que seja a mais poderosa, o professor deve ter à mão um verdadeiro arsenal de formas alternativas, algumas das quais criadas por si com base na sua sabedoria e na sua prática. O conhecimento pedagógico do conteúdo inclui também a compreensão daquilo que torna mais fácil ou difícil a aprendizagem de tópicos específicos, designadamente as conceções e preconceções que sobre os tópicos usualmente tratados têm os estudantes de diferentes idades e tipos de formação. E, no caso de estas conceções serem cientificamente inadequadas, o que acontece frequentemente, os professores necessitam de conhecimento sobre as estratégias potencialmente mais frutuosas na reorganização da compreensão dos aprendentes. Aqui, a investigação sobre o ensino e sobre a aprendizagem são quase coincidentes.

- *Conhecimento curricular*. O currículo é representado pelo conjunto de todos os programas concebidos para o ensino de temas e tópicos particulares num dado nível; os vários materiais de ensino disponíveis relacionados com aqueles programas; e o conjunto de características que servem de indicações ou contra-indicações relativamente ao uso de materiais curriculares ou programáticos em determinadas circunstâncias. O currículo e os seus materiais associados constituem a farmacopeia onde o professor vai buscar as ferramentas de ensino que apresentam ou exemplificam conteúdos particulares e que permitem melhorar e avaliar o que é conseguido pelos estudantes.

Faço aqui duas observações sobre o acabado de referir. O autor, como é ainda habitual em língua inglesa, utiliza a designação “pedagógico” num sentido em que na grande maioria das outras línguas se utiliza mais comumente, desde há dezenas de anos, a designação “didático”. Do mesmo modo, muitos dos aspetos que o autor refere como “curriculares” são noutros contextos, e particularmente noutras línguas, também considerados como “didáticos”. Ver por exemplo o entendimento de Martins *et al.* (2007), referido adiante (os autores referem o “conhecimento didático de conteúdo”). É desta natureza o entendimento que se utiliza no presente estudo. A segunda observação é de outro tipo: é para realçar que o autor, escrevendo «Aqui, a investigação sobre o ensino e sobre a aprendizagem são quase coincidentes», está a referir um contexto de coincidência, precisamente porque, de um modo mais geral, tal coincidência não existe — o que constitui um aspeto importante do presente estudo, como

referido por exemplo a pp. 44, 47 e 50 (e como também ilustrado pela população alvo — docentes — do questionário referido a pp. 111).

Continuo com Shulman (1986), que refere haver outros importantes *domínios* de conhecimento para os professores, entre os quais, a título de exemplo: diferenças individuais entre estudantes, métodos de organização e gestão da aula, história e filosofia da educação, administração escolar. Cada um destes *domínios* subdivide-se em *categorias* e pode exprimir-se em três *formas* de representar o conhecimento respetivo:

- *Conhecimento proposicional*. As proposições são notavelmente económicas na forma, contendo e simplificando vastas complexidades, mas ganham em economia precisamente por serem descontextualizadas, despidas mas mostrar só o essencial, desprovidas de detalhe, emoção e ambiente. Há três tipos de conhecimento proposicional no ensino: *princípios*, baseados em pesquisa empírica ou filosófica; *máximas*, baseadas na experiência prática; e *normas*, baseadas em reflexão moral ou ética.
- *Conhecimento de casos*. As raízes do “método dos casos” estão no ensino do direito, que constitui a mais *bem* conhecida abordagem ao emprego de casos como veículo para a formação profissional, sendo o método valorizado para ensinar teoria, não prática. Christopher Columbus Langdell, que veio a ser Dean da Harvard University Law School em 1870, foi quem avançou com o método dos casos na educação em direito. E fê-lo por defender a sua eficácia no ensino do direito como ciência, no ensino da teoria do direito. Um caso, convenientemente compreendido, não é simplesmente um relato de um evento ou incidente. Designar algo como um caso é efetuar uma asserção teórica: ele “é um caso de alguma coisa”, uma instância e outra mais geral. Os casos em si mesmos são relatos de eventos, mas é o conhecimento que eles representam que faz deles casos. Estes podem ser exemplos de instâncias específicas de prática — descrições detalhadas de como um evento instrucional ocorreu —, completados com contextos particulares, pensamentos e sentimentos. Por outro lado, podem ser exemplares quanto a princípios, exemplificando no seu detalhe uma proposição mais abstrata ou uma asserção teórica. Paralelamente à consideração de três tipos de conhecimento proposicional sobre o ensino, há três tipos de casos: *protótipos*, que exemplificam princípios teóricos; *precedentes*, que capturam e comunicam princípios de prática ou máximas; e *parábolas*, que comunicam normas ou

valores. Um dado caso pode cumprir mais do que uma função, podendo por exemplo servir de protótipo e de precedente.

- *Conhecimento estratégico*. Quer as proposições quer os casos carregam o fardo da unilateralidade, a limitação de direcionar o leitor ou utilizador para uma única e particular regra ou maneira prática de ver. O conhecimento estratégico entra em jogo quando o professor promove um confronto com situações ou problemas particulares, de índole teórica, prática ou moral, em que há colisão de princípios em possibilidade de solução simples.

Por estas e outras razões, Shulman recusa o que considera ser um «infame aforismo», uma «calúnia», o célebre dito de George Bernard Shaw "Quem sabe, faz, quem não sabe, ensina", e declara, recorrendo a Aristóteles, que o teste fundamental da compreensão reside na capacidade de transformar conhecimento em ensino, terminando o seu artigo com um aforismo alternativo: "Quem sabe faz, quem compreende ensina".

A propósito dos contributos de Shulman, faço uma referência a um aspeto que, de um ângulo um pouco diferente, será retomado no Capítulo seguinte (p. 62): o presente estudo tem características de estudo de caso. Elucido este aspeto à luz do escrito acima sobre uma das *formas* propostas por Shulman, como reflexão interpretativa aplicada ao presente estudo. Pretendo que este seja um estudo de caso, designadamente quanto aos seguintes aspetos:

- Este estudo incide *sobre* um universo que é um caso (que se pode considerar um conjunto de sub-casos) de ensino de Ciências Físicas em ambiente natural de sala de aula, focando a vertente de ensino como uma instância específica de prática, apresentando relatos detalhados dos eventos instrucionais que ocorreram, referindo os respetivos contextos particulares, assim como pensamentos e sentimentos, interpretando-os teoricamente e pretendendo contribuir para o conhecimento.
- Este estudo pretende constituir ele próprio um caso, ou melhor, dois: um caso de ensino; e um caso de *investigação*. Creio que ambos têm algo, mesmo que demasiado pouco, de protótipo, de precedente e de parábola (esta última mais implícita do que explícita). Pelo menos assim o desejo. E resisto à tentação de tentar especificar / categorizar esse algo talvez demasiado pouco, o que deixo aos critérios das comunidades de ensino e de investigação.

Pela sua importância de âmbito nacional e pelo seu carácter inovador, faço de novo uma referência ao Programa de Formação em Ensino Experimental das Ciências para Professores do 1º Ciclo do Ensino Básico, a seguir designado por Programa, com base em Martins *et al.* (2007). Esta referência faz um cruzamento entre tópicos já referidos — construtivismo e conhecimento didático de conteúdo — e outros que serão referidos a seguir, relacionados com práticas em ambiente de aula — ensino de base experimental e recursos didáticos na formação de professores.

O Programa tinha como objetivos, entre outros: promover a construção / reconstrução de “conhecimento didático de conteúdo”, com ênfase no ensino de base experimental; e promover a produção, implementação e avaliação de atividades práticas, laboratoriais e experimentais. Os autores enfatizam as necessidades de formação na promoção da literacia científica e como contributo para promover uma melhor gestão dos recursos disponíveis e a procura de soluções para problemas de carácter transnacional, designadamente a perda de recursos ambientais, a escassez da produção alimentar e o não acesso universal a água potável.

Estes objetivos e esta afirmação de necessidades são claramente consonantes com a natureza do presente estudo: este tem como contexto principal a formação de professores dos primeiros anos de escolaridade (embora centrado na formação inicial); enfatiza atividades práticas, laboratoriais e experimentais; procura contributos relacionados com recursos / fatores ambientais chave como são a água e a energia; e toma como importante a noção de conhecimento didático / pedagógico do conteúdo.

O primeiro Guião elaborado no âmbito do Programa, o Volume 1 produzido, tem o título «Explorando Objectos... Flutuação em líquidos». É pois sobre um dos temas tratados (embora com outra abordagem) neste estudo. Este aspeto é especialmente interessante porque este tema é considerado como um dos mais difíceis para os alunos, mesmo de níveis etários mais elevados (o que confirmo com a minha experiência neste estudo e antes dele). Realço ainda que os autores referem que a escolha dos Temas do Programa se baseou em critérios como: a sua inclusão no Currículo Nacional do Ensino Básico (ME-DEB, 2001) e no Programa do 1º CEB (DGEBS, 1990; 2004); as possibilidades que oferecem de serem trabalhados com diferentes graus de profundidade, consoante o ano de escolaridade e o nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos; a sua frequente observação em contextos familiares

não acadêmicos; e a riqueza que encerram, por permitirem o desenvolvimento da criatividade e a satisfação da curiosidade que suscitam nas crianças. Para além de concordar plenamente com estes critérios, apraz-me a sustentação que assim ganha a minha decisão de tomar este tema como um dos que tratei no meu estudo.

Continuo a referir pontes entre aspetos de pendor mais teórico e outros de pendor mais prático, agora referindo um trabalho centrado precisamente na temática da relação entre a investigação em Didática e a sua relevância para a prática.

Baseando-se em trabalhos de investigação de vários outros autores, Lopes *et al.* (2008) referem que é reduzida a influência dos resultados da investigação na prática de sala de aula e que é necessário atacar esta desconexão articulando a investigação com as práticas de ensino. Com o seu estudo meta-interpretativo os autores procuraram traços transversais entre trabalhos de investigação e propõem os seguintes princípios estruturantes:

- *Princípios estruturantes dos estudos com relevância para a prática.* Estes estudos tendem a ter abordagens holísticas ao ensino e/ou à aprendizagem. Constroem quadros teóricos a partir de fontes diversificadas e tendem a cruzar mais do que uma linha de investigação.
- *Princípio estruturante dos estudos sobre condições para o desenvolvimento do conhecimento dos estudantes.* Estes estudos apresentam relações consistentes entre as tarefas propostas aos estudantes, os recursos utilizados, a mediação do professor e o ambiente de aprendizagem.
- *Princípio estruturante sobre a relação entre a avaliação e os processos de aprendizagem.* Os autores referem que muitos estudos separam estes dois aspetos e recomendam que a sua interligação constitua um princípio estrutural da investigação sobre o desenvolvimento do conhecimento dos estudantes.

Refleti sobre estes aspetos no presente estudo. Procurei ter uma abordagem holística e utilizar quadros de referência, assim como meios e métodos de investigação, não cingidos a visões específicas estreitas, estritas e canónicas. Procurei também, como professor e com a autovigilância de quem é simultaneamente investigador, e um investigador que investiga sobre a sua prática, que houvesse consistência entre as tarefas propostas aos estudantes, os recursos utilizados, a mediação do professor e o ambiente de aprendizagem. Relativamente à

avaliação, pelas razões que elucidado um pouco adiante ela não é focada no presente estudo, que incide sobre o ensino, mas desempenha um papel chave na minha prática como professor. Ainda relativamente à ligação entre teoria e prática e entre investigação e ação, enfatizo que este é um estudo realizado por um professor-investigador; esta é uma investigação baseada na ação letiva e na minha prática profissional em aceção global; este estudo investigativo incide sobre práticas em ambiente natural de aula.

Passo a referir um tópico que é de importância chave na investigação e na teoria, assim como na profissão docente e na Didática de um modo geral: a *mediação do professor*, que constitui um aspeto central neste estudo. Reportando-me a (Lopes, Cravino & Silva, 2010): a mediação do professor é o conjunto de ações e de linguagens verbais e não-verbais que constituem resposta sistemática às necessidades de aprendizagem dos alunos nos seus caminhos específicos conducentes a atingir os resultados de aprendizagem curricularmente pretendidos, designadamente em termos de conhecimentos, competências e atitudes.

Lopes, Cravino e Silva (2010) apresentam uma formulação geral, que no presente estudo foi para mim muito inspiradora, sobre caminhos de ligação entre o mundo dos estudantes e os resultados de aprendizagem pretendidos. O professor organiza situações e propõe tarefas aos alunos. Uma tarefa deve indicar os recursos apropriados, moldar as atividades, motivar os alunos e mobilizar os mundos destes. A realização de uma tarefa permite ancorar a apropriação e o uso de um campo conceptual específico, e desenvolver o conhecimento, as atitudes, e as competências pretendidas. Os alunos devem sentir que aprenderam. Os campos conceptuais devem ter em conta os mundos dos alunos e os contextos de validade e de uso. A mediação do professor desempenha um papel central. É realizada propondo tarefas, estruturando o ensino, interagindo frequentemente com os alunos e efetuando o seguimento do desenvolvimento destes. Há modos específicos de ensino que são preferíveis para resultados de aprendizagem específicos pretendidos, podendo ser necessário utilizar uma combinação de vários tipos de ensino. Os resultados de aprendizagem pretendidos incluem conhecimentos, atitudes e competências que podem ser de vários tipos e a vários níveis, podendo designadamente enfatizar aspetos práticos, teóricos ou éticos. Os autores referem também um aspeto chave, que é o da ligação, e sobretudo a falta dela, entre a investigação, incluindo a que é feita sobre práticas em ambiente de aula, e a vertente da avaliação dos

alunos. Dou a este aspeto uma importância chave na minha prática letiva, mas não desenvolvo este aspeto por ele não constituir objeto deste estudo investigativo.

Passo a referir alguns tópicos diretamente ligados a aspetos específicos de práticas letivas.

Referem Buty, Badreddine & Régnier (2012): a complexidade e a riqueza das situações de sala de aula envolvem quatro parâmetros: aspetos epistemológicos do discurso, as representações utilizadas, os tipos de interação discursiva e as formas de envolvimento dos atores na situação. Os autores chama a atenção para a importância do modo como os saberes se relacionam entre si (aspeto importante para o presente estudo). Enfatizam em especial a necessidade de buscar coerência, não apenas no discurso do professor, mas em todas as vertentes da mediação (discurso, atividades, recursos e artefactos diversos como documentos escritos, exercícios, ações de controlo).

Lopes, Cravino & Silva (2010, p. 23), num trabalho realizado no âmbito da educação em Ciência e Tecnologia, referem os tipos de tarefa: exemplificativas ou de rotina; tradicionais (*e.g.*, resolução de problemas e trabalho experimental); exploratórias; e epistémicas. Nas atividades letivas a que se refere o presente estudo todos estes tipos de tarefas estiveram presentes.

Martins *et al.* (2007), reportando-se a Leite (2001), especificam o que são atividades práticas, laboratoriais e experimentais (havendo atividades que podem ser simultaneamente de dois tipos ou dos três): a designação *trabalho prático* aplica-se a todas as situações em que o aluno está ativamente envolvido na realização de uma tarefa, que pode ser ou não de tipo laboratorial (por exemplo, fazer uma pesquisa bibliográfica sobre um dado assunto é um trabalho prático, mas já o não é assistir à exposição de um tema ou filme ou à realização de uma demonstração pelo professor, ainda que de cariz laboratorial); por *trabalho laboratorial* entende-se um conjunto de atividades que decorrem no laboratório (ou, eventualmente, noutro local), com equipamentos próprios, sendo o aluno executante da atividade; a designação *trabalho experimental* aplica-se às atividades práticas onde há manipulação de variáveis (variação provocada nos valores de uma variável independente e medição de valores de uma variável dependente relacionada, com controlo dos valores das outras variáveis independentes). Nas atividades letivas a que se refere o presente estudo todos estes tipos de tarefas estiveram presentes.

Os aspetos referidos no parágrafo anterior têm sido estudados por vários autores que enfatizam simultaneamente a importância dos trabalhos práticos / laboratoriais / experimentais e a necessidade de que estes sejam usados de modo adequado para serem efetivamente relevantes e úteis. Lopes (2004) refere que o trabalho experimental faz parte da própria essência da construção do conhecimento científico. Escreve Osborne (1996), reportando-se parcialmente a Hodson e a Cooper & McIntyre: os alunos necessitam de passar mais tempo a interatuar com ideias e menos tempo a interatuar com aparelhos; é necessário que nós, como professores de Física, mudemos a nossa conceção de professores de factos e conhecimento preordenados para a de professores da linguagem e do discurso da ciência, vendo-nos a nós próprios como comunicadores de Física, como facilitadores da aprendizagem.

Considero útil referir aqui que, como será descrito noutras partes deste documento, nas práticas letivas sobre as quais incide o presente estudo se utilizaram simuladores computacionais (SC), entre vários outros tipos de recursos didáticos, em atividades de diferentes tipos. Quando iniciei o presente estudo eu já estava sensibilizado para o uso de SC, como ilustra o trabalho (Barbot *et al.*, 2010), do qual sou coautor. Faço-lhes aqui uma breve referência, com base num trabalho (Pinto *et al.*, 2012) do qual sou também coautor. As simulações computacionais têm sido utilizadas ao longo das últimas décadas. A literatura sugere que o seu sucesso no ensino e na aprendizagem das ciências depende do modo como elas são incorporadas no currículo e de como os professores as usam. É habitualmente considerado como particularmente adequado o uso de simuladores computacionais como ferramentas complementares em aula, designadamente em laboratório. Há um crescente interesse em simuladores multimédia interativos, pelo seu potencial nos processos de ensino e de aprendizagem construtivistas. Tais simuladores oferecem ambientes de pesquisa e ferramentas cognitivas para andaimar aprendizagens, e em particular para desenvolver capacidades de elaboração de previsões e hipóteses, resolução de problemas e interpretações de gráficos (Sahin, 2006). Hoje em dia estão disponíveis numerosas aplicações de tecnologias de informação e comunicação destinadas a estimular o envolvimento ativo dos estudantes e que permitem trabalhar o que de outro modo não seria possível por questões de dificuldade, custo e tempo. A utilização de tais aplicações deu origem a novas investigações no ensino da Física e de outras Ciências, pelas alterações que implicam em quadros de referência relativos

ao ensino (Jimoyiannis & Komis, 2001; Buty, 2012), designadamente ao nível de tipos de representação e sua coerência.

Termino este capítulo referindo uma temática que tem na sua designação a palavra “prática”, mas tendo esta um significado distinto do de prática letiva (embora possa, de certo modo, incluir esta).

Trata-se de uma temática de investigação e desenvolvimento da qual só tive conhecimento — e por um daqueles acasos que acontecem sobre um assunto ao pesquisar sobre outros — na parte final da escrita do presente documento. Por este motivo, os contributos dos trabalhos nessa temática não informaram o meu estudo. Ainda assim passo a apresentar algumas considerações sobre esta temática. Explicarei mais adiante por que o faço. Também devido à fase da escrita em que estou no momento em que escrevo estas linhas, não me foi possível aprofundar o assunto. Reportar-me-ei apenas a um autor e a um trabalho: Wenger (2006).

A designação “comunidade de prática” é relativamente recente, mas refere-se a um fenómeno antigo. O conceito tem-se revelado útil na aprendizagem e na melhoria de desempenho de pessoas e organizações em vastos setores.

As comunidades de prática são formadas por grupos de pessoas envolvidas num processo de aprendizagem coletiva num determinado domínio, pelo seu interesse, preocupação ou paixão, e que desejam aprender a fazer melhor.

É importante notar que este entendimento inclui a possibilidade de haver intencionalidade, mas não a considera um requisito necessário: a aprendizagem pode ser, quer o motivo que leva a pessoas a interagir, quer um resultado acidental de interações. Nem todas as comunidades são comunidades de prática (por exemplo, uma comunidade de moradores geralmente não o é). Estas têm três características cruciais: têm um domínio de interesse partilhado e competências específicas comuns; têm atividades e debates em comum, ajudam-se e partilham informação, aprendendo os seus membros uns com os outros; têm práticas comuns, na qual desenvolvem e partilham recursos (experiências, histórias, modos de abordar problemas recorrentes,...), com maior ou menos consciência disso (por exemplo, as enfermeiras que se reúnem regularmente para almoçar podem nem se dar conta de que as conversas que têm constituem uma das suas principais fontes de conhecimento sobre como

tratar os seus pacientes). É desenvolvendo estas três facetas em paralelo que se cultiva uma comunidade de prática.

As comunidades desenvolvem a sua prática numa grande variedade de domínios, como: ajuda na resolução de problemas em que se está bloqueado, procura de pessoas que tenham experiência em lidar com determinadas situações, partilha de documentos de trabalho de modo a que não seja necessário todas as pessoas fazerem o que já está feito, procura de sinergias e economias de escala, discussão e pareceres sobre trabalhos em curso em diferentes setores ou instituições, pontos da situação sobre estados da arte do tipo “Quem sabe o quê e o que está a fazer falta? Quem podemos contactar?”.

As comunidades de prática não têm esta designação em todas as organizações. São conhecidas sob designações várias, como redes de aprendizagem e grupos temáticos. Algumas são muito pequenas e outras muito grandes; umas são locais e outras mundiais; umas privilegiam encontros presenciais e outras comunicações à distância; há as que pertencem a uma organização e as que são interorganizacionais; algumas são reconhecidas formalmente e têm até um orçamento, enquanto outras são completamente informais e mesmo invisíveis.

De certo modo, estão em todo o lado e existem desde sempre. Mas a designação comunidades de prática, assim como o seu uso concetual explícito e partilhado, têm a sua origem na teoria da aprendizagem. Escreve o autor do artigo que a designação foi criada conjuntamente por ele próprio e pelo antropólogo Jean Lave, no decorrer de um estudo sobre «apprenticeship as a learning model».[§]

O conceito tem sido utilizado numa grande variedade e num grande número situações práticas, como: mundo dos negócios; organização e gestão; organizações governamentais, associações profissionais, desenvolvimento de projetos, vida civil, educação. Mas (continuando com o autor), as primeiras aplicações ocorreram precisamente na educação: no relacionamento entre administradores e os seus colegas; e na formação de professores.

Refiro ainda algo que me parece muito interessante, especialmente por ter a ver com o ensino superior, âmbito do presente estudo: este texto de Etienne Wenger faz parte de uma coletânea

[§] O termo inglês “apprenticeship” significa “o tempo durante o qual se é aprendiz”. O termo correspondente em português de Portugal, que tanto quanto sei é pouco utilizado, é “aprendizado”, que significa, designadamente, “aprendizagem / o tempo em que se aprende / condição de aprendiz (Dicionários PRO de Língua Portuguesa, 2009, Porto Editora, Lda).

de «Leituras e Recursos» organizada numa Instituição, a Universidade da Tasmânia, Austrália (UTAS) com o objetivo de nela «estimular conversas e guiar caminhos potenciais nos quais o leitor possa considerar ou desenvolver uma comunidade de prática.» Contém duas secções: *Toolkit Readings*, sobre o que é uma comunidade de prática e alguns modos possíveis do seu funcionamento; e *Case Study Readings*, sobre como as comunidades de prática têm sido aplicadas em contextos particulares no universo do ensino superior australiano. Contém ainda a recomendação de 3 livros, dois dos quais tendo Wenger como autor ou coautor, publicados por prestigiadas universidades: *Cambridge University Press* e *Harvard Business School Press*.

Como referi no início da referência a esta temática, dela só tive conhecimento na parte final da escrita do presente documento. Assim, ela não informou este meu estudo. Porquê então referi-la?

Refiro esta temática porque constato que, embora o não soubesse, boa parte deste estudo foi possível, e teve determinados contornos, porque, de certo modo e em várias fases, trabalhei numa “comunidade de prática”. E até escrevi partes deste documento onde descrevi isso mesmo, embora sem lhe dar essa designação nem a sistematização correspondente, como as que se iniciam a pp. 64.

O facto de haver quem investigue esta temática e de existirem tais comunidades, formais ou não, intencionais ou não, contribui para a sustentação das referidas facetas e fases deste estudo. Além disso, permite-me antever um campo de ação e investigação no qual terei interesse e gosto em vir a trabalhar. E ambos os aspetos são fatores de ânimo profissional.

3 MÉTODOS E MEIOS DE INVESTIGAÇÃO

3.1 Plano geral

O presente estudo decorreu entre os anos 2010 e 2014. E, como referido na secção 1.3, pode esquematicamente considerar-se que ele se desenvolveu em quatro fases.

Em linhas gerais, o plano temporal do estudo foi o seguinte:

- *Primeira fase e Segunda fase* (respetivamente: reforço da sustentação do Problema de Investigação; elaboração das respostas às Questões Prévias do estudo):

- Setembro de 2010 a Março 2011: Aplicação de Inquéritos e sua análise;
- Novembro e Dezembro de 2010: Observação de aulas do 1º CEB;
- Janeiro 2011 a Dezembro 2011: Análise de conteúdo de documentos.

- *Terceira fase* (intervenção no terreno):

- Setembro 2011 a junho 2012: Seleção de recursos, planificação de aulas e intervenção no terreno (em aulas).

- *Quarta fase* (Análise dos dados recolhidos na intervenção no terreno):

- Setembro 2012 a julho 2013: Elaboração das Narrações e sua análise;
- No início desta fase iniciou-se também a escrita do presente documento.

A partir de Julho de 2013 os trabalhos foram dedicados à *escrita do presente documento*, que se prolongou até ao início de Junho de 2014.

3.2 Participantes

A intervenção no terreno foi efetuada sempre na formação inicial de professores — designação em que englobo o 1º Ciclo de Estudos (Licenciatura em Educação Básica) e o 2º

Ciclo de Estudos (Mestrado em Educação no 1º e no 2º Ciclos da Educação Básica) que habilita para a docência. Envolveu os seguintes alunos:

- Alunos do 1º Ciclo de Estudo em Educação Básica, na unidade curricular “Física para a Educação”
- Alunos do 1º Ciclo de Estudo em Educação Básica, na unidade curricular “Química para a Educação”
- Alunos do 2º Ciclo de Estudo em 1º e 2º Ciclos da Educação Básica, na unidade curricular "Didática das Ciências da Natureza no 1º e no 2º Ciclos da Educação Básica”.

3.3 Tipos de aula sobre as quais incidiu o estudo

Este estudo incide sobre aulas da tipologia *Prática Laboratorial*.

É no entanto necessário dizer algo mais, e que é de importância chave para caracterizar o tipo de aulas sobre as quais o estudo incide.

Na minha experiência letiva, ao longo da meia dúzia de anos que ela tem, e portanto desde antes de iniciar o presente estudo, nas aulas de tipo Prática Laboratorial há *diferenças importantes* entre: *atividades baseadas na iniciativa dos alunos* e *atividades que são de iniciativa do professor*:

- Quanto ao primeiro tipo de atividades, as baseadas na *iniciativa dos alunos*: são as que desempenham o *papel central* na minha prática letiva; ocupam uma *largamente maior parte do tempo letivo* (cerca de 10 aulas em 15); incidem sobre temas escolhidos pelos próprios alunos (com a orientação apenas estritamente necessária por parte do professor), sendo os recursos também procurados ou construídos por eles (igualmente, com a orientação apenas estritamente necessária por parte do professor), o mesmo se passando com a elaboração de objetivos, questões, problemas; são de tipo projeto; têm pois grande abertura / divergência curricular; são diferentes para cada aluno ou grupo de alunos; são essencialmente realizadas individualmente ou em grupo (o que também é decisão deixada à responsabilidade dos alunos); são avaliadas e classificadas, não apenas formativamente, mas também somativamente e formalmente, tendo a sua classificação um peso de 50% na classificação dos alunos (os outros 50% correspondem a um Teste).
- Quanto ao segundo tipo de atividades, as baseadas na *iniciativa do professor*: desempenham um *papel complementar*; ocupam uma *pequena parte do tempo letivo* (cerca de 2 aulas em 15); incidem sobre temas, e envolvem recursos, *escolhidos* pelo professor;

não são de tipo projeto; têm pois pouca abertura / divergência curricular; são as mesmas para toda a turma; são essencialmente realizadas na turma como grande grupo; não são avaliadas e classificadas formalmente para efeitos de classificação dos alunos e a avaliação formativa é sumária (e por vezes mesmo inexistente, por questões de tempo). Mas isto não significa que sejam de tipo meramente demonstrativo. Tipicamente (as diversas componentes dependem, por exemplo, da temática, dos recursos, do tempo disponível), os alunos têm oportunidade para, nomeadamente: experimentar, colocar questões, formular problemas, propor alterações, fazer ou solicitar que sejam efetuados determinados tipos de controlos de variáveis, realizar atividades de papel e lápis de tipo problema ou exercício.

Para além disso há ainda cerca de 3 aulas Práticas Laboratoriais (PL), do total de 15, para revisões de matérias tratadas nas aulas de tipo Teórico (T) ou Teórico-Prático (TP), geralmente com resolução com papel e lápis de exercício ou problemas; e a realização do Teste, que por vezes é realizado no tempo de uma aula PL, outras vezes no de uma aula T ou TP. Estes números são os relativos à maioria das unidades curriculares, incluindo “Física para a Educação”. Noutros casos há diferenças, sendo de salientar, para efeitos do presente estudo, que em “Química para a Educação” o número de aulas PL (e TP) é 10 no total, do que decorrem outras modificações.

As atividades sobre as quais incide o presente estudo são do tipo acima referido no segundo item: são da iniciativa do professor. Assim tinha que ser, pois foi o professor que tomou a decisão de estudar a temática da relação entre água e energia e que selecionou os recursos para o efeito. Por isso neste estudo não se trata de avaliação e classificação formais dos alunos, aspeto central no ensino e na aprendizagem. No entanto, enfatizo, as aulas com atividades complementares (no caso, sobre relações entre água e energia) da iniciativa do professor são habituais na minha prática letiva. Não existiram por necessidade específica do presente estudo.

3.4 Métodos de investigação

O presente estudo tem algumas características metodológicas que começo por referir reportando-me a alguns autores, de um modo breve e introdutório, e apenas com uns poucos comentários elucidativos entre parêntesis retos. Desenvolvo depois, reportando-me especificamente ao presente estudo.

Entre as características metodológicas do presente estudo, estão as seguintes: ele é efetuado por um **professor-investigador** que, em **investigação na ação**, investiga sobre a sua própria prática, em **ambiente natural de aula**.

Escreve Griffiths (1985): a abordagem de um professor-investigador será diferente da de um investigador exterior, mesmo quando este trabalha no mesmo quadro metodológico que o professor, do mesmo modo que dois pintores de uma mesma “escola” que abordem a mesma cena com os mesmos materiais produzem pinturas diferentes.

Escreve Atkinson (1994): os papéis de professor e de investigador de um professor-investigador são distintos e podem tender para entrar em conflito; como investigador tem o flagelo das dúvidas; como professor, tem menos possibilidades de duvidar sem entrar em apuros; o ensino requer uma confiança e uma crença enormes em que se está no bom caminho; um professor tem que agir no momento; investigar tem a ver com pensar, mesmo quando o pensamento incide sobre tipos de ação, como na investigação-ação.

Escreve Silva (1990): ao assumir o papel de professor-investigador há que resguardar a especificidade do ensino e a especificidade da investigação, de modo a perceber claramente quais os limites de cada um; uma professora é sujeito da investigação, mas enquanto investigadora toma como objeto de estudo a sua prática como professora; a vinculação entre ensino e pesquisa requer que se resguarde, quer a especificidade da pesquisa, quer a do ensino; as relações recíprocas entre uma e outra tornam fecundas tanto as contribuições da investigação quanto a forma de ensinar. [Adaptei do Português do Brasil para o de Portugal.]

Escrevem Bogdan & Biklen (1994): a vida, carreira e autoconceito do professor estão sempre intimamente ligados ao modo particular como ele desempenha as suas tarefas; mas para os investigadores o sucesso é definido por realizarem o que se caracteriza por boa investigação, e não por conteúdos ou resultados específicos no ensino; alguns estudos experimentais criam

um mundo totalmente artificial (no laboratório) para observar o comportamento das pessoas; quanto mais controlada e intrusiva for a investigação, maior a probabilidade de se verificarem “efeitos do observador”; se as pessoas forem tratadas como sujeitos de investigação, comportar-se-ão como tal, o que é diferente do modo como normalmente se comportam. [Claro que estes autores não se referem a professores-investigadores, mas a situações em que os papéis de professor e de investigador são desempenhados por agentes distintos.]

Sacristán e Gomez (1992, p. 89) defendem a valia de um modelo ecológico de análise da aula caracterizado por adotar uma perspectiva naturalista, baseando-se no estudo da vida real da aula no seu contexto sociocultural, e numa perspectiva sistémica; só o conhecimento que emerge da análise e reflexão sobre a prática na realidade natural, complexa e singular da aula, pode ser utilizado como conhecimento útil para entender e transformar a prática.

Escrevem Jackson, Berger & Edwards (1992): para que a investigação possa ser tão rigorosa e sistemática quanto possível sem comprometer a integridade do papel do professor, o ambiente da sala de aula e a experiência de aprendizagem de cada aluno, a nossa abordagem usa uma metodologia de investigação naturalista, cujo primeiro compromisso consiste em que a investigação é realizada totalmente no contexto de um normal arranjo da sala de aula.

Escreve Porlán (1993): devemos dar ênfase tanto à investigação como à ação, tanto à teoria como à prática; não basta conhecer os esquemas dos professores, dos alunos e da dinâmica do contexto escolar; é necessário que os professores construam e façam evoluir o conhecimento didático através da sua própria investigação na escola.

Entre as características metodológicas do presente estudo está também uma **faceta de tipo etnográfico** (relacionada com o acima dito e também com o que se segue), assim como uma natureza próxima de um **estudo de caso**.

Escrevem Bogdan & Biklen, 1994: o estudo de casos consiste na observação detalhada de um contexto, ou indivíduo, de uma única fonte de documentos ou de um acontecimento específico. [No caso do presente estudo, o que se aplica deste entendimento é o “contexto” e “a observação detalhada”, não um indivíduo, uma fonte ou um acontecimento.]

Escreve Stenhouse (1988): os estudos de caso podem ser dos seguintes tipos: etnográficos; avaliativos; educacionais; investigação-ação; professor-investigador. [No presente estudo há interseções com os primeiros dois tipos (etnográficos e, numa aceção global, avaliativos); e há uma fusão dos últimos três (educacionais, investigação-ação e professor-investigador).]

Escreve Silva (1990) que no seu estudo, com o qual pretendeu implementar um currículo com perspectiva crítica numa abordagem qualitativa, procurou penetrar no quotidiano para captar o contexto multifacetado de uma situação de ensino dificilmente enquadrada em modelos apriorísticos; valorizou a quotidianidade, o qualitativo, a subjetividade; teve por objeto de estudo uma experiência de ensino; optou por uma investigação qualitativa de natureza etnográfica — entendendo a etnografia como ciência de “descrição cultural” dirigida para a tarefa de conhecer a realidade, envolvendo um trabalho de construção teórica, de observação da interação social em situação natural, de documentação em situações naturais concretas.

Após esta breve introdução, baseada em trabalhos de outros autores, passo a desenvolver os aspetos referidos reportando-me especificamente ao presente estudo.

Este estudo envolve uma investigação do tipo **estudo de caso**. Neste tipo de investigação o investigador está diretamente envolvido no estudo detalhado de casos específicos, tendo uma abordagem interna à investigação. Estuda-se um pequeno número de indivíduos: a amostra é pequena e não tem o significado estatístico de amostra (nem costuma ser designada como tal); pode até ser constituída por um só indivíduo (o que não se aplica este estudo). Estes estudos, tipicamente, não são de tipo comparativo ou experimental (com grupos piloto e grupos de controlo). Os indivíduos que constituem objeto de estudo são acompanhados durante um tempo relativamente longo, em situações bem delimitadas no tempo e no espaço. Os dados recolhidos são variados e detalhados. O investigador conhece profundamente o contexto. O presente estudo tem, no essencial, estas características, embora possa considerar-se que as tem apenas parcialmente no que respeita ao tempo: não acompanho os alunos durante anos, o que acontece em certos tipos de estudos de caso; mas o estudo também não se baseia em visitas ou acompanhamentos pontuais, havendo contacto continuado e rico durante várias semanas com cada grupo de alunos envolvido.

O caso do presente estudo tem as seguintes especificações:

- Envolve, num ano letivo (subcapítulo 3.1), alunos de cursos de Formação Inicial de Professores numa Escola Superior de Educação (subcapítulo 3.2) em aulas de um tipo específico (subcapítulo 3.3);

- Incide sobre ensino em ambiente natural de aula, em aulas lecionadas pelo próprio investigador, tratando a temática “Água, Energia e suas relações” e focando a vertente “ensino” como uma instância específica da prática letiva.

Este é também um estudo de caso no sentido explanado a pp. 47, à luz de contributos de Shulman (1986). Pela sua importância, refiro aqui de novo um aspeto ali tratado: este estudo pretende constituir, ele próprio, depois de terminado, formalizado e disponibilizado, um caso de ensino e um caso de investigação a ter em conta. Isto é, anseia vir a ter valor prático e teórico para merecer ser considerado como “caso de estudo” pelas comunidades de professores e de investigadores. Anseia pois contribuir para diminuir a falta de ligação (“gap”) entre a investigação educacional e as práticas letivas, aspeto que é referido por vários investigadores designadamente por Costa, Marques & Kempa (2000).

Este é um estudo de **investigação na ação** realizado por um **professor-investigador**. Sou um investigador que investiga sobre a sua prática docente. O que investigo é algo que para mim, enquanto professor, tem sentido e é relevante. Os papéis de investigador e de professor estão em consonância e em cooperação. Pretendo que o meu papel de professor seja potenciado e melhorado pelo meu papel de investigador; e vice-versa.

O modo como foram selecionados os tópicos e os recursos, assim como os caminhos que conduziram à observação (não participante) de aulas do 1º CEB em que alguns desses recursos foram usados, merece uma reflexão específica. Nesse modo e nesses caminhos está bem patente a interseção das características *professor-investigador*, *investigação-ação* e *estudo de caso*.

Pode dizer-se, embora consciente dos limites de validade e do significado contextual da afirmação, que tal interseção ilustra uma **faceta etnográfica** do estudo. Essa faceta tem menos a ver com a utilização de métodos de investigação etnográfica e mais a ver com o estatuto, a natureza, o modo de ser e estar do investigador, que é professor-investigador (nas situações em que o seu papel é este, não nas situações de observação no 1º CEB) e que assim está mergulhado, naturalmente, no ambiente, no contexto, na cultura, nos eventos, nos quais ou no

quadro dos quais a investigação está a ser realizada. O professor-investigador não é alguém que vem de fora fazer uma investigação etnográfica: é alguém que “faz parte da própria etnografia”. Isto é muito importante para explicar aqueles modos e caminhos.

Os aspetos anteriores estão relacionados com o referido a pp. 53 sobre as **comunidades de prática** (Wenger, 2006) — grupos de pessoas envolvidas num processo de aprendizagem coletiva num determinado domínio, pelo seu interesse, preocupação ou paixão, e envolvidas por decisão intencional ou independentemente desta. De facto, o meu papel de docente não está limitado ao espaço da sala de aula e aos alunos. Desenvolve-se numa Escola, numa instituição social com muitos outros intervenientes, e por isso está imbuído de relações múltiplas, designadamente com colegas. O mesmo se aplica ao meu papel de investigador, que aqui se estende ainda por espaços e interações de maior amplitude: para além da Escola há os orientadores, os centros e laboratórios de investigação, outras instituições. Como referi anteriormente, só tive conhecimento deste domínio de ação e investigação, o das comunidades de prática, na parte final da escrita do presente documento. Mas tal conhecimento, de momento muito superficial, ajuda-me a entender melhor algumas vertentes do estudo. E referir este aspeto pode ser útil, e creio que o será, para quem venha a tê-lo em conta.

Referi acima que características como professor-investigador, investigação-ação, estudo de caso e faceta etnográfica (e, acrescento agora: comunidades de prática), são muito importantes para explicar modos e caminhos deste estudo, designadamente o modo como foram selecionados os tópicos e os recursos, assim como os caminhos que conduziram à observação de aulas do 1º CEB. Passo a ilustrar.

O professor-investigador não teve necessidade de formular parâmetros e critérios para construir ou selecionar recursos didáticos adaptados ao contexto de utilização e aos fins em vista. No início do estudo pensou-se que sim, que isso era necessário. Mas acabou por se revelar não ser assim. Foi deste modo que algumas das QI iniciais passaram rapidamente a ter o estatuto de QP e que dois dos Objetivos foram rapidamente atingidos. (No Capítulo 5 apresentam-se de modo sistemático as respostas às QP.) O que aconteceu não foi, pelo menos no sentido superficial e desqualificador da frase, que “o investigador selecionou o que estava mais à mão”. Aconteceu que o investigador “encontrou à mão” aquilo de que necessitava porque estava no sítio onde estava aquilo de que necessitava e porque estava aí em estado de

observação atenta, intencionalidade, reflexão, atitude investigativa, tensão criativa. Só estando aí e assim lhe foi possível encontrar o que já lá estava mas que, de outro modo, ele continuaria sem ver. Ilustro: o modelo didático da célula de combustível estava à vista numa prateleira do meu gabinete desde um ou dois anos antes de eu ter iniciado os trabalhos de doutoramento, mas nunca tinha sido utilizado em aulas, nem por mim nem por colegas. Foi porque estava a fazer o doutoramento, e portanto especialmente atento ao que para esse trabalho poderia ser útil, porque era docente e acedia àquele gabinete, porque dava aulas (de Física e de Química) para as quais o modelo tinha sido adquirido (adquirido, aliás, por proposta na qual colaborei), porque estava movido por forte intencionalidade e tensão criativa, porque estava focado num problema de investigação e questões de investigação — foi por tudo isto e porque tudo isto ocorreu em simultâneo que vi de outro modo o modelo da célula de combustível que sempre tinha estado “ali à mão”, mas estando-o passivamente, e que então passou a está-lo de modo ativo e produtivo. Passou-se essencialmente o mesmo relativamente aos outros tópicos e recursos; e também relativamente às colaborações com alunos de Mestrado e observações de aulas do 1º CEB, aspeto este que será retomado na descrição do estudo.

Passou-se algo de semelhante mesmo com a formulação do PI. Como referi na p. 25 (secção 1.2), o PI foi formulado naturalmente, emergiu quase sem ter sido feito um esforço para “encontrar um problema”, porque para mim e para colegas meus ele já existia há muito como problema, embora algo esbatido e sem estatuto de PI. Recordo que por volta de 2001, no âmbito do Projeto FCT CED/36466/99-00, os docentes da então “Área de Ciências da Natureza” debateram longamente quais as temáticas em torno das quais deveriam desenvolver-se os designados “Projetos de Formação” (designação criada no âmbito do Projeto). Duas temáticas se distinguiram claramente como sendo de eleição: “água” e “energia”; e uma das dificuldades ou potencialidades que se levantavam para a escolha de uma só das temáticas, consistia precisamente em que... estavam fortemente relacionadas, podendo facilmente chegar-se a uma a partir da outra.

Além disso o problema estava implícito numa comunicação de 2003 de que fui coautor (Silva *et al.*, 2003), intitulada “Por uma Nova Cultura da Água no Ensino Básico em Portugal”, assim como numa comunicação, essa já bem posterior, efetuada por colegas meus (Silva, Pereira & Silva, 2012). E também estava presente num Projeto que decorreu entre 2006 e 2008 e no qual colaborei: “Para Uma Nova Cultura Da Água – Uma proposta didáctica de Trabalho Experimental em contextos de uso da Água” (Programa Ciência Viva, Ref.^a: 1103).

Assim, também aqui, na escolha das temáticas deste estudo e na formulação do PI, recorri a algo que “estava à mão”, mas não por acaso, indolência ou oportunismo: por um ato positivo, construtivo, profissional, teleológico.

Os qualificativos professor-investigador, investigação-ação, estudo de caso, faceta etnográfica e comunidades de prática, representam pois opções e características deste estudo que o marcam profundamente.

3.5 Instrumentos de recolha de dados

Os dados deste estudo foram recolhidos com diferentes instrumentos e métodos que passo a referir.

Elaborei e apliquei um inquérito a 116 Professores do 1º e 2º Ciclo do Ensino Básico da zona do Porto e da zona de Vila Real usando três questionários: Questionário A (QA), centrado no tema Água; Questionário B (QB), centrado em Energia, e Questionário C (QC), centrado em Sustentabilidade.

Considerou-se ser suficiente para os objetivos em vista efetuar a validação dos questionários do seguinte modo: validação por três especialistas, e aplicação preliminar. A validação foi feita por três especialistas doutorados, dois dos quais da UTAD e um da ESE-IPP, tendo dela resultado uma reformulação de alguns aspetos dos questionários. A aplicação preliminar foi efetuada com a colaboração de três docentes do Ensino Básico que responderam ao inquérito para verificação da boa inteligibilidade das questões, na sequência do que procedi a pequenos ajustes.

O objetivo deste inquérito foi duplo:

- Recolher dados que permitam concluir sobre se os respondentes relacionam ou não, e como, as temáticas Água, Energia, e Sustentabilidade. Este objetivo relaciona-se com a procura de sustentação do Problema de Investigação do presente estudo, em linha com o tratado nas secções anteriores deste capítulo.
- Recolher dados sobre Conteúdos tratados, Atividades realizadas e tipos de Recursos utilizados em relação com cada tema. Este objetivo, além de se interetar com a procura de

sustentação do PI, relaciona-se com a procura, em curso aquando da aplicação dos questionários, de ajudas relativamente às Questões orientadoras da Investigação.

A aplicação destes inquéritos foi realizada da seguinte forma:

- Com a colaboração do Diretor do Departamento do 1º CEB de um Agrupamento Vertical de Escolas foram aplicados os três tipos de questionário numa reunião do departamento numa Escola EB 2,3. Dessa aplicação obtiveram-se 70 questionários respondidos.
- Com a colaboração do Diretor do Departamento do 2º CEB de um Agrupamento Vertical de Escolas foram aplicados os três tipos de questionário numa reunião do departamento numa Escola EB 2,3. Responderam Professores de Ciências da Natureza. Dessa aplicação obtiveram-se 20 questionários respondidos
- Alunos da Escola Superior de Educação do I. P. Porto de um 2º Ciclo de Estudos (Mestrado em Ensino Experimental de Ciências no 1º e 2º CEB – Mestrado de Especialização) e, por seu intermédio, alguns Professores das escolas onde eles lecionavam. Dessa aplicação obtiveram-se 14 questionários respondidos.
- Alguns Professores do 1º e 2º CEB que cooperam na supervisão da Iniciação à Prática Pedagógica de alunos da Escola Superior de Educação do I. P. Porto, por seu intermédio de Docentes desta Escola. Dessa aplicação obtiveram-se 12 questionários respondidos.

Foram pois recolhidos, no total, $(70 + 20 + 14 + 12 =)$ 116 questionários.

Cada um dos respondentes respondeu exclusivamente a um tipo de questionário: QA ou QB ou QC. A razão para tal foi a mesma que nos fez ter o maior cuidado para que não houvesse interações entre respondentes de questionários diferentes: não dar a saber que estávamos a inquirir simultaneamente sobre Água, Energia e Sustentabilidade, o que poderia ter como efeito induzir os respondentes a efetuar relacionamentos advenientes do próprio processo de inquirição.

O número de professores, de um total de 116, como referido, que respondeu a cada Questionário foi: QA – 57; QB – 33; QC – 26.

Apresentam-se os resultados e análise destes inquéritos na secção 4.4.

Para registo de dados das intervenções em aula, efetuei a sua gravação áudio. Usei apenas um gravador, uma vez que as atividades chave sobre as quais incide o presente estudo foram, de um modo geral, trabalhadas em grande grupo; e, mesmo quando se realizavam em pequenos grupos eram apenas as partilhas efetuadas em grande grupo que eram registadas.

A transcrição destas gravações áudio, assim como a recolha de documentação diversa, constituíam o material com o qual eram construídas Narrações Multimodais (NM). As NM desempenharam um papel chave neste estudo. Passo a referir as características principais deste instrumento (Lopes *et al.*, 2014).

As NM foram desenvolvidas com o objetivo de alcançar uma melhor compreensão sobre as práticas de ensino e a sua importância em aulas de ciências. Foram desenvolvidas para atender os seguintes requisitos:

- Descrever as intenções do professor;
- Preservar a natureza complexa e holística do ensino e da aprendizagem;
- Descrever de uma forma multimodal esses dois processos; por exemplo, incorporando diferentes elementos na narração, tais como diagramas, fotografias, exemplos do trabalho dos alunos, etc.;
- Permitir a verificabilidade dos eventos narrados e comparabilidade entre NM escritas por diferentes professores.

A NM é baseada em dados independentes (gravação áudio ou vídeo, documentos do professor relacionados com o plano da aula ou desenvolvidos durante a aula, documentos dos alunos produzidos durante a aula, tarefas, organização espacial, instalações da sala de aula, fotografias, artefactos usados), e incorpora trechos desses dados. A NM incorpora também dados relativos a: descrição do professor e suas intenções e decisões; e descrições de atitudes, silêncios, gestos, tanto do professor, como dos alunos).

A criação de uma NM envolve três fases principais, descritas na Figura 1.

Na fase de recolha de dados o narrador reúne os dados independentes (gravações áudio ou vídeo, documentos do professor e dos alunos, organização da sala de aula, etc.) e os dados

dependentes, por exemplo, notas do professor sobre alguns elementos que possam não estar perceptíveis nas gravações (ações, silêncios, gestos, intenções, reações dos alunos, etc.)

Para a construção da NM o narrador ouve as gravações (os autores têm usado essencialmente gravações áudio) e cruza estes elementos com os outros elementos multimodais; depois constrói a primeira secção da NM, que contém uma descrição resumida de toda a aula e de elementos contextuais. Em seguida o narrador escreve uma primeira versão da NM de baseando-se na gravação áudio ou vídeo. Este documento vai sendo progressivamente enriquecido com elementos multimodais ou referências a estes. O documento final é a Narração Multimodal.

A validação da narração é feita por especialistas externos com experiência em processos de validação em investigação em didática. Estes leem a NM, apreciam-na sob o ponto de vista da sua exatidão e legibilidade, e verificam se esta é autocontida. A NM vai sendo melhorada até à sua forma final.

A NM é um documento que organiza os dados recolhidos em sala de aula e na qual estão presentes os diversos modos de expressar o que acontece em sala de aula, o que permite a investigação sobre práticas de ensino sem que haja necessidade de recorrer aos dados *em bruto* utilizados na sua construção.

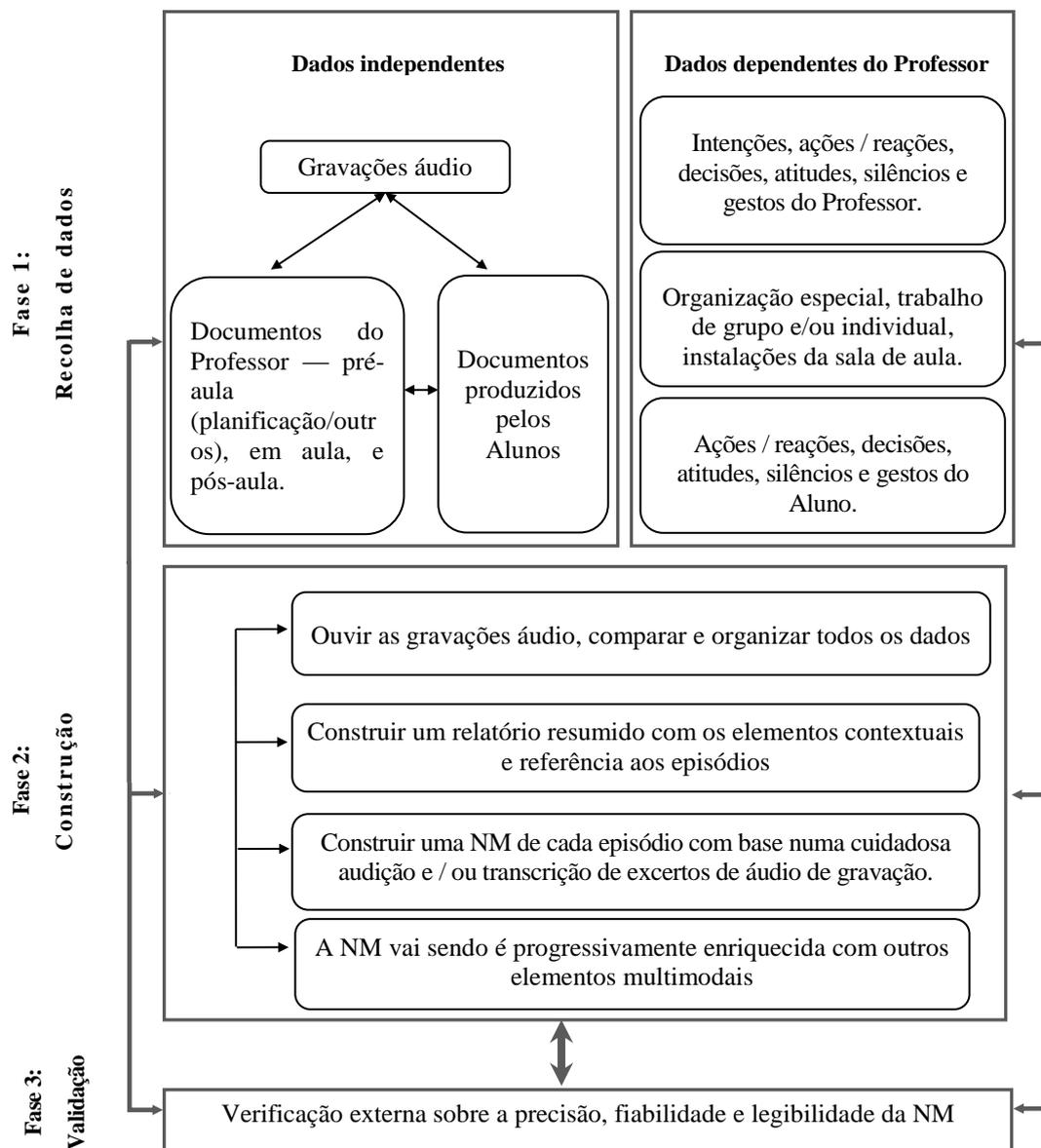


Figura 1 – Construir uma narração Multimodal (NM): o processo e suas fases. A seta dupla no fundo do esquema simboliza o processo de validação e refinamento para se chegar à versão final da Narrativa Multimodal (Lopes *et al.*, 2014).

3.6 Métodos de análise de dados

3.6.1 Aspetos gerais

Este estudo é essencialmente de natureza qualitativa. Tem também componentes quantitativas, e.g.: contagens de ocorrências em documentos; correlações estatísticas entre categorias de análise; agrupamentos de categorias em dendrogramas baseados em análise

quantitativa. Mas mesmo aqui a orientação dominante é a procura de significado didático qualitativo, de semântica didática.

O tratamento dos questionários do inquérito foi quantitativo: efetuaram-se contagens de respostas numa folha de cálculo. Havendo algumas respostas abertas, foi necessário fazer algumas opções de natureza qualitativa para permitir posterior contagem, como será descrito.

Fiz a análise de conteúdo de diversos documentos:

- Documentos orientadores do sistema de ensino português; Nestes documentos efetuei contagens, com base em critérios relacionados com o âmbito do problema e dos objetivos do estudo, como será descrito.
- Documentos de encontros profissionais ibéricos e ibero-americanos e artigos da revista da Ordem dos Engenheiros portugueses. Nestes casos, seleccionei e comentei extratos. A seleção destes extratos foi efetuada com base em critérios relacionados com o âmbito do problema e dos objetivos do estudo, como será descrito.

As Narrações Multimodais foram analisadas com base na criação de unidades e categorias de análise. Foram usados como instrumentos auxiliares: o *software NVivo 10* (da empresa QSR) para efetuar marcações e consultas de tipo SQL; o *Statistica* (da empresa Statsoft) para criar agrupamentos e dendrogramas; e a folha de cálculo *Microsoft Excel* para cálculo de correlações e seu significado estatístico.

3.6.2 *Análise das Narrações Multimodais*

As Narrações Multimodais (NM) tiveram uma importância central neste estudo, pois foi com este instrumento que se organizaram os dados recolhidos em aula. Um aspeto central na análise das NM é o da criação de unidades e categorias de análise.

Passo a descrever o processo respetivo e o seu resultado final.

A primeira abordagem à análise das NM consistiu na sua releitura, na criação de categorias de análise preliminares e numa análise com estas categorias. Estas foram depois refinadas até se chegar às utilizadas na análise detalhada final (final, no presente estudo, claro).

As *categorias* de análise, quer as preliminares quer as subsequentes, são qualificadores utilizados para categorizar eventos. São caracterizadas por conterem tipos específicos de conteúdos (Física e afins) tratados ou atos (num sentido amplo) realizados, em cada evento das atividades letivas. O *evento* é a unidade de análise. É uma unidade de tipo micro, especificada um pouco adiante (p. 86).

Eis um resumo de algo que será desenvolvido adiante: nas atividades letivas acontecem / ocorrem eventos; e a estes estão, ou não, associados determinada(s) categoria(s) de análise; isto é, neles são ou não tratados os conteúdos que qualificam essa categoria. Ou, num esquema em tabela

Tabela 1 – Representação esquemática de uma tabela de análise das NM.

	Categoria A	Categoria B	...	Categoria X
Evento 1	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“
Evento 2	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“
Evento 3	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“
Evento 4	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“
...
Evento n	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“	“1“ ou “0“

Na Tabela 1 as colunas correspondem a *categorias de análise* e as linhas a *unidades de análise*. Se num determinado evento (linha) tiver sido tratado um conteúdo ou realizado um ato correspondente a uma determinada categoria (coluna), a célula de interseção respectiva terá o valor 1, tendo o valor 0 no caso contrário.

A opção de preencher os quadros de resultados do tipo da Tabela 1 apenas com valores 0 e 1 será justificada adiante nesta secção (p. 86).

Passo a descrever o processo de categorização, desde a preliminar até à final.

As categorias preliminares são as apresentadas na Tabela 2. Foram criadas em relação com a temática, o âmbito, o enquadramento, o problema e as questões do presente estudo, e também com linhas orientadores complementares de carácter preliminar e tentativo. Elucidado no que se segue.

Tratando o estudo de *Água, Energia e Relações* entre Água e Energia, estavam desde logo definidas três elementos de base para a criação de categorias; e tratando ele de ensino em

ambiente de aula, também o estavam os elementos de base *Professor e Aluno*. Os processos de ensino (e de aprendizagem) deste estudo estiveram sempre em relação com *Recursos* específicos, como explicita o Objetivo O2 (p. 23), pelo que este elemento foi também escolhido naturalmente e de modo direto. Os primeiros esboços de análise indicaram que, quanto aos recursos, era de interesse efetuar a distinção entre *Uso* operativo de um recurso e uma *Referência* a ele, para melhor caracterizar as atividades letivas relacionadas e o tipo de papel desempenhado pelo recurso.

O elemento *CTSA* (Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente) foi considerado tendo em vista uma melhor elucidação sobre a natureza das referências feitas à Água, à Energia e, sobretudo, às suas Relações: elas poderiam ter ou não características *CTSA*, e considerou-se, provisoriamente, que tal distinção poderia ser de interesse para este estudo. De facto, embora este não tenha focagem nesta temática nem na temática relacionada da sustentabilidade, como se refere na RP1 (p. 120), estas temáticas estão necessariamente presentes, dada a sua transversalidade e abrangência, num estudo com o âmbito deste, como está expresso designadamente na HF3 (p. 27) e nas secções 4.1, 4.2 e 4.4. Considerou-se que o elemento *CTSA* poderia ser retirado posteriormente se tal se revelasse conveniente para a focagem e a concisão do estudo.

Passo a referir os dois casos especiais apresentados na Tabela 2 com texto alinhado à direita: os referentes a Prática Epistémica e a Tarefa. Trata-se de casos especiais porque acabaram por deixar de integrar a categorização de análise.

O conceito de *Prática Epistémica* (PE) é muito importante para o ensino, a aprendizagem e a investigação, desempenhando um papel importante nos trabalhos da equipa de investigação no âmbito da qual foi realizado o presente estudo; ver, *e.g.*, Lopes *et al.* (2014). Para os efeitos relativos na Tabela 2, a introdução deste elemento categorial significava, resumidamente, considerar que ocorria uma prática epistémica quando na NM houvesse evidência de que os alunos tinham realizado / formulado / utilizado / conseguido / evidenciado aspetos e vertentes como os seguintes ou outros similares: boas hipóteses; boas perguntas; contributos práticos ou teóricos para avanços em relação ao já tratado nas aulas; pesquisas relevantes; passagem de linguagem observacional para conceptual; interpretação; mudança de representação; modelização; abstração; avaliação crítica; contextualização; elucidação de situações em que um fenómeno ocorre; relacionamento e controlo de variáveis;

elucidação de limites de validade; validação; previsão; aprendizagem significativa; consciência da sua própria construção de conhecimento.

Tabela 2 – Categorias de análise preliminares.

Prefixos ou abreviaturas e seu significado: A_ – Aluno; P_ – Professor; CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente; RAE – Relação Água-Energia; PE – Prática Epistêmica.

Sigla	Descrição por extenso
A_Água	Aluno refere o conceito Água
A_CTSA	Aluno faz uma referência de tipo CTSA
A_Energia	Aluno refere o conceito Energia
A_PE Aluno realiza uma Prática Epistêmica	
A_RAE_Explícita	Aluno faz Relação Explícita entre os conceitos Água e Energia
A_RAE_Potencial	Aluno realiza ação verbal ou não verbal que, do ponto de vista do professor-investigador, tem potencialidades para, a partir dela, se explorar a temática da Relação entre os conceitos Água e Energia
A_Referente_Recurso	Aluno refere / efetua algo, fazendo Referência a um Recurso
A_Uso_Recurso	Aluno refere / efetua algo, com Uso operativo de um Recurso
P_Água	Professor refere o conceito Água
P_CTSA	Professor faz uma referência de tipo CTSA
P_Energia	Professor refere o conceito Energia
P_RAE_Explícita	Professor faz Relação Explícita entre os conceitos Água e Energia
—	—
P_Referente_Recurso	Professor refere / efetua algo, fazendo Referência a um Recurso
P_Uso_Recurso	Professor refere / efetua algo, com Uso operativo de um Recurso
Tarefa	Uma tarefa é iniciada e completada

Ora, ao refletir sobre este conceito de prática epistêmica e, e sobretudo ao começar a usá-lo, explorativamente, como categoria de análise das NM, tornou-se claro que estava a ocorrer uma inflexão nos caminhos do estudo, tratando de aspetos interessantes, era certo, mas desviando-o do seu âmbito e objetivos, da procura de contributos para o seu problema específico de investigação e das suas específicas questões de investigação.

Creio ser de interesse transcrever aqui uma parte de um documento de trabalho: uma mensagem de correio eletrónico que enviei. Transcrevo-o exatamente como foi enviado:

«[...] Desde início que o meu trabalho incidiu sobre os temas Água, Energia e suas relações, e sobre a forma como o Professor poderá melhor tratar estes temas em sala de aula, promovendo essas relações. Apesar de ir procurar relações feitas pelos Alunos, explícitas ou potenciais, julgo que o meu estudo é centrado mais no ensino e menos na aprendizagem. Não posso descurar a aprendizagem mas o que

quero é dar ferramentas ao Professor para que essas relações sejam mais bem tratadas em sala de aula. Ora, ao analisar práticas epistémicas, tenho a sensação de que estou a querer fazer outro trabalho... Para além de essa procura e categorização serem muito demoradas, parece-me que estou a descentralizar a minha atenção para a aprendizagem; parece-me outro tema, outra abordagem, outra investigação... Não estou mesmo a tentar fugir ao trabalho, apenas me parece que do ponto de vista de quem for ler a minha tese pode haver confusão sobre qual era mesmo a intenção inicial da minha investigação. Mais, até tenho receio de que essa procura possa tirar relevância aos temas que quero tratar, por serem poucas as PE, ou por não estarem associadas às Relações entre Água e Energia. Esta sensação ficou reforçada depois de analisar a primeira narração. Pareceu-me mais importante analisar se o Aluno abordava os temas (e as suas relações) quando usava o recurso, ou quando se referia ao recurso, e se referia situações exteriores ao ambiente de aula (CTSA). Senti mesmo que as PE estavam a “confundir” um bocadito as coisas; pareciam-me desligadas do tema central. Claro que a minha procura de PE não foi exaustiva, teve apenas carácter provisório para ver o que acontecia na análise. E o que aconteceu foi que senti que estavam mal encaixadas. [...]»

Neste estudo de investigação a aprendizagem está sempre presente e interessa sempre, mas ele não está focado nas qualidades e ou quantidades de aprendizagem e na sua avaliação. Está, sim, focado em situações físicas, tarefas, modelos, recursos e modelos físicos e virtuais; e em sugestões testadas em aula quanto à sua usabilidade, exequibilidade, motivação dos alunos, tempo requerido, recursos exigidos; e tudo isto para explorar em aula aquilo que é o objeto central do estudo, relações entre água e energia; e para sobre isso construir contributos para professores, oferecendo possibilidades e elucidando potencialidades para tratar tais relações.

Ficou claro que o presente estudo foca uma das vertentes dos processos de ensino e aprendizagem, um dos elementos da díade ensino-aprendizagem: este é um estudo focado no ensino. Este aspeto é também tratado, designadamente, no Capítulo 1 e a pp. 33.

E, assim, o elemento PE foi retirado da categorização.

O conceito de *Tarefa*, referido na última linha da Tabela 2, desempenha um papel importante neste estudo, quer em termos didáticos quer no que respeita à estrutura das NM: ver, e.g., QP2 (p. 26), QI2 (p. 27), referência a trabalho de Lopes, Cravino & Silva (2010) (p. 50), RP2 (p. 121) e secção 3.5. Sublinho que nesta secção se elucidava que a unidade de base de uma NM é o episódio e que este corresponde à realização de uma tarefa. Nas NM, após o seu tratamento analítico, as tarefas estão assinaladas: ver, e.g., Anexo 1. As tarefas estão também presentes

nos quadros com resultados das análises, pois cada tarefa corresponde a um episódio: ver, e.g., Anexo 4 (matriz de ocorrências).

Adianta-se ainda que, como elucidado adiante nesta secção (na p. 87) tal elemento não viria a constituir-se como unidade de análise por se ter optado por uma unidade de tipo mais fino, mais micro.

Relativamente à Tabela 2 falta referir os elementos *Explícita* e *Potencial*, adjetivos aplicados às Relações efetuadas entre água e energia.

Começo por referir dois aspetos:

- As reflexões e opções neste estudo realizadas sobre o par Explícita-Potencial intersejou-se com as relativas ao conceito de Conceito. Mas a escrita seria difícil, e certamente resultaria confusa se, seguindo mais de perto o modo como se desenvolveram os trabalhos, apresentasse aqui as duas reflexões em conjunto. Por isso — apenas para efeitos de exposição — as apresento de um modo essencialmente sequencial: primeiro o par Explícita-Potencial; e depois o conceito de Conceito.
- Antes de utilizar o par Explícita-Potencial, utilizei outro, numa parte do estudo “mais preliminar ainda”: o par “Explícita – *Implícita*”. Isso aconteceu naturalmente: se ia considerar umas relações como explícitas, quase sem pensar — ou pelo menos assim pareceu na altura— emergiu que as outras, que a elas se contrapunham, seriam implícitas. Pareceu óbvio. E no entanto tal escolha, aparentemente natural e óbvia, escondia uma dificuldade de monta — que só emergiu ao utilizá-la na análise da NM. É com este aspeto que prossigo.

A dificuldade com o par “Explícita – *Implícita*” era a seguinte: poderia ter-se segurança ao considerar que algo estava implícito numa ação (verbal ou não verbal) de um aluno? E, claro, a resposta foi negativa. De facto, não era possível garantir que algo não dito ou feito estava presente na mente, nos gestos, na intencionalidade de um aluno. Poderia conjecturar-se sensatamente, supor-se com razoabilidade, argumentar com profundidade, mas garantir não. Considerar que existia algo implícito era um juízo subjetivo sobre outrem, e em alguns casos específicos da análise das NM, casos havia em que sentia o risco de pisar os terrenos da arbitrariedade. E isso não podia ser. O próprio conceito de implícito contém em si mesmo

algo de difuso, de dificilmente parametrizável, de acesso difícil por meio de critérios. E isso não constituía boa base para uma categorização.

Mas haveria só relações explícitas e “as outras”, as não explícitas? Ao analisar as NM (e também ao recordar as aulas vividas) sentia-se que não. Entre as não explícitas havia graus. Havia as puramente não explícitas, digamos, as não-relações, ou melhor, havia passagens das NM em que não ocorriam relações e que não constituíam pontos de ancoragem para efetuar relações. Mas havia também passagens sem relações mas que continham em si mesmas potencialidades para explorar relações: bastava que o professor as detetasse e, partindo delas e pouco acrescentando, logo faria emergir relações explícitas. Foi a estas que se deu a designação de potenciais. Considerar que ocorre a potencialidade de estabelecer uma relação não constitui um juízo subjetivo sobre outrem: é um juízo de natureza didática e científica de um professor. E esse juízo pode ser fundamentado em termos didáticos e científicos. Um professor, um professor-investigador no caso deste estudo, pode discernir que num evento letivo ocorre algo em que é possível radicar um determinado tipo de exploração e aprofundamento. E se o fundamentar e partilhar, pode oferecer um contributo. Este consiste precisamente em apontar, e em descrever com profundidade e sustentação, algo que pode ser útil para outros profissionais, algo que outros profissionais podem utilizar. No caso deste estudo, tal tipo de contributo consiste em disponibilizar eventos / situações com potencialidades didáticas para o aprofundamento das relações entre água e energia.

Depois de clarificar estes aspetos e de se efetuar uma revisão da análise das NM verificou-se que havia um problema adicional que tinha sido sentido nas análises feitas mas que então não emergiu de modo suficientemente claro e menos ainda de modo a apontar para outros caminhos: na ausência do elemento categorial “potencial”, algumas passagens que não se coadunavam com o elemento “implícita” tendiam a ser qualificadas com o elemento “explícita”. Havia aqui um “forçar” mal sustentado, uma distorção de facto. Claro que a intenção não era distorcer. Constituía uma resposta operativa a reflexões hesitantes do tipo: “Bom, não se pode garantir que seja implícita; mas também não se pode dizer que nada interessa para a relação; por isso, é como se fosse explícita”. Isto, ênfase, acontecia só em algumas passagens, poucas. Mas acontecia, e causava desconforto e insegurança ao mesmo tempo que se afirmava a convicção de que algo tinha que ser feito para melhorar a categorização e a análise. A substituição do elemento “implícito” pelo “potencial” constitui contributo decisivo para tal melhoria.

Apresento a seguir, como ilustração, a transcrição de uma parte de uma NM na qual antes eu considerava como contendo uma relação explícita e que depois passei a considerar como contendo uma relação potencial.

«Professor: Não... Quer dizer.... Interessa porque há mais bloco imerso! Só que sabes que o mínimo continua [a ocorrer quando essa parte do bloco é metade da altura total]. Experimentem mexer na densidade a ver o que é que acontece. Até podem pensar naquela primeira simulação que fizemos, da madeira e do tijolo... podem experimentar por um bloco mais denso do que o fluido. O que é que acontece se atirar uma pedra para a água?»

Aluno: Ela vai ao fundo.

Professor: Há um mínimo?

Aluno: Não...

Professor: Quando é que há um mínimo?

Aluno: Quando a pedra chega ao fundo.

Professor: Sim, mas não é aquele mínimo que nos interessa, não é um mínimo em que a água segura a pedra. Isso não existe. [que é um mínimo obtido pela interação das forças de impulsão e do peso do corpo]. Experimentem.»

Nesta passagem a palavra água aparece, embora de modo fugaz. A palavra energia não aparece, mas está obviamente implícita: ao falar de mínimo, é a energia (energia potencial gravítica, no caso) que está a ser qualificada. Está também implícito que são as energias da água e da pedra que estão em jogo. Nas primeiras análises considerei que esta passagem configurava uma relação explícita (“era *como se fosse explícita*”). Depois passei a considerar que havia uma relação potencial. E a justificação para essa potencialidade é simples: se um aluno diz que há um mínimo (de energia) quando a pedra lançada (na água) chega a determinado sítio (ao fundo, no caso), então aqui um professor pode a partir daqui explorar explicitamente relações entre água e energia (barco a navegar, albufeira de barragem de central elétrica, etc.).

E, assim, o par de elementos que passou a ser considerado foi explícito – potencial. Na análise das NM, em cada evento (termo a elucidar adiante nesta secção) considerava-se que existia ou uma relação explícita, ou uma relação potencial, ou nenhuma das duas. Em termos operativos, e tomando como referência auxiliar a Tabela 1, em cada evento considerava-se que a categoria Relação explícita tinha o valor 1 ou 0; e o mesmo para a Relação potencial.

A especificação das categorias relativas ao par explícito-potencial foi sucessivamente refinada. Apresento a sua formulação final, aquela com que foram efetuadas as análises finais que são apresentadas e discutidas neste documento:

- Quanto ao que considero Relações *Explícitas* – Casos em que *o aluno ou o professor* estabelecem uma ligação entre uma componente de um dos conceitos (água e energia) e uma componente do outro. Tal ligação que tem que incluir (Toulmin, 1977), não apenas a componente *representação simbólica* — palavras, equações, ... —, mas também a componente *uso* — explicitação do contexto e/ou o modelo físico ou virtual referente, e/ou situação do dia-a-dia referente, e/ou uma tarefa que está a ser realizada, e/ou um aplicação noutra contexto.
- Quanto ao que considero Relações *Potenciais* – Casos em que *o aluno* não efetua a relação, não exhibe uma compreensão concetual ou capacidade de uso, mas convoca, refere, núcleos da trama concetual da água e outras partes da trama concetual da energia, numa determinada expressão verbal ou numa determinada ação experimental, de tal modo que fique claro que existe para o professor a oportunidade de intervir para dar um sentido relacional a essas duas tramas que o aluno está a referir.
 - Isto será considerado um contributo deste estudo porque dá a outros professores indicações testadas e vividas de situações físicas, modelos e tarefas que podem ser utilizadas para aprofundar o relacionamento entre água e energia, que é aquilo de que trata este estudo. O aluno não relacionou explicitamente mas ocorreu uma oportunidade para o professor com a sua mediação baseando-se naquilo que o aluno disse ou fez, avançar na compreensão concetual promovendo o relacionamento que o professor sabe que existe.
 - Para o professor, *não* considero relações potenciais. Neste estudo o professor-investigador tenciona promover relações, e isso está transversalmente presente em todas as suas atividades letivas e investigativas. Seria simultaneamente redundante e passível de má interpretação referir que uma dada ação (verbal ou não verbal) do professor (deste professor-investigador neste estudo) constituía uma potencialidade para explorar relações entre água e energia. Assim, na Tabela 2 a categoria A_RAE_Potencial (Aluno realiza ação verbal ou não verbal que, do ponto de vista do professor-investigador, tem *potencialidades* para, a partir dela, se explorar a temática da Relação entre os conceitos Água e Energia), não tem correspondência na parte referente ao Professor. As duas linhas respetivas estão na tabela marcadas a sombreado para realçar essa assimetria.

A dada altura do estudo, pareceu que se dispunha já de uma boa elucidação de todos os elementos e de todas as categorias constantes da Tabela 2.

Mas ao continuar com as análises preliminares baseadas nestas categorias levantaram-se interrogações que podem sintetizar-se nas seguintes: O que é referir o conceito Água ou o conceito Energia? Como se especifica /define / descreve cada um destes conceitos? A ocorrência de uma das palavras, Água ou Energia, significa necessariamente que o conceito respetivo está a ser evocado / invocado / referido / utilizado?

Daqui decorriam outras questões ainda mais complexas e que se intersetavam com o acima referido sobre os elementos Explícita e Implícita: O que é relacionar Água e Energia? Em que consiste o conceito de Relação? O que é evocar / invocar / referir / utilizar esse conceito?

Tinha por sabido que um conceito não é apenas uma palavra. E, assim, a ocorrência de uma palavra não é garantia de que o conceito esteja suficientemente presente (Toulmin, 1977), de que ele esteja presente com um grau de complexidade e de completude semântica que permita inferir que o aluno ou o professor estejam mesmo a utilizar o conceito de um modo significativo, isto é, com um grau de amplidão, de compreensão e de aplicação intencional tal, que possa dizer-se que, do ponto de vista do ensino e/ou da aprendizagem, o conceito está presente e a ser utilizado. E mais ainda: ao proferir a palavra, e mesmo admitindo que tal é efetuado com reflexão aprofundada e com boa compreensão do seu campo semântico, está a utilizar-se o conceito ou apenas a dizer-se o conceito? E, no limite: ao proferir a palavra está a utilizar-se o conceito ou apenas a dizer-se uma palavra desgarrada, que por exemplo foi “energia” como poderia ter sido “força”, ou que foi “calor” sem efetuar relação com transferência de energia.

Ocorreu então mais uma parte crítica no presente estudo, um processo intermédio de longa reflexão. Como se verá, a descrição deste processo consiste, em parte, na explicitação de um conjunto de opções que se decidiu não operacionalizar. Mas na investigação (e não só), as decisões sobre o que não considerar são tão importantes como as decisões sobre o que considerar, estando ambas estreitamente relacionadas: focar uma zona do campo de estudo implica em geral desfocar ou deixar fora do campo de visão zonas adjacentes. Assim, ao longo das próximas páginas — aproximadamente até à página 85 — exponho um conjunto de reflexões que, para efeitos operativos neste estudo, foram em parte abandonadas; e faço referência a um modo de construir categorias de análise que, em parte, não foi utilizado. Mas

fazê-lo é importante por dois motivos: porque foram aquelas reflexões, assim como o abandono de um certo modo de construir categorias que permitiram encontrar os modos alternativos de operar que foram utilizados neste estudo; e porque tal é importante para caracterizar como o estudo foi desenvolvido, a sua estória, e o que ele é e não é. E recordo que estes motivos e a opção de apresentar as páginas que se seguem estão em consonância com o referido, designadamente, nas páginas 25 e 30 (assim como no Capítulo 5).

Como escrevi acima, tinha por sabido que um conceito não é apenas uma palavra. Um conceito, segundo vários autores, entre os quais Toulmin (1977), tem duas vertentes: representação simbólica (linguagem natural e outras) e uso. Escreve Toulmin: para fazermos adequada justiça à complexidade dos conceitos científicos, devemos distinguir três aspetos, ou elementos, relativos ao uso de tais conceitos: nomeadamente, (i) a linguagem, (ii) as técnicas de representação e (iii) os procedimentos de aplicação da ciência. Assim, um conceito é constituído por representações simbólicas — linguagem natural; e outros simbolismos, como equações e outros formalismos matemáticos, representações gráficas, taxinomia e programas de computador — e, simultaneamente, pela especificação de modos de uso, procedimentos de aplicação, e âmbitos e contextos de validade. Assim, usar um Conceito exige conhecimento conceptual, mas também competências: saberes a nível de representação linguística e outras; aptidão para definir âmbitos e limites de aplicação; capacidade de uso, teste e experimentação. Toulmin propõe um epigrama: um Conceito é uma microinstituição intelectual, e a aprendizagem de um Conceito é comparável à iniciação numa instituição social.

Portanto, um conceito é bem mais que uma palavra; e usar um conceito é bem mais que dizê-la. E assim, a ocorrência de uma palavra numa NM, por si só, está longe de significar necessariamente que foi feita uma referência a um conceito e mais longe ainda de significar necessariamente que foi usado um conceito. Ora, na Tabela 2 há categorias como “A_Água” (Aluno refere o *conceito* Água); e nenhuma categoria explicita o *uso* de um conceito.

O passo que se seguiu no processo de elaborar as categorias de análise foi precisamente o de procurar que estas incorporassem as duas referidas componentes de um conceito (representação simbólica e uso), para subsequente e nova análise tentativa das NM tendo em conta esta evolução.

E, antes de dar aquele passo, era necessário prepará-lo: especificar bem os conceitos de Água e de Energia, com base na referida visão epistemológica de Toulmin. Ou seja, era necessário

especificar cada um em termos de *representação simbólica* (linguagem natural e outros simbolismos) e de *uso* (e.g., procedimentos de aplicação, âmbitos e contextos de validade).

Tabela 3 – Alguns descritores ilustrativos de cada componente dos conceitos Água e Energia.

Água		Energia	
Representação simbólica	Uso	Representação simbólica	Uso
H ₂ O Representações gráficas e 3D da molécula Equações de reações químicas (hidrólise, libertação de calor quando o H e O se juntam...), Capacidade térmica mássica, etc. Comunicação/partilha de expressões com significado utilizando representações simbólicas, escrevendo, desenhando, ... Comunicação/partilha sobre as próprias representações simbólicas (metalinguagem, modelos, ...). ...	Substância comum mas com propriedades extraordinárias (polar/bom solvente, aumenta de volume quando passa de líquido a sólido). Distribuição de água, transportes (flutuação), energia hídrica, nuclear, termoelétrica; Corpo humano, urina, rins, suor, ... Aquele líquido que se usa no dia-a-dia (água do mar, água doce, chuva, cozinha, beber, tomar banho, lavar o carro,...). ...	$\Delta E = W + Q + R$; $E = U \cdot I \cdot \Delta t$; Expressões sobre Entropia, Entalpia em transição de fase, etc. Princípio de conservação. Vários termos: energia, transferência de energia, trabalho, calor, radiação, potencial, cinética, livre, entalpia, química, nuclear, elétrica, ... Comunicação/partilha de expressões com significado utilizando representações simbólicas, escrevendo, desenhando, ... Comunicação/partilha sobre as próprias representações simbólicas (metalinguagem, modelos, ...). ...	Energia solar (radiação) que passa a energia elétrica; energia fotovoltaica, eólica, ... Transportes. Identificação de novas partículas subatômicas; Alimentação, saúde, ... Distribuição de água Degradação da energia que permite realizar trabalho (calor numa lâmpada, atrito, ...). ...

Não se procuraria fazê-lo de modo exaustivo e completo, até porque tal seria praticamente impossível. Mas seria necessário fazê-lo com um adequado nível de completude, para que as especificações fossem operacionalmente úteis na análise das NM. É certo que havia uma sensação algo desconfortável, como se houvesse o risco de o terreno nos fugir debaixo dos pés, de nos desviarmos e nos perdermos, de o estudo de doutoramento divergir para campos múltiplos incluindo a epistemologia e a linguística, de ficar desfocado, de implicar estudo adicional sobre diversos domínios do conhecimento; e o risco de tal divergência e desfocagem (e pouca competência minha) tornar difícil um retorno não demasiado demorado aos campos e à focagem onde já começava a mover-me com alguma confiança. Mas era necessário dar este passo, ao menos tentar, pelo menos até onde fosse estritamente necessário. Prefigurava-se que, sem isso, se ficaria num impasse.

Na Tabela 3 apresenta-se, sem pretensão de completude, um conjunto de descritores ilustrativos das duas componentes de dois conceitos: Água e Energia.

Foram efetuadas análises parciais das NM utilizando este tipo de categorização. Mas persistiam algumas dificuldades: apesar de estarem mais claros os conceitos de Água e de Energia, continuava pouco claro o que se entendia por *uso* de um conceito. Havia situações em que, dos pontos de vista semântico e didático, se podia dizer que o conceito estava lá, e estava a ser usado; mas tal uso não cabia na tipificação expressa pelos descritores da Tabela 3.

Tornou-se assim patente que se estava demasiado preso a uma certa especificação epistemológica sobre o que é um conceito; ou que se estava a considerar tal especificação de um modo demasiado rígido e/ou simplista. Mas prosseguir o estudo pela via da elucidação destes aspetos epistemológicos e linguísticos (para além de físicos e tecnológicos) era um risco. Foi preciso refletir e assumir pragmaticamente e com clareza que esta investigação não é sobre o conceito de conceito, mas sim sobre o ensino e a aprendizagem de conceitos, e portanto sobre a sua utilização em contextos de ensino e de aprendizagem. Este “ponto de ordem” foi útil. A palavra “utilização” na frase acima, (e nas reflexões associadas e aqui resumidas), isto é, a formulação, nela implícita, “utilização de conceitos em contextos de ensino e de aprendizagem”, ajudou a compreender a dificuldade. Esclareceu-se e assumiu-se o seguinte:

- É importante estabelecer o que entendemos por conceito, e em particular por conceitos específicos como Água e Energia. Para o professor-investigador isto é muito importante para organizar as ideias e o trabalho.
- Mas o professor-investigador também tem que ter em atenção que, quando se utiliza um conceito, não têm que estar presentes todas as suas componentes, simultaneamente e explícitas.
- O uso de uma palavra associada a um conceito ou de uma outra representação simbólica desse conceito pode considerar-se um uso do conceito — mesmo que não seja um uso experimental, prático, mas um uso concetual, uma unidade de pensamento, um argumento.
- Continuar a considerar os tipos de uso referidos na Tabela 3, que são do tipo “mãos-na-massa” / “hands-on” em diferentes âmbitos e contextos: científico, tecnológico, experimental, do quotidiano. Mas considerar *também* outros tipos de uso, de tipo

“mental” / “minds-on” / proposicional: a construção e utilização / partilha de expressões simbólicas com significado.

- Considerar que um uso de tipo proposicional tem significado se e só se for acompanhado: *ou* de usos de tipo “mãos-na-massa”; *ou* de *referência a usos* desse tipo.
- Deixar de considerar para efeitos de análise as ocorrências de representação simbólica de per si. Isto é, a mera ocorrência de uma representação simbólica, de per si, não é assinalada na análise de uma NM como correspondendo a uma ocorrência concetual assinalada na categoria correspondente.
- Não considerar que existe relação entre conceitos se apenas houver correspondência entre representações simbólicas, e.g., palavras que nomeiam os conceitos.

Conseguiu-se assim uma formulação sólida que parecia adequadamente profunda e sólida, o que ficava para verificar com a reformulação consequente das categorias e a utilização destas em novas análises das NM.

Sintetizando e concretizando, são os seguintes os aspetos chave que levaram a reformular as categorias e a refazer a análise das NM:

- Não considerar para efeitos de análise as ocorrências de representação simbólica de per si, em particular não considerando que ocorre relação entre Água e Energia se num evento apenas houver coexistência daquelas palavras.
- Alargar o conceito de uso de um conceito. Passou a considerar-se que um conceito era usado se (e só se) ocorria uma evocação / invocação / ação (verbal ou não verbal) de um conceito:
 - Ou usando um recurso
 - Ou referindo um recurso
 - Ou efetuando relações com contextos CTSA.

Em termos operacionais, a reformulação da análise das NM em termos das novas categorias foi relativamente simples. Isso deveu-se a dois fatores. O primeiro, consiste em que, embora tenha havido alterações de fundo nas categorias, mantiveram-se no essencial os elementos

categoriais de base. O segundo fator tem a ver com as potencialidades do aplicativo NVivo 10 (da empresa QSR), que desde o início se utilizou para registo e análise das narrações.

Após a reformulação as categorias passaram a ser as referidas na Tabela 4.

Tabela 4 – Categorias utilizadas na análise das NM. Não se descrevem por extenso todas as categorias por questões de espaço e também porque a descrição de apenas algumas delas, em conjunto com a Tabela 2, permite facilmente conhecer a descrição por extenso de todas. Eis a descrição das primeiras três categorias:

Água_Aluno_CTSA – Água é referida por Aluno com referência a contexto CTSA

Água_Aluno_Referente_Recurso – Água é referida por Aluno com referência a um Recurso

Água_Aluno_Uso_Recurso – Água é referida por Aluno usando um Recurso

A primeira categoria desta tabela corresponde à interseção das primeiras duas da Tabela 2.

Categorias reformuladas - Siglas
Água_Aluno_CTSA
Água_Aluno_Referente_Recurso
Água_Aluno_Uso_Recurso
Água_Professor_CTSA
Água_Professor_Referente_Recurso
Água_Professor_Uso_Recurso
Energia_Aluno_CTSA
Energia_Aluno_Referente_Recurso
Energia_Aluno_Uso_Recurso
Energia_Professor_CTSA
Energia_Professor_Referente_Recurso
Energia_Professor_Uso_Recurso
RAE_Explícita_Aluno_CTSA
RAE_Explícita_Aluno_Ref_Recurso
RAE_Explícita_Aluno_Uso_Recurso
RAE_Explícita_Professor_CTSA
RAE_Explícita_Professor_Ref_Recurso
RAE_Explícita_Professor_Uso_Recurso
RAE_Potencial_Aluno_CTSA
RAE_Potencial_Aluno_Ref_Recurso
RAE_Potencial_Aluno_Uso_Recurso

A reformulação foi pois efetuada por intermédio de consultas à base de dados que tinha já sido constituída no NVivo. As interseções de categorias passaram a ser as categorias do estudo a utilizar nas análises posteriores dos dados. Mas as próprias consultas efetuadas forneciam já a marcação das zonas de interseção pretendidas, obtendo-se assim, não apenas as novas categorias, mas também a nova categorização das NM.

Para análise dos dados era necessário não só estabelecer categorias, como foi referido acima, como também definir qual unidade de análise das narrações multimodais. Apresento na Tabela 5 um esquema simplificado, considerando apenas 3 categorias de análise, dois episódios, e que cada um deles tem 5 unidades de análise.

Para este efeito e para o cálculo de correlações, utilizou-se o *Microsoft Excel*.

Tabela 5 – Tipo de tabela usada para registo das contagens de ocorrências das categorias de análise (descritas nas colunas) em cada unidade de análise (descritas nas linhas).

		Categoria A	Categoria B	Categoria C
Episódio 1	Unidade de análise 1			
	Unidade de análise 2			
	Unidade de análise 3			
	Unidade de análise 4			
	Unidade de análise 5			
Episódio 2	Unidade de análise 6			
	Unidade de análise 7			
	Unidade de análise 8			
	Unidade de análise 9			
	Unidade de análise 10			

Ao analisar as narrações usam-se tabelas como a anterior, colocando-se em cada célula o valor 1 ou 0, conforme existe ou não ocorrência (de uma categoria numa unidade de análise). A unidade de análise escolhida foi de tipo micro. Corresponde a um *evento*. Considera-se a existência de um *evento* quando ocorre pelo menos umas das categorias de análise. Ao analisar as narrações, percorria a narração e considerava que havia uma mudança de *evento*, quando havia a ocorrência de uma nova categoria, ou quando uma categoria deixava de ocorrer. Nesta marcação, a ferramenta NVivo é extremamente útil, como se pode ver na Figura 2 (e com mais detalhe nos anexos), uma vez que marca à direita da narração a ocorrência de cada categoria com barras verticais coloridas. Assim, o preenchimento com os valores 1 e 0 das tabelas de análise, como a que está esquematizada na Tabela 5, foi feito do seguinte modo: percorria a mancha da narração já tratada pelo NVivo (com as referidas barras coloridas à direita) e considerava que havia uma mudança para outro *evento* sempre que havia uma alteração nas ocorrências das categorias (aparecimento ou desaparecimento de pelo menos uma das barras coloridas).

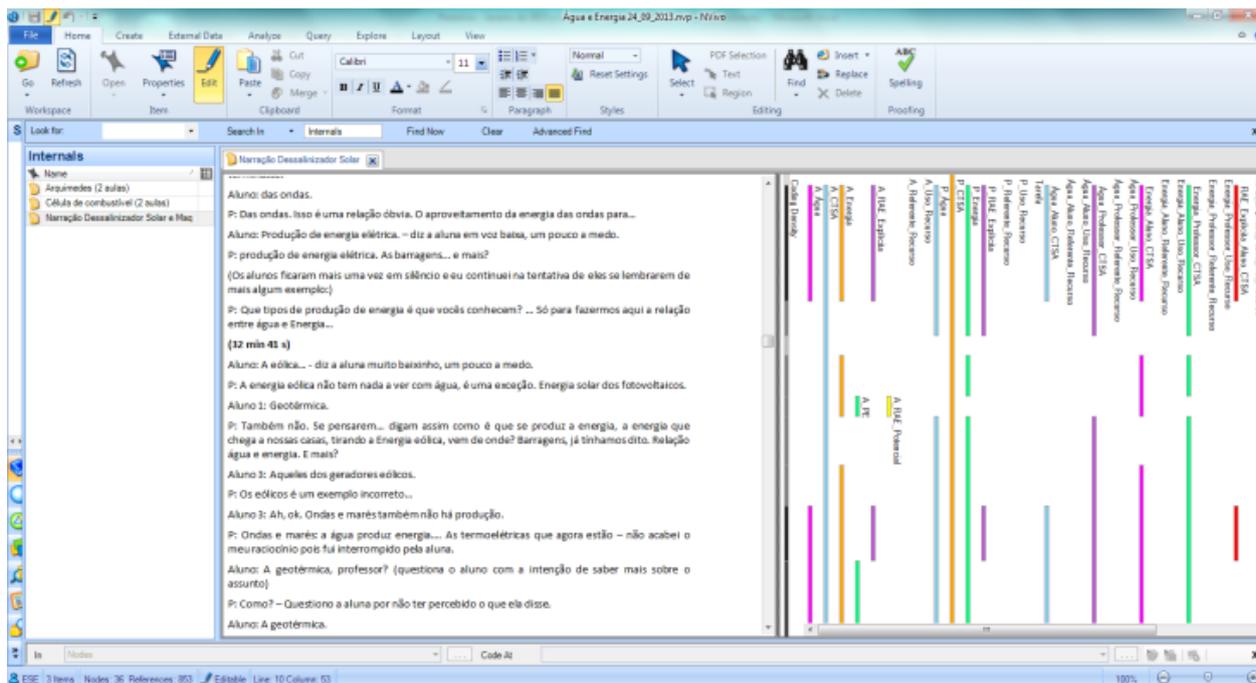


Figura 2 – Cópia de ecrã de uma narração multimodal em análise no software NVivo 10. Podem ser vistos os documentos das narrações (esquerda) a narração em análise (meio) e as categorias usadas (direita), resultantes da interseção das categorias primitivas.

Não se escolheu uma unidade de análise maior, por exemplo um Episódio, por se verificar que a informação não era relevante por dois motivos:

- Perdiam-se os detalhes dos *eventos*;
- Verificou-se que a agregação em Episódios (constituindo estes uma macro unidade de análise) conduzia a correlações entre as categorias praticamente todas próximas de 1. Desenvolvo este aspeto a seguir.

Considerando os episódios como unidade de análise acontecia que os números de ocorrências das categorias obtidos para cada episódio eram tais que, ao fazer a correlação entre as colunas (categorias de análise) os valores obtidos eram todos próximos de 1. Na página seguinte ilustra-se com parte dos resultados obtidos.

Tabela 6 – Contagem de ocorrências das categorias de análise (descritas nas colunas), considerando o Episódio na Narração Multimodal como unidade de análise.

	Água Aluno CTSA	Água Aluno Ref. Recurso	Água Aluno Uso Recurso	Água Prof. CTSA	Água Prof. Ref. Recurso	Água Prof. Uso Recurso	Energia Aluno CTSA	Energia Aluno Ref. Recurso	Energia Aluno Uso Recurso	Energia Prof. CTSA	Energia Prof. Ref. Recurso	Energia Prof. Uso Recurso	RAE Explícita Aluno CTSA	RAE Explícita Aluno Ref. Recurso	RAE Explícita Aluno Uso Recurso	RAE Potencial Aluno CTSA	RAE Potencial Aluno Ref. Recurso	RAE Potencial Aluno Uso Recurso	RAE Professor CTSA	RAE Professor Ref. Recurso	RAE Professor Uso Recurso
E 1	1	0	0	1	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
E 2	14	0	0	15	2	0	2	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0	0	1	0	0
E 3	1	0	0	2	0	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
E 4	10	0	0	13	0	0	14	0	0	19	0	0	7	0	0	1	0	0	9	0	0
E 5	0	3	2	0	6	3	0	5	2	1	5	2	0	3	0	0	0	2	1	6	1
E 6	50	12	29	49	26	21	18	6	10	22	11	12	12	2	4	21	9	18	17	6	8
E 7	7	0	2	13	1	0	1	0	1	7	3	0	1	0	0	4	0	3	7	0	0

Tabela 7 – Correlações entre as categorias de análise, considerando o Episódio na Narração Multimodal como unidade de análise.

	Água Aluno CTSA	Água Aluno Ref. Recurso	Água Aluno Uso Recurso	Água Prof. CTSA	Água Prof. Ref. Recurso	Água Prof. Uso Recurso	Energia Aluno CTSA	Energia Aluno Ref. Recurso	Energia Aluno Uso Recurso	Energia Prof. CTSA	Energia Prof. Ref. Recurso	Energia Prof. Uso Recurso	RAE Explícita Aluno CTSA	RAE Explícita Aluno Ref. Recurso	RAE Explícita Aluno Uso Recurso	RAE Potencial Aluno CTSA	RAE Potencial Aluno Ref. Recurso	RAE Potencial Aluno Uso Recurso	RAE Professor CTSA	RAE Professor Ref. Recurso	RAE Professor Uso Recurso	
Água Aluno CTSA	1,00																					
Água Aluno Ref. Recurso	0,89	1,00																				
Água Aluno Uso Recurso	0,94	0,98	1,00																			
Água Prof. CTSA	0,99	0,85	0,92	1,00																		
Água Prof. Ref. Recurso	0,89	0,99	0,98	0,85	1,00																	
Água Prof. Uso Recurso	0,92	0,99	0,99	0,89	0,99	1,00																
Energia Aluno CTSA	0,80	0,68	0,72	0,81	0,64	0,71	1,00															
Energia Aluno Ref. Recurso	0,59	0,87	0,76	0,54	0,83	0,81	0,40	1,00														
Energia Aluno Uso Recurso	0,91	0,99	0,99	0,88	0,98	0,99	0,68	0,83	1,00													
Energia Prof. CTSA	0,76	0,61	0,67	0,79	0,55	0,65	0,97	0,32	0,63	1,00												
Energia Prof. Ref. Recurso	0,74	0,93	0,90	0,71	0,94	0,91	0,46	0,88	0,94	0,41	1,00											
Energia Prof. Uso Recurso	0,92	1,00	0,99	0,88	0,99	1,00	0,71	0,83	0,99	0,64	0,92	1,00										
RAE Explícita Aluno CTSA	0,89	0,78	0,83	0,89	0,76	0,82	0,98	0,51	0,79	0,95	0,62	0,81	1,00									
RAE Explícita Aluno Ref. Recurso	0,31	0,66	0,50	0,25	0,60	0,58	0,16	0,94	0,61	0,08	0,71	0,59	0,26	1,00								
RAE Explícita Aluno Uso Recurso	0,95	0,97	1,00	0,93	0,97	0,99	0,75	0,72	0,98	0,69	0,87	0,99	0,85	0,45	1,00							
RAE Potencial Aluno CTSA	0,98	0,92	0,97	0,98	0,93	0,95	0,72	0,64	0,95	0,68	0,82	0,94	0,83	0,36	0,97	1,00						
RAE Potencial Aluno Ref. Recurso	0,95	0,97	1,00	0,93	0,97	0,99	0,75	0,72	0,98	0,69	0,87	0,99	0,85	0,45	1,00	0,97	1,00					
RAE Potencial Aluno Uso Recurso	0,93	0,97	0,99	0,91	0,97	0,98	0,69	0,77	0,99	0,66	0,92	0,98	0,81	0,52	0,98	0,97	0,98	1,00				
RAE Professor CTSA	0,87	0,77	0,84	0,90	0,73	0,80	0,90	0,49	0,81	0,93	0,66	0,80	0,94	0,23	0,84	0,85	0,84	0,85	1,00			
RAE Professor Ref. Recurso	0,45	0,79	0,66	0,38	0,78	0,72	0,26	0,96	0,74	0,15	0,86	0,74	0,38	0,94	0,62	0,51	0,62	0,66	0,32	1,00		
RAE Professor Uso Recurso	0,93	0,99	1,00	0,90	0,99	1,00	0,72	0,80	0,99	0,65	0,91	1,00	0,82	0,56	0,99	0,95	0,99	0,99	0,81	0,71	1,00	

Na Tabela 6 estão as contagens de ocorrências para cada episódio. Atente-se por exemplo nas colunas (categorias) *Energia Prof. Uso Recurso* e *Água Prof. Uso Recurso*: verifica-se que ao longo dos episódios os números variam de modo consistente, isto é, aumentam ou diminuem de modos semelhantes, e têm valores semelhantes, da mesma ordem de grandeza. Naturalmente, isto vai conduzir a uma correlação muito elevada; pode ver-se na Tabela 7 que, neste caso, o valor é mesmo 1,00. Atente-se agora nas colunas (categorias) *Água Aluno CTSA* e *Água Professor CTSA*, da tabela de cima. Acontece algo de semelhante, correspondendo a uma correlação com valor 0,99 como se pode ver na Tabela 7.

Acresce que, embora havendo casos em que o valor é menor, esses correspondem a correlações com menor significado estatístico. Este aspeto será desenvolvido mais à frente, mas desde já se elucida que na tabela de baixo são as células com moldura vermelha que têm maior significado estatístico, mais concretamente um valor de $p < 0,001$. Este foi o valor de p (a probabilidade de ocorrência por mero acaso) que se considerou como critério de escolha para os casos a discutir mais aprofundadamente neste documento. Este valor foi escolhido com base em dois critérios: destacar os casos com maior significado estatístico, e, simultaneamente, não tornar o número de casos a aprofundar tão grande que fosse inviável tratá-los e incluí-los neste texto. Pontualmente este critério poderá ser flexibilizado em casos especiais de interesse.

Assim, como se disse acima, esta agregação que corresponderia a tomar como unidade de análise o Episódio, não foi considerada suficientemente adequada e rica, tendo-se pois mantido como unidade de análise deste estudo o *evento*.

Vimos nesta primeira parte da secção como se chegou às categorias e unidades de análise, tendo sido feita referência a correlações e a significado estatístico. Como é frequente, utilizaram-se as correlações de Pearson, tendo-se optado pelo grau de confiança estatístico 99,9% ($p < 0,001$).

Neste estudo, para além da análise estatística nos termos acabados de referir (correlações e significado estatístico), efetuou-se também uma análise também com fundamento estatístico, mas de outro tipo. Refiro-me à utilização de outro tipo de distâncias, à formação de grupos e à sua representação em dendrogramas. Para isso utilizou-se o programa *Statistica* (da empresa *StatSoft*). Para critérios de formação de grupos optou-se pelo método de Ward e pela “percentagem de desacordo” (*percent disagreement*). Este segundo tipo de análise que conduz aos dendrogramas permite uma visualização rica e simples dos resultados em forma gráfica.

Note-se que a correlação, por definição, trata as categorias duas a duas; e o seu valor é uma maneira de medir a distância estatística entre essas duas categorias. É esta medida que é central no presente estudo, pois ele trata precisamente de indagar sobre este tipo de relações, designadamente entre categorias que envolvam o tema Água e categorias que envolvam o tema Energia.

No Capítulo 7 apresentam-se os resultados para cada uma das narrações em termos de correlações (e seu significado estatístico) e de dendrogramas.

Neste estudo foram efetuadas recolhas e análises de dados mesmo antes de se iniciar o trabalho no terreno: as referidas no Capítulo 4. A análise de conteúdo de documentos e dos resultados da aplicação de um Inquérito a professores desempenharam um papel chave na consolidação do Problema de Investigação e na sustentação da relevância do estudo.

E, se a recolha e análise de dados começou nos primórdios do estudo — começou mesmo antes do início do trabalho no terreno e foi realizado em paralelo com as primeiras fases deste — aconteceu também que as respostas a algumas das questões de investigação — as Questões preliminares referidas no Capítulo 1 — foram também encontradas antes do início do trabalho no terreno.

Pela sua importância, retomo e desenvolvo um aspeto já referido na secção 1.3. Teria sido possível torcer um pouco, moldar, a escrita, de modo a plasmar neste documento de tese o conteúdo do estudo de um modo mais linear, mas optou-se por uma abordagem algo diferente. Assumo que o “modo de escrita / partilha / divulgação / exposição à crítica” da investigação é distinto do “modo de trabalho / de produção” e que a descrição deste não tem que seguir detalhadamente aquele ou dele ser isomórfico. Mas é bem sabido que este segundo modo é bem complexo, ziguezagueante, tentativo, dialético do que as linhas retas e esquemas sequenciais com os quais ele é frequentemente representado. E, se assim é, assumo que a sua descrição não tem obrigatoriamente que pautar-se pelas linhas e esquemas com os quais habitualmente se representa o primeiro modo: este é também complexo em si mesmo; e, se embora não tenha que moldar-se à justa ao segundo, não há razão para não se aproximar dele

90 / 226

tanto quanto possível, tanto quanto o permitir a necessidade de clareza e as restrições impostas pela escrita em papel, que é essencialmente sequencial.

E assim, antes da descrição do estudo no terreno, segue-se um capítulo de sustentação do Problema de Investigação e um com as respostas às Questões Preliminares de Investigação.

4 SUSTENTAÇÃO DO PROBLEMA DE INVESTIGAÇÃO

4.1 Introdução

Este capítulo trata de ilustrar a importância das temáticas envolvidas no Problema de Investigação, de justificar por que este é válido como tal e de elucidar que a sua abordagem é potencialmente frutuosa. Ou seja, trata de fundamentar a relevância do estudo.

Recordo que o PI tem no seu início a palavra «necessidade», que remete para “algo não feito que se quer fazer” / “algo que não existe, ou não existe suficientemente e que se quer fazer existir, ou fazer existir de modo mais ou satisfatório”. Recordo também que o PI tem no fim da sua formulação «“Água, Energia e suas Relações” no ensino», sendo determinante a palavra «Relação» e «ensino».

Este Capítulo trata pois da procura de dados e informação, e de construir informação, para fundamentar o PI e a relevância do estudo.

São as seguintes as vertentes em torno das quais o capítulo se desenvolve:

- Análise de conteúdo sobre relações entre água e energia *em documentos do âmbito da Ciência – Tecnologia - Sociedade – Ambiente* — de que trata a secção 4.2.
- Análise de conteúdo sobre relações entre água e energia no *ensino*:
 - Em *documentos orientadores do sistema de ensino português* — de que trata a secção 4.3.1.
 - Em *documentos de encontros profissionais* — de que trata a secção 4.3.2.
- Também na vertente de *ensino*, resultados sobre *percepções de docentes recolhidas por meio de Inquérito* — de que trata a secção 4.4.

4.2 Relações entre água e energia em Ciência – Tecnologia – Sociedade – Ambiente: análise de conteúdo de documentos

Water and energy are interrelated but their influence on each other is rarely considered
(Perrone *et al.*, 2011).

Esta secção baseia-se em boa parte na análise de conteúdo de artigos publicados na *Ingenium*, revista da Ordem dos Engenheiros devido à sua importância no panorama respeitante a Portugal. Após referir alguns dos trabalhos desta revista, referirei alguns outros.

Começo pois por referir alguns trabalhos publicados na revista *Ingenium*. Para cada documento, esta análise foi efetuada do seguinte modo:

- Procurei as ocorrências da palavra “água” e registei as passagens que explicitam alguma relação com “energia”;
- Procurei as ocorrências da palavra “energia” e registei as passagens que explicitam alguma relação com “água”;
- Registei também casos em que a relação entre água e energia não era direta e explícita, mas era indireta ou implícita, por exemplo por via de sustentabilidade e poluição.

Esta análise de conteúdo é pois especificamente, e assumidamente, orientada pelo problema de investigação, PI, e pelos objetivos, O, do presente estudo — como não poderia deixar de ser. A leitura dos textos é pois efetuada à luz do PI e dos O do estudo. A análise concretiza-se na *seleção de extratos dos artigos e na sua transcrição*. Esta respeita o conteúdo, mas é livre do ponto de vista formal para facilitar a leitura.

Ramos (2011) refere que em Portugal o consumo de eletricidade aumentou cerca de 78% entre 1995 e 2011, e que temos uma grande fragilidade: importamos cerca de 85% da energia primária que usamos, energia essa que é de origem fóssil. É objetivo da EU para 2020 reduzir em 20%, relativamente a 1990, as emissões de gases com efeito de estufa. Este objetivo pressupõe o aumento da utilização de energias renováveis endógenas (eólica, solar, biomassa, etc.). No caso português, o aproveitamento destes recursos impõe a necessidade de construir reservas estratégicas de água em albufeiras de grande capacidade. Mesmo o reforço do nosso parque eólico aumenta a importância de aproveitamentos hidroelétricos que funcionem como

«*buffers*» (“reservatórios-tampão” / “amortecedores”), que permitam responder às oscilações da oferta e da procura (incluindo a aleatoriedade do vento).

Neste artigo de Ramos estão pois presentes a água e a energia, e em relação (por via da energia elétrica de origem hídrica).

Esteves (2011) sublinha a importância da diversificação das fontes energéticas. Mas sublinha que o seu custo é elevado: em Portugal, 1 MWh de energia elétrica de origem eólica é pago pelos utilizadores a um preço médio de 90 euros; a de origem fotovoltaica é paga a 305 euros; e a de origem hídrica (barragens) a 45 euros.

Aplica-se a este artigo o acima referido quanto à presença da água e da energia, assim como à sua relação.

O mesmo se aplica ao artigo de Baptista (2011). Na última década, pela primeira vez, a fatura de importação energética nacional ultrapassou a dos bens alimentares. Do nosso défice externo, 50% está ligado à questão energética. O armazenamento de energia elétrica irá marcar os grandes desenvolvimentos tecnológicos das próximas décadas. Se descontarmos os grandes aproveitamentos hidroelétricos com bombagem, em que a energia não é armazenada sob a forma elétrica, as capacidades atuais são irrisórias.

O artigo de Raposeiro (2001) refere-se à energia automóvel. O autor apresenta um estudo comparativo detalhado. A energia para acionamento de um automóvel tem sempre, na origem, combustíveis fósseis ou biomassa; ou energia hidráulica, eólica, nuclear ou geotérmica. Apenas as energias fósseis e a biomassa podem proporcionar combustíveis com densidade energética suficientemente elevada para que a energia armazenada no próprio veículo poder satisfazer as necessidades de autonomia e de rapidez de abastecimento. As restantes energias são utilizáveis por via da produção de energia elétrica seguida de: (i) acumulação eletroquímica em baterias e transformação desta energia em trabalho por um motor elétrico; (ii) produção de hidrogénio, a transportar em fase líquida ou gasosa a muito alta pressão e a ser utilizado: ou como combustível; ou para produzir energia elétrica em catifeiro (e.g., com células de combustível), esta por sua vez a ser utilizada como no caso anterior (motor elétrico).

Também neste artigo é possível encontrar referências à temática deste estudo, e de âmbitos muito variados, umas mais implícitas e outras mais explícitas.

O comentário anterior aplica-se também ao artigo de Dinis, Dimas & Barradas (2012). O saldo comercial alimentar e o grau de autoaprovisionamento não refletem necessariamente a segurança de abastecimento alimentar de uma nação. O facto de um país estar a produzir o suficiente para o seu consumo não significa que o conseguisse no caso de não poder importar os fatores de produção necessários, designadamente energia (combustíveis, eletricidade,...) e máquinas para transportar e transformar energia (transportes, máquinas agrícolas,...) e outras formas escondidas de energia (rações,...). O grau de autoaprovisionamento alimentar português tem-se mantido estável na última década e é cerca de 83%, valor que passa para cerca de 70% se corrigido quanto às produções dirigidas para consumos intermédios (como a alimentação animal). Segundo cenários construídos pelo Gabinete de Planeamento e Políticas do Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território, é possível aumentar significativamente, a médio/longo prazo, a nossa autossuficiência em valor. Para isso, é decisivo promover políticas públicas para aumentar a produção nacional. De entre estas, destaca-se a necessidade de investir em infraestruturas e investigação e em explorações que recorram ao regadio.

Moreira (2012) refere que a Direção-Geral do Consumidor tem produzido diversos materiais didáticos, dos quais se destaca o lançamento da nova Roda dos Alimentos (Figura 3), que substitui a que foi criada em 1977, com alterações e adaptações os nossos dias e à nossa população. Para além de objetivos pedagógicos e de índole nutricional, teve-se em consideração a promoção de valores culturais e sociais relacionados com a sociedade portuguesa, designadamente valorizando alimentos da nossa tradição, como o pão de qualidade, o azeite, o pescado, as leguminosas e as hortícolas. A água está representada no centro, pois faz parte da constituição de quase todos os alimentos e é imprescindível à vida.

O facto de a água estar representada no centro é de assinalar. A energia está implícita e, digamos, quase explícita, pois a roda dos alimentos incide sobre o valor nutricional dos alimentos, e deste faz parte o seu conteúdo energético.

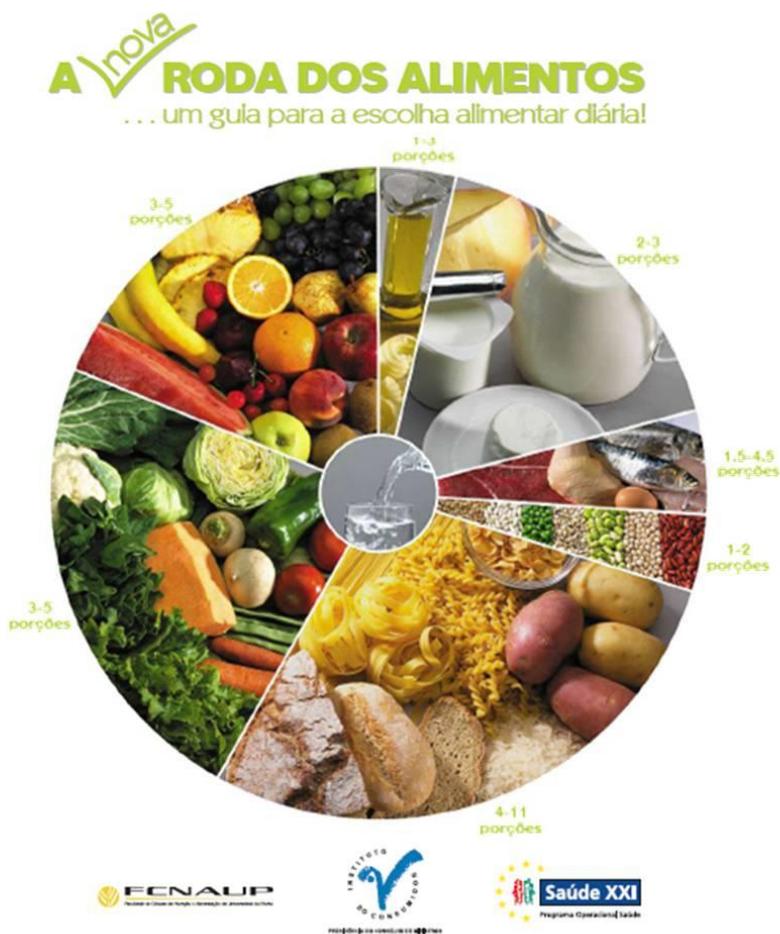


Figura 3 – A nova roda dos Alimentos (<http://www.dgs.pt>).

Reporto-me agora a um artigo de Pinto (2012), que tem o formato de entrevista ao autor. É de referir que este foi Ministro da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas entre 2002 e 2004 e era na data da entrevista Consultor do Presidente da República para os Assuntos Agrícolas e o Mundo Rural). Somos fortes na exportação de vinho, frutícolas, e hortícolas; e também na exportação de papel, pasta de papel, cortiça e madeira. O nosso défice de produtos alimentares de base agrícola ronda os 3000 M€: importamos 6000 M€ e exportamos 3000 M€. A nossa produção é da ordem dos 7000 M€. Assim, em valor, o que produzimos (7000 M€) é cerca de 70% do que consumimos (10000 M€). E, se incluirmos a agroindústria, esse valor de autossuficiência sobe para cerca de 79%. Vamos ouvindo quem diga que dependemos do exterior em cerca de 70%, mas isso não é verdade. No entanto, importamos sobretudo produtos de base (como os cereais) e exportamos produtos que não são de primeira necessidade, o que nos expõe a grande variações de preços, que ocorrem sobretudo naquilo que importamos. Constitui objetivo fundamental atingir a autossuficiência

em valor. Temos feito progressos, mas é necessário fazer muitos mais, e mais diversificados. No entanto, como costuma dizer-se, “Portugal tem bom clima onde não tem solo e tem solo onde o clima é mau” — referindo-se a primeira parte ao Norte, onde o solo agrícola é relativamente fraco ou insuficiente; e a segunda parte ao Sul, onde há menos água. Na sua maior parte, a nossa agricultura não é competitiva, e é viável apenas porque a Política Agrícola Comum Europeia existe e a viabiliza. Precisamos de mais agricultura de regadio. Se dependermos das produções de sequeiro estamos numa roleta russa, devido às nossas condições edafoclimáticas. Ora, o regadio em Portugal utiliza cerca de 15% da Superfície Agrícola Utilizável. Daí a grande importância da barragem do Alqueva e dos sistemas de rega associados. Em grande parte com a rega possibilitada, já somos praticamente autossuficientes em azeite. Há uns anos, ir ao Alentejo e ver hortícolas, pomares, uvas de mesa, laranjas, etc., seria impossível. Hoje vê-se. É certo que as infraestruturas para abastecimento de água são caras e ainda insuficientes. Em muitos casos a água existe mas não é suficiente, mas temos também já infraestruturas de rega muito modernas.

Também este artigo tem referências explícitas a relações entre água e energia, e outras, múltiplas e variadas, que são implícitas mas facilmente explicitáveis se houver essa intenção.

No artigo de Souza (2012) trata-se de energias renováveis ligadas ao milho, alimentação, materiais, regadio e seca, clima, e de água e energia como recursos relacionados com todos estes e outros aspetos. O milho é uma das mais importantes culturas arvenses à escala mundial. Tem inúmeras utilizações, como a silagem para alimentação do efetivo leiteiro, os compostos para animais, a alimentação humana (amidos, griz, farinhas, etc.), a produção de energias renováveis (por intermédio do bioetanol e do biogás) e a produção de materiais biodegradáveis (bioplásticos e biofibras). Tem-se afirmado como bom exemplo do potencial produtivo da agricultura de regadio. Prevê-se que durante a campanha de 2012 a produção mundial de milho atinja 838 milhões de toneladas (e a de trigo 662 milhões de toneladas). Ainda assim, a produção mundial não satisfaz a procura. Esta é cada vez maior, mas as condições meteorológicas têm sido desfavoráveis, nomeadamente com a seca existente nos EUA, o maior produtor mundial. Em Portugal o milho é o principal cereal semeado, com cerca de 40% da área cerealífera total. Mas a seca existente em Portugal desde finais de 2011 (46% do território nacional encontra-se em seca extrema) afetou seriamente, não só os cereais de inverno, como as de primavera, como o milho, sobretudo em alguns regadios do Alentejo. Se não fossem as novas áreas regadas de Alqueva, teríamos uma diminuição da produção em

Portugal, por falta de água para rega. As áreas infraestruturadas nas zonas de regas do Alqueva somam atualmente 70 mil hectares, devendo atingir 115 mil hectares em 2015 (aumento de 50% em 3 anos). Os preços do milho variam muito. A evolução dos preços dos alimentos tem sido estudada desde a Antiguidade Clássica, pelo seu impacto nas populações. As razões para as subidas dos preços dos alimentos podem dividir-se em três categorias: climatéricas; aspetos do funcionamento do mercado; e políticas energéticas. É necessário investir em novas áreas de regadio, e no «uso mais eficiente dos recursos, entre os quais a água e a energia.»

O artigo de Gonçalves (2012) centra-se no pescado e, tal como os anteriores, tem variadas referências, mais ou menos explícitas, à temática do presente estudo. A nível mundial, o fornecimento de pescado em 2011 foi o mais elevado jamais registado. Foram produzidas 154 milhões de toneladas, das quais cerca de 131 milhões diretamente para alimentação humana. Deste valor, cerca de 49% foi de produção em aquacultura, percentagem com tendência a aumentar. Para além do seu valor para a saúde, o pescado apresenta a vantagem de ter um saldo final de 30% na conversão da energia dos alimentos ingeridos em proteínas, valor que é aproximadamente o dobro do valor médio correspondente a animais terrestres: vaca, 5%; porco, 13%; frango, 25%. Em Portugal há ainda muito por fazer no setor da aquacultura, mas já muito foi feito e, em alguns casos, utilizando tecnologias eficientes e com cuidados de preservação ambiental, sendo a maioria do azoto e fósforo emitidos assimilados pelo fitoplâncton existente nos tanques de produção. Acresce que, sendo a produção de proximidade, isto é, feita em Portugal, a pegada ecológica, designadamente relativa à emissão de CO₂ e outros poluentes na queima de combustíveis para o transporte, é menor do que no caso de pescado proveniente de outros países. Um caso recente de uma unidade de produção intensiva em tanques de betão, é o de uma unidade privada de pregado em Mira, que irá produzir 7 mil toneladas em 2013, das quais 90% para exportação. O investimento global é 140 milhões de euros. Grande parte deste destina-se a sistemas de captação de água. Esta é captada diretamente do oceano, por intermédio de emissários situados a 15 metros de profundidade e comprimento de quase 3 quilómetros. A bombagem de água é efetuada com 9 bombas elétricas de 250 kW cada.

De entre os muitos e interessantes aspetos tratados neste artigo, destaco um pela sua ligação estreita ao presente estudo: o pescado é produzido com água do mar que é bombeada usando energia elétrica.

Nos artigos anteriores, todos de uma revista de profissionais da engenharia portugueses, está bem patente a importância crucial e crítica da temática deste estudo, água, energia e suas relações. Esta temática atravessa, desempenhando um papel chave, múltiplas vertentes da ciência, da tecnologia e da nossa vida. E para o ver, basta ter atenção e ler à luz do que se procura. De modo simétrico, podemos mesmo dizer que a importância da temática é tão grande, transversal e decisiva, que é possível, se houver tal intenção, chegar a todos os tópicos tratados nos artigos referidos partindo dela. E, apenas ilustrando com base nos extratos apresentados e sem pretender apresentar uma listagem abrangente, trata-se de tópicos como: alimentos (que são essencialmente... água e energia) e roda dos alimentos, nutrição, meios de transporte de pessoas e mercadorias, poluição, combustíveis fósseis, fontes de energias renováveis, sequeiro e regadio, produção de energia elétrica, preços, custos, mercado, políticas, economia e comércio, autossuficiência alimentar nacional em valor, floresta, cereais, bioplásticos, biofibras, aquacultura de pescado, ambiente, pegada ecológica, fatores edafoclimáticos, alterações climáticas, mar, ordenamento do território, hidrogénio e células de combustíveis, reservas estratégicas de água, sustentabilidade.

Faço uma breve referência a trabalhos de outras fontes.

O artigo Elías-Maxil *et al.* (2013) incide sobre medidas a tomar para reduzir os consumos energéticos na distribuição urbana de água.

Refiro ainda uma publicação de interesse que apresenta uma revisão bibliográfica sobre as relações entre água e energia (Water in the West, 2013). Transcrevo a sua nota introdutória: «Water in the West is a partnership of the faculty, staff and students of the Stanford Woods Institute for the Environment and the Bill Lane Center for the American West. The mission of Water in the West is to design, articulate and advance sustainable water management for the people and environment of the American West. It links ideas to action by engaging in cutting-edge research, creative problem solving, active collaboration with decision makers and opinion leaders, effective public communications and hands-on education of students.» Vemos assim que esta temática é transversal e envolve investigação e muitos e diversificados agentes sociais. A revisão bibliográfica que a obra apresenta inclui amplas relações entre água e energia. Esclareço também que, apesar de a nota referir “educação”, não encontrei nesta obra ajuda específica sobre o ensino da temática.

Refiro ainda um outro documento que, de certa forma efetua uma transição entre esta secção e a seguinte. Refiro-me ao trabalho de Valente (1999) que trata de uma leitura pedagógica da construção histórica do conceito de energia. Neste trabalho, centrado na energia, encontram-se partes onde o conceito de água é também referido e havendo relacionamento entre os dois conceitos. Escreve a autora: «Se considerarmos que o pensamento se torna interessante e estimulante, quando começamos a estabelecer ligações, a energia, sendo exemplar a esse respeito, tem um valor educativo importante - através dela, no século XIX, uniram-se diferentes mundos (físico, químico e biológico) culminando mais tarde com a união do mundo em geral; uniu-se o novo e o velho; uniu-se o natural e o artificial.» Isto ilustra a importância do conceito de energia e as ligações que ele convoca. Isto, quer em ciência, tecnologia e sociedade, quer em educação. A autora refere também, a propósito de um texto de Mayer (século XIX), a concepção que este tinha de «indestrutibilidade das forças» e o seu relacionamento com as transformações energéticas envolvidas numa queda de água no percurso da qual se coloca uma turbina.

O referido nesta secção corrobora claramente a *importância e a riqueza da temática* que está no cerne do Problema de Investigação do presente estudo.

Simultaneamente, a importância e a riqueza dos relacionamentos que é possível discernir nos trabalhos referidos criam um quadro de confiança quanto à *razoabilidade das expectativas em conseguir contributos* ao abordar tal PI.

4.3 Relações água-energia no ensino: análise de conteúdo de documentos

4.3.1 Documentos orientadores do sistema de ensino português

Tal como a secção anterior, esta subsecção trata de análise de conteúdos de documentos, tendo esta sido feita do mesmo modo, que recordo:

- Procurei as ocorrências da palavra “água” e registei as passagens que explicitam alguma relação com “energia”;

- Procurei as ocorrências da palavra “energia” e registei as passagens que explicitam alguma relação com “água”;
- Registei também casos em que a relação entre água e energia não era direta e explícita, mas era indireta ou implícita, por exemplo por via de sustentabilidade e poluição.

Nesta subsecção, a análise — naturalmente também orientada pelo problema de investigação e pelos objetivos do presente estudo — concretiza-se em *contagens de números de ocorrências*. Como se verá, não se procede a uma concretização por meio da apresentação de extratos, por tal não ser aplicável.

Comecei por efetuar a análise dos seguintes documentos orientadores do sistema de ensino português.

- Programa 1º CEB - Estudo do Meio
- Programa 2º CEB - Ciências da Natureza
- Programa 2º CEB - História e Geografia de Portugal
- Metas de Aprendizagem 1º CEB - Estudo do Meio
- Metas de Aprendizagem 2º CEB - Ciências da Natureza
- Metas de Aprendizagem 2º CEB - História e Geografia de Portugal

Neles foram contadas as referências ao tema Água, Energia, e passagens em que se considerou existir algum tipo de relação entre os dois temas. Na Tabela 8 apresento os resultados obtidos.

Os resultados evidenciam de forma clara que o relacionamento explícito entre água e energia não é efetuado e que, mesmo considerando casos de fronteira em que é possível divisar relações implícitas, pode dizer-se que, globalmente, o relacionamento é praticamente inexistente.

Assim, o que se conclui nesta subsecção é flagrantemente dissonante do que se conclui na secção 4.2.

O referido nesta subsecção corrobora claramente a *necessidade* que está no cerne do Problema de Investigação do presente estudo.

Tabela 8 – Número de ocorrências em que foi referido o tema Água, Energia, e Relações Água-Energia

Documento	Número de ocorrências			Transcrição de passagens que suscitaram dúvidas sobre se deveriam ou não ser contadas como ocorrência de relação
	Água	Energia	Relações	
Programa 1º CEB - Estudo do Meio	20	1	1?	“Observar os efeitos da temperatura sobre a água (ebulição, evaporação, solidificação, fusão e condensação).”
Programa 2º CEB - Ciências da Natureza	9	2	0	
Programa 2º CEB - História e Geografia de Portugal	1	0	0	
Metas de Aprendizagem 1º CEB - Estudo do Meio	11	4	0	
Metas de Aprendizagem 2º CEB - Ciências da Natureza	8	3	2?	- “O aluno explica como há mobilização de energia nas funções vitais dos animais”; - “O aluno relaciona a intervenção humana na Terra com a obtenção dos alimentos e da energia necessários à vida”.
Metas de Aprendizagem 2º CEB - História e Geografia de Portugal	2	0	0	

4.3.2 Documentos de encontros profissionais ibéricos e ibero-americanos

Esta subsecção trata também de análise de conteúdo de documentos, que foi efetuada do mesmo modo que na subsecção anterior e na secção 4.2. Mas o objeto de análise é de natureza diferente: trato aqui de documentos de dois Simpósios ibero-americanos. Quanto à concretização da análise, aplica-se o referido na secção 4.2: *seleção de extratos dos artigos; e sua transcrição* livre do ponto de vista formal.

A focagem na península ibérica deve-se a que a temática do presente estudo tem interseções especialmente fortes e importantes com as redes de ligação e interdependência que existem entre Portugal e Espanha. As razões são muitas e passam por todas as vertentes da cultura e da vida, da proximidade geográfica aos enlances históricos e afetivos, da proximidade linguística ao comércio e lazer, da partilha de bacias hidrográficas à interconexão das redes de distribuição de energia elétrica.

Começo por me reportar ao *II Seminário ibero-americano ciência-tecnologia-sociedade no ensino das ciências*, realizado na Universidade de Brasília em 2010.

O número total de trabalhos deste Seminário foi 144. Analisei-os todos, mas não apresento resultados relativamente aos “Posters” com os números de 79 a 104 (portanto, 26 “Posters”), porque no decorrer deste estudo ocorreu um erro irrecuperável com o ficheiro respetivo. Apresento pois os resultados que obtive relativamente a um total de 118 trabalhos (“Posters”, Simpósios, Oficinas, Sessões Coordenadas, Conferências e Mesas-Redondas). Apenas em 1 destes 118 trabalhos encontrei ocorrências explícitas de relações entre água e energia; e também em 1 deles há uma vaga referência que pode considerar-se como uma relação implícita ou, pelo menos, potencial.

Passo a apresentar extratos daqueles dois artigos, começando pelo referido em segundo lugar.

No artigo de Sierra, Lopes & Carvalho (2010), num evento pontual, um aluno relatou um exemplo de eficiência energética que aplicava em sua casa – uma garrafa *pet* com água colocada em uma fenda no teto, que possibilitava maior aproveitamento da luz solar.

O artigo de Silva, Bernardo & Deise (2010) refere uma atividade no início da qual pediram aos alunos que respondessem à seguinte pergunta: “Como você explica a necessidade de racionamento de energia que ocorreu entre 2001 e 2002?”. De entre as respostas, 3 participantes explicaram que o racionamento ocorreu pela falta de água nas represas e 2 explicaram que a falta de investimentos do governo foi decisiva para a ocorrência do racionamento. Com relação à pergunta “Como surge a energia nas usinas?”, observámos que o grupo demonstrou compreender o assunto, pois todos apresentaram argumentos no sentido de que a água represada faz movimentar as turbinas, que por sua vez transformam energia potencial gravitacional em energia elétrica. “É a transformação da energia mecânica em energia elétrica” (Participante 5). Nestas atividades procuramos abordar o tema produção de energia, através da discussão de aspetos económicos, sociais e ambientais. Através da discussão das respostas, foram abordados temas como as taxas de consumo que foram impostas às contas, o problema das linhas de transmissão e a geração de energia nas hidroelétricas.

Reporto-me agora ao *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências – Educação Científica e Desenvolvimento Sustentável*, realizado na Universidade de Aveiro em 2008.

Neste Seminário foram apresentados 99 trabalhos. Analisei-os todos. Em 80 deles, portanto uma larga maioria, não encontrei ocorrências explícitas ou implícitas de relações entre água e energia. Mas em 19 deles a água e a energia são ambas referidas, e de um modo tal que um leitor atento à problemática do relacionamento entre ambas poderá aí encontrar informação de interesse, geralmente sob a forma de relacionamentos implícitos ou potenciais por coexistência / coocorrência.

Nestes 19 artigos, um leitor atento à problemática do presente estudo encontrará mundos de possibilidades para ilustrar relações entre água-energia; e também para, de modo aprofundado, as explorar didaticamente — exploração que pode ser efetuada, quer partindo do que é referido nos artigos para explicitar aquelas relações, quer tomando a temática “água, energia e suas relações” como tema unificador de partida para abordar e interpretar, de um modo holístico especial, aspetos como os referidos nos artigos.

Abster-me-ei de efetuar comentários específicos sobre cada artigo, por me parecer manifestamente claro como deles extrair as possibilidades que acabo de referir, desde que a intenção esteja presente — ademais depois de ter apresentado comentários a textos de outro tipo, mas com a mesma intenção, na secção 4.2. Tais comentários correriam mesmo o risco de, não apenas serem desnecessários, mas também de, por repetição e entrecorte dos extratos, dificultarem uma leitura apreciativa em vez de a facilitar.

Passo pois a apresentar as passagens desses 19 artigos que, no âmbito do presente estudo, considero mais relevantes.

Martins & Vieira (2008) referem que cerca de 80% das atuais fontes primárias globais de energia são combustíveis fósseis: carvão, petróleo e gás natural. A sua combustão, assim como as alterações no uso dos solos decorrentes da sua exploração, provocam a emissão para a atmosfera de grandes quantidades de CO₂. A desflorestação e outros usos dos solos contribuem em cerca de 20% para as emissões globais deste gás. Parte dele dissolve-se nos oceanos ou é absorvido pelas plantas verdes por meio da fotossíntese; e a outra parte acumula-se na atmosfera, aumentando aí a sua concentração. Cerca de 80% da energia térmica transferida para o sistema climático tem sido absorvida pelos oceanos, cuja temperatura aumentou até profundidades da ordem de 3000 m. A área mínima do gelo do Ártico (atingida por volta de Setembro) está a diminuir em média 9% por década. Esta fusão tem uma retroação positiva sobre o aquecimento global, pois o gelo oceânico reflete 50% a 80% da radiação solar incidente, enquanto as águas oceânicas líquidas refletem apenas 5%. Para

diminuir impactos de alterações climáticas muito gravosas, incluindo as devidas à retroação positiva da fusão dos gelos oceânicos, será necessário diminuir e estabilizar a concentração dos gases com efeito de estufa. Para isso será necessário, designadamente, descarbonizar profundamente a economia global (uso de combustíveis fósseis, desflorestação) e desenvolver tecnologias de captura e sequestro do CO₂.

Santos (2008) refere que desde o início do século XXI que estamos a presenciar fortes sinais da insustentabilidade dos atuais paradigmas de crescimento. Um exemplo flagrante é a crise alimentar global em que o mundo mergulhou repentinamente. Os preços do arroz, milho e trigo, que estiveram relativamente estabilizados durante as décadas anteriores, quase triplicaram entre 2006 e 2008. Entre as múltiplas causas, e para além de fenómenos especulativos, referimos: aumento da população humana mundial; alterações climáticas (agravamento de secas e inundações); e a problemática da energia, especialmente por via do aumento da produção de determinados tipos de biocombustíveis, como o etanol, a partir do milho. A competição entre energia e alimentação gerada pela utilização de cereais para produzir biocombustíveis poderá ter consequências dramáticas. De acordo com Lester R. Brown, do “Earth Policy Institute”, gerou-se uma competição épica entre os cerca de 800 milhões de pessoas com veículos automóveis que pretendem manter a sua mobilidade e os cerca de 2000 milhões mais pobres da população humana que lutam por assegurar a sua sobrevivência. A desflorestação em larga escala contribui ainda para a insustentabilidade da exploração dos solos devido ao aumento da erosão e às consequências adversas sobre os ciclos da água e do carbono. «A bem de nós próprios, dos nossos concidadãos em todo o mundo e das gerações futuras, devemos poupar energia, utilizar sistemas energéticos mais eficientes e utilizar mais as energias renováveis. Devemos racionalizar a nossa mobilidade e utilizar sempre que possível os transportes colectivos. Devemos poupar a água.»

Pedrinaci (2008), num artigo sobre a gestão sustentável do planeta, refere problemas relacionados com a sobreexploração de recursos, designadamente água, fontes de energia e solos, e os impactos respetivos, como a desertificação e as alterações climáticas.

Martinez (2008) refere algumas ideias para o reforço da educação para o desenvolvimento sustentável nos centros educativos escolares: implementar medidas de economia de energia; promover o uso de energias renováveis, designadamente a solar térmica e a solar fotovoltaica; e tornar o centro mais eficiente energeticamente, revendo a iluminação e o sistema de cisternas.

No mesmo sentido, Pedrosa (2008) defende que as universidades devem constituir modelos de boas práticas para a restante sociedade, pelo que urge que planeiem e implementem práticas sustentáveis no quotidiano, cuidando dos modos como funcionam, tomam decisões, adquirem bens e serviços, gerem laboratórios, água, energia e lixo, ou intervêm no âmbito de transportes.

E, ainda no mesmo sentido, Vilches, Praia & Gil Pérez (2008) referem que é necessário estabelecer compromissos de ação nos centros educativos e de trabalho, nos bairros, nas próprias casas. Entre as possíveis ações, referem: reduzir o consumo de água na higiene; reduzir o consumo de energia com a iluminação.

Henriques (2008) foca a necessidade de reduzir os riscos para a sociedade que decorrem de desastres naturais e dos que são induzidos pelas atividades humanas. É necessário melhorar os conhecimentos relativos à ocorrência de recursos naturais, como a água subterrânea e os hidrocarbonetos, que são frequentemente objeto de tensões políticas entre países vizinhos; descobrir novos recursos naturais e disponibilizá-los de forma sustentável; e estimular o interesse pelas Ciências da Terra. Estes são alguns dos objetivos gerais que os autores referem relativamente à implementação do Ano Internacional do Planeta Terra. Reportando-se à “Declaração apresentada e aprovada no Evento de Lançamento Global do Ano Internacional do Planeta Terra” (UNESCO, Paris, 2008), sublinham que é ainda, em grande medida, desconhecida por parte dos decisores políticos, a vasta informação geocientífica disponível acerca de problemas relacionados com Clima, Recursos, Energia, Saúde, Águas Subterrâneas, Oceanos, Terra Profunda, Riscos Naturais ou Vida.

Malacarne (2008) refere que a fermentação do milho pode ter com resultado final um plástico chamado polilactida, que é biodegradável e em cujo processo de fabrico se usam 20% a 50% menos combustíveis fósseis do que na produção de materiais semelhantes, o que ajuda a diminuir a contaminação ambiental associada ao uso de hidrocarbonetos.

Luna (2008) refere o projeto «Climántica», um Projeto de Educação Ambiental da “Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible” em colaboração com a “Consejería de Educación de la Xunta de Galicia”, no âmbito do “Plan Gallego de Acción frente al Cambio Climático”. Trata-se de um projeto constituído por oito unidades didáticas globais, uma por cada problemática ambiental: alterações climáticas, energia, resíduos, ciclo da água, biodiversidade, território, meio rural e meio urbano.

Rebello (2008) refere que, no âmbito do Programa de Formação Contínua em Ensino Experimental das Ciências promovido pelo Ministério da Educação (Despacho n.º 2143/2007), um conjunto de professores desenvolveram projetos selecionando as seguintes temáticas: construção de uma horta biológica, água, poupança de energia, e reciclagem.

Loureiro, Pedrosa & Gonçalves (2008) referem que, numa perspetiva de Educação para Desenvolvimento Sustentável, importa promover a compreensão das dimensões humanas nas mudanças ambientais globais, assim como a participação de todos os cidadãos, tendo em vista mudanças essenciais, designadamente em comportamentos quotidianos e padrões de consumo, para implementar estratégias de mitigação. As alterações climáticas estão intimamente relacionadas com o aumento da concentração na atmosfera de gases com efeito de estufa, o que por sua vez é consequência, simultaneamente, da procura de energia e dos padrões da sua utilização. Tais alterações fazem aumentar os riscos, particularmente para os mais pobres, e provocam mudanças expressivas em ecossistemas e redução da biodiversidade. Deve aplicar-se o conceito de pegada ecológica (PE) a cada pessoa, comunidade, cidade, país e região da Terra. Tal permite identificar devedores e credores ecológicos, já que PE se refere às porções de solo e água necessárias para alimentar os estilos de vida em questão. Por exemplo, comer mais carne, utilizar energia indiscriminadamente ou utilizar diariamente um carro particular, implicam maiores PE do que comer mais vegetais ou usar estratégias para poupar energia e meios de locomoção alternativos.

Alves Filho & Milaré (2008) sublinham que a utilização de temas que são importantes na sociedade atual ajuda na formação do cidadão, na escolha e contextualização de conteúdos de Ciências, e além disso favorece a interdisciplinaridade. Conceitos como Energia, Matéria e Transformação possuem caráter unificador das diversas áreas da Ciência e estruturam os conhecimentos na formação do pensamento científico.

Do artigo de Saraiva, Lopes & Cravino (2008) faz parte um quadro relativo a “Tipo de tarefas com relevância CTS”. Uma das tarefas nele referidas é: «Construção de diagramas relativos às transformações e transferências de energia nos vários tipos de central eléctrica».

López & Mora (2008) chamam a atenção para que o consumo de água engarrafada constitui um contexto importante para desenvolver propostas de alfabetização científica no ensino obrigatório: converteu-se, em certo sentido, numa moda associada a determinados tipos de valores (vida saudável, cuidado com o corpo, etc.), havendo um consumo massivo; este está a ter repercussões económicas e ambientais, como problemas de contaminação e consumo de

energia em grande quantidade; permite tratar muitos tópicos físicos, químicos, biológicos e geológicos. O consumo de água engarrafada está pouco investigado sob estas perspectivas.

Refere Pérez (2008) que na atual Sociedade da Ciência e da Tecnologia não é possível isolar o desenvolvimento sustentável da análise da problemática energética, que por sua vez supõe uma reflexão sobre a produção de energia e as consequências da contaminação pelo CO₂ e pela radioatividade. Em muitos casos a ênfase no termo “produção” impede-nos de reconhecer que também a “não produção” (mais evidente quando nos referimos ao frio) permite poupança energética e, assim, diminuição das possibilidades de um colapso ambiental.

Ortiz, Reza & Feregrino (2008) referem que a produção de etanol, que se obtém facilmente a partir da fermentação do açúcar ou do amido, pode utilizar-se diretamente como combustível automóvel ou misturar-se com gasolina, em quantidades variáveis, para reduzir o consumo de derivados do petróleo. O etanol representa 90% do biocombustível produzido a nível mundial, sendo os restantes 10% biodiesel. Sabe-se que, para igual energia produzida na combustão, o etanol produz mais 5% de dióxido de carbono do que a gasolina. Para assegurar a disponibilidade do etanol seriam necessárias monoculturas em grande escala, o que poderia conduzir a escassez e aumento de preços dos alimentos, perda significativa de biodiversidade e erosão dos solos. Os atuais métodos de produção de bioetanol utilizam mais energia do que a fornecida pelo combustível produzido. Como combustível, é rentável a mistura E-85 (85% de etanol e 15% de gasolina), que tem um índice de octanas superior e é cerca de 10% mais barato. Sabe-se que o etanol brasileiro só é competitivo economicamente se o barril de petróleo tiver um preço superior a 40 US\$ (dólares norte-americanos), preço que deve ser superior a 60 US\$ considerando o etanol produzido no E.U.A. e superior a 80 US\$ considerando o etanol europeu — como aconteceu em 2008.

García (2008), referindo-se à unidade curricular Biossíntese Microbiana do plano de estudos do curso de Química da Faculdade de Química da UNAM (México), sublinha que a temática da biossíntese industrial é tratada em relação com um conjunto de temas de Ciência - Tecnologia - Sociedade (CTS) selecionado por um grupo de especialistas no tema: uso de energia, conservação e aproveitamento de recursos naturais, nutrição, saúde da população, contaminação e tecnologias de biorremediação.

Martins *et al.* (2008) referem um caso de boas práticas: uma experiência educativa de planificação, implementação e avaliação de uma aula de CFN em regime de co-docência. A

temática selecionada foi “Chuvas Ácidas”, pois permitia a abordagem articulada de conteúdos programáticos de duas disciplinas: Perturbações no equilíbrio dos ecossistemas (CN); e Influência da atividade humana na atmosfera terrestre e no clima (CFQ). Foram apresentados aos alunos e com eles discutidos conceitos e processos inerentes à temática, através da resposta às seguintes questões: O que é poluição do ar?; Como é constituída a atmosfera?; Quais as fontes de poluição do ar?; O que são chuvas ácidas?; Como se formam as chuvas ácidas?; Como é possível determinar o pH da água da chuva? Que desequilíbrios nos ecossistemas provocam as chuvas ácidas?

Bonil *et al.* (2008) apresentam uma oficina para abordar a gestão da água como ponto de confluência de disciplinas, focando a educação para o consumo e para a sustentabilidade. Tomam como objetivos o desenvolvimento das seguintes competências nos alunos: Ser consciente da função biológica e social da água, a fim de a valorizar como recurso imprescindível para as pessoas e o meio natural; Identificar o consumo de água como uma forma de relacionamento com o meio e a sustentabilidade como um equilíbrio dinâmico, a fim de definir um modelo de consumo responsável e sustentável da água; analisar alguns dos fatores que intervêm na determinação do preço da água de consumo, a fim de ser consciente quanto ao valor económico da água; Conhecer alguns dos parâmetros que podem ajudar a valorar se estamos a ter um consumo sustentável da água (origem, tipo de embalagem, quantidade de água utilizada,...) a fim de poder introduzir critérios de sustentabilidade no consumo de água.

Termina aqui a apresentação de extratos de 19 dos 99 artigos do Seminário (U. Aveiro) referido na p. 104. Referi então e parafraseio aqui: nestes cerca de 20% do total de artigos deste Seminário estão presentes, de modos mais ou menos explícitos, mundos de possibilidades para ilustrar e trabalhar didaticamente relações entre água-energia, assim como relações entre esta e múltiplas temáticas CTSA. Estão presentes, pelo menos para quem os ler com esta intencionalidade.

Relativamente ao Seminário (U. Brasília) referido na p. 104, apenas em 2 dos 118 trabalhos analisados encontrei extratos relevantes para os fins aqui em apreço.

A temática “água, energia e suas relações” está quantitativamente muito pouco presente nestes dois Seminários. E quando o está, é geralmente de modo mais implícito do que explícito. Mas quando está presente, mesmo que de forma implícita, divisa ou faz divisar relações de

importância crucial, de importância mesmo criticamente decisiva para a humanidade e o planeta, e que envolvem um grande número e uma imensa variedade de conceitos, temas, teorias e valores.

O facto de a temática estar pouco presente corrobora a *necessidade* expressa no PI do presente estudo.

O facto de, quando a temática está presente, referir e abrir pistas de trabalho muito ricas dá confiança quanto à *riqueza* do PI e à *exequibilidade* de o tratar com sucesso.

4.4 Relações água-energia no ensino: percepções de docentes recolhidas por meio de inquérito

Elaborei e apliquei um inquérito a Professores do 1º e 2º Ciclo do Ensino Básico (CEB) usando três questionários (ver secção 3.5): Questionário A (QA), centrado no tema Água (Anexo 7); Questionário B (QB), centrado em Energia (Anexo 8), e Questionário C (QC), centrado em Sustentabilidade (Anexo 9).

Com já foi referido, o objetivo deste inquérito foi duplo: Recolher dados que permitam concluir sobre se os respondentes relacionam ou não, e como, as temáticas Água, Energia, e Sustentabilidade. Este objetivo relaciona-se com a procura de sustentação do Problema de Investigação do presente estudo, em linha com o tratado nas secções anteriores deste capítulo.

- Recolher dados sobre Conteúdos tratados, Atividades realizadas e tipos de Recursos utilizados em relação com cada tema. Este objetivo, além de se intersetar com a procura de sustentação do PI, relaciona-se com a procura, em curso aquando da aplicação dos questionários, de ajudas relativamente às Questões orientadoras da Investigação.

Apresenta-se a seguir uma primeira análise das respostas aos questionários. Esta foi efetuada procurando ocorrências das seguintes relações:

- No Questionário A (Água): relações com Energia ou Sustentabilidade.
- No Questionário B (Energia): relações com Água ou Sustentabilidade.
- No Questionário C (Sustentabilidade): relações com Água ou Energia, incluindo relações com a própria relação Água - Energia.

Foram considerados os seguintes tipos de ocorrências:

- Referências diretas e explícitas. Por exemplo, no caso do QA, na categoria de análise “Referências à temática Energia nos conteúdos”, foram consideradas ocorrências como: “Água como recurso energético”; “O mar como fonte energia”.
- Referências indiretas ou implícitas: Por exemplo, no caso do QB, na categoria de análise “Referências à temática Sustentabilidade nos conteúdos”, foram consideradas ocorrências como: “Medidas de poupança de energia”; “Poluição”.

Os dois tipos de referências foram agregados para efeitos das contagens que são apresentadas adiante. E isto porque se considerou que, para os fins em vista, o importante era discernir se havia ou não relacionamentos, independentemente de eles serem mais ou menos explícitos. A consideração de referências de dois tipos foi efetuada apenas como auxiliar da análise. E é importante referir aqui esses dois tipos, para clarificar o que foi considerado com ocorrência.

Apresentam-se a seguir, na Tabela 9, na Tabela 10 e na Tabela 11, alguns exemplos de ocorrências que foram consideradas na análise de cada um dos três tipos de questionário. Nestas tabelas são também considerados de modo agregado os dois tipos de referências referidos.

Tabela 9 – Exemplos de ocorrências consideradas no Questionário A

Questionário A – Sobre a temática ÁGUA. Número de respostas: 57		
Temáticas em relação às quais foram procuradas relações	Campo do Questionário	Exemplos de ocorrências consideradas
Energia	Conteúdos	“Água como recurso energético”
	Atividades	–
	Recursos	–
Sustentabilidade	Conteúdos	“Poluição da água”; “Porque Devemos poupar água”;
	Atividades	–
	Recursos	–

Tabela 10 – Exemplos de ocorrências consideradas no Questionário B

Questionário B – Sobre a temática ENERGIA. Número de respostas: 33		
Temáticas em relação às quais foram procuradas relações	Campo do Questionário	Exemplos de ocorrências consideradas
Água	Conteúdos	“Energia Hidráulica”; “Energia das marés”
	Atividades	“Visita a uma barragem”; “Experiências com a água”
	Recursos	–
Sustentabilidade	Conteúdos	“Medidas de poupança de energia”; “Poluição”
	Atividades	“Visita ao parque eólico do Marão”; Debates: "Energias renováveis - que futuro?"
	Recursos	–

Tabela 11 – Exemplos de ocorrências consideradas no Questionário C

Questionário B – Sobre a temática SUSTENTABILIDADE. Número de respostas: 26		
Temáticas em relação às quais foram procuradas relações	Campo do Questionário	Exemplos de ocorrências consideradas
Água	Conteúdos	“A água e os recursos naturais”; “Recursos hídricos e sua utilização”
	Atividades	“Visita ao Pavilhão da Água”; “Visita a uma ETA e ETAR”
	Recursos	–
Energia	Conteúdos	“Energias alternativas”; “Energias renováveis”; “Energia solar”.
	Atividades	“Pesquisa na internet sobre energias renováveis”; “expressão escrita sobre as energias renováveis”
	Recursos	–
Relações Água-Energia	Conteúdos	“Energia hídrica”
	Atividades	“A força motriz da água: energia hidráulica”
	Recursos	–

Apresentam-se a seguir, na Tabela 12, na Tabela 13 e na Tabela 14 os resultados obtidos sob a forma de números das ocorrências.

Tabela 12 – Resultados relativos ao Questionário A

Questionário A – Sobre a temática <i>ÁGUA</i>. Número de respostas: 57		
Temáticas em relação às quais foram procuradas relações	Campo do Questionário	Número de ocorrências de relações
Energia	Conteúdos	3
	Atividades	0
	Recursos	0
Sustentabilidade	Conteúdos	39
	Atividades	0
	Recursos	0

Tabela 13 – Resultados relativos ao Questionário B

Questionário B – Sobre a temática <i>ENERGIA</i>. Número de respostas: 33		
Temáticas em relação às quais foram procuradas relações	Campo do Questionário	Número de ocorrências das relações
Água	Conteúdos	8
	Atividades	3
	Recursos	0
Sustentabilidade	Conteúdos	24
	Atividades	7
	Recursos	0

Tabela 14 – Resultados relativos ao Questionário C

Questionário C – Sobre a temática <i>SUSTENTABILIDADE</i>. Número de respostas: 26		
Temáticas em relação às quais foram procuradas relações	Campo do Questionário	Número de ocorrências das relações
Água	Conteúdos	14
	Atividades	16
	Recursos	0
Energia	Conteúdos	8
	Atividades	3
	Recursos	0
Relações Água-Energia	Conteúdos	2
	Atividades	1
	Recursos	0

Apresentam-se na Figura 4, na Figura 5 e na Figura 6 os mesmo resultados, mas sob a forma de gráficos, considerando percentagens do total de ocorrências (não do total de questionários respondidos).



Figura 4 – Resultados obtidos no questionário sobre o tema Água. Percentagens de ocorrências (no total de ocorrências) de relações Água → Energia e Água →Sustentabilidade.

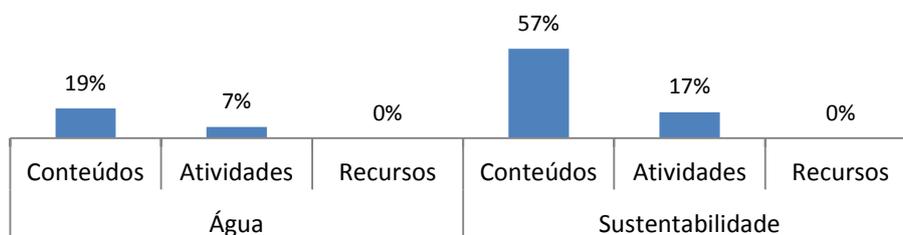


Figura 5 – Resultados obtidos no questionário sobre o tema Energia. Percentagens de ocorrências (no total de ocorrências) de relações Energia → Água e Energia → Sustentabilidade.

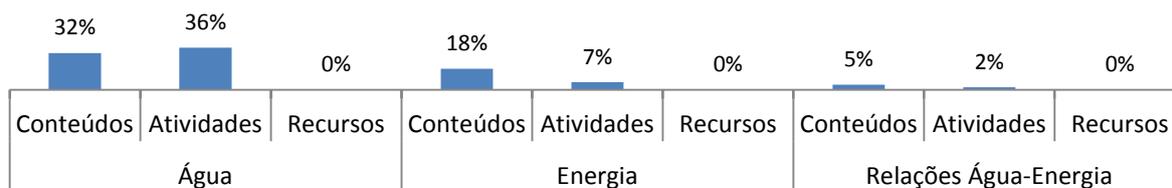


Figura 6 – Resultados obtidos no questionário sobre o tema Sustentabilidade. Percentagens de ocorrências (no total de ocorrências) de relações Sustentabilidade → Água, Sustentabilidade→Energia, e Sustentabilidade → relações Água-Energia.

As respostas mostram que os Professores efetuam alguns relacionamentos relativamente importantes:

- Água → Sustentabilidade – 39 ocorrências (no campo Conteúdos) em 57 Questionários (Tabela 12), correspondendo a 93% das ocorrências (Figura 4);

- *Energia* → Sustentabilidade – 31 ocorrências (24 no campo Conteúdos e 7 no campo Atividades) em 33 Questionários (Tabela 13), correspondendo a $57\% + 17\% = 74\%$ das ocorrências (Figura 5).

Pode pois discernir-se uma percepção por parte dos professores inquiridos de que quer a Água quer a Energia são importantes *para* a Sustentabilidade.

Vejam agora os relacionamentos efetuados no QC, e portanto a partir da *Sustentabilidade* (Figura 6):

- Os relacionamentos *Sustentabilidade* → Água têm expressão assinalável – 30 ocorrências (14 no campo Conteúdos e 16 no campo Atividades) em 26 Questionários, correspondendo a $32\% + 36\% = 68\%$ das ocorrências.

- Os relacionamentos *Sustentabilidade* → Energia têm expressão muito menor que a anterior – apenas 11 ocorrências (8 no campo Conteúdos e 3 no campo Atividades) nos mesmos 26 Questionários, correspondendo a $18\% + 7\% = 25\%$ das ocorrências.

- Os relacionamentos *Sustentabilidade* → relações Água – Energia são residuais – 3 ocorrências (2 no campo Conteúdos e 1 no campo Atividades) nesses 26 Questionários, correspondendo a $5\% + 2\% = 7\%$ das ocorrências.

Pode pois discernir-se uma percepção por parte dos professores inquiridos de que a Sustentabilidade requer atenção especial *para com* a Água. Mas a Sustentabilidade suscita uma atenção bem menor *para com* a Energia. E suscita uma atenção apenas residual *para com* relações Água – Energia.

Relativamente aos relacionamentos da Água e da Energia entre si, por via do QA e do QB:

- No QA (Tabela 12 e Figura 4), apenas residualmente há relações *Água* → *Energia*: 3 ocorrências (no campo Conteúdos) em 57 Questionários, correspondendo a 7% das ocorrências (Figura 4);

- No QB (Tabela 13 e Figura 5), há poucas relações *Energia* → *Água*: 11 ocorrências (8 no campo Conteúdos e 3 no campo Atividades) em 33 Questionários, correspondendo a $19\% + 7\% = 26\%$ das ocorrências.

É manifestamente baixo o grau de relacionamento entre Água e Energia dos respondentes do QA e do QB.

É de assinalar que, em consonância com o referido um pouco acima a propósito do QC, pode discernir-se nos respondentes uma percepção, ainda que não muito vincada, de que a Energia requer atenção *para com* a Água, mas que a percepção de que o inverso não acontece: isto é, é praticamente inexistente a percepção de que a Água requer atenção *para com* a Energia.

Pode dizer-se o grau de relacionamento entre Água e Energia é baixo nos respondentes.

Pode ainda dizer-se que o tipo de relacionamento menos percecionado é o que *conduz à* Energia. Isto é, se este conceito não for explicitado, a tendência é claramente para que ele não seja suscitado.

É ainda de salientar que as ocorrências no campo Atividades são muito poucas. Tal está bem patente na Tabela 12, na Tabela 13 e na Tabela 14, assim como nos gráficos correspondentes.

Mais impressionante ainda é o facto de, relativamente ao campo Recursos, as ocorrências serem em número 0 (zero) em todos os casos.

Os resultados obtidos com a aplicação dos Questionários corroboraram a relevância do Problema de investigação; e foram pouco frutuosa quanto a pistas para as Questões de Investigação.

4.5 Síntese

Os resultados obtidos nas secções anteriores corroboram que o PI é efetivamente um problema e que foi formulado de modo heurísticamente útil e com razoáveis expectativas de sucesso na sua abordagem e na consecução de contributos didáticos.

A secção 4.2 corrobora a *importância e a riqueza da temática* que está no cerne do Problema de Investigação do presente estudo. Por sua vez, a importância e a riqueza dos

relacionamentos discernidos concorrem para a confiança *em conseguir contributos* ao abordar tal PI.

A subsecção 4.3.1 – Documentos orientadores do sistema de ensino português torna patente que estes documentos não têm consonância com a riqueza de relacionamentos discernida na secção anterior, o que corrobora a *necessidade* que está no cerne do Problema de Investigação do presente estudo.

A subsecção 4.3.2 – Documentos de encontros profissionais ibéricos e ibero-americanos permite aduzir dois interessantes fatores que são de certo modo contraditórios mas que, no presente estudo, são convergentes: temática “água, energia e suas relações” está quantitativamente muito pouco presente nos dois Seminários; mas, quando está presente, divisa ou faz divisar relações de importância crítica para a humanidade e o planeta, e portanto para a educação. O facto de a temática estar pouco presente corrobora a *necessidade* expressa no PI do presente estudo. O facto de, quando a temática está presente, referir e abrir pistas de trabalho muito ricas dá confiança quanto à *riqueza* do PI e à *exequibilidade* de o tratar com sucesso.

Os resultados apresentados na secção 4.4 – Relações água-energia no ensino: percepções de docentes recolhidas por meio de inquérito evidenciam a necessidade de promover nos professores do 1º e 2º CEB (no caso do presente estudo, pela via da formação inicial e profissionalizante), relacionamentos entre Água e Energia, sobretudo aqueles que reforcem a atenção para com a Energia. Evidenciam também a relativamente pequena importância que têm as Atividades e os Recursos nas percepções expressas dos respondentes. E, se tal foi pouco frutuoso quanto a pistas ou orientações para o presente estudo, foi importante ao corroborar a sua relevância, designadamente quanto ao seu PI.

Nesta síntese sobre as secções anteriores deste capítulo é ainda de referir que os contributos de outros autores, as pesquisas e análises efetuadas, as reflexões feitas e os resultados obtidos, além de terem incidência sobre o PI, são consonantes com as Hipóteses Fortes do presente estudo: corroboram a relevância do PI; dão confiança à exequibilidade dos Objetivos do estudo; e mobilizam relações internas à temática do estudo e entre esta e várias outras, designadamente de âmbito científico, tecnológico, ambiental, social e de sustentabilidade.

5 RESPOSTAS ÀS QUESTÕES PRELIMINARES (QP) DE INVESTIGAÇÃO

Este é um pequeno capítulo, mas pareceu conveniente dar esse estatuto a esta parte do presente documento devido ao seu papel chave no estudo. Sublinho, nomeadamente, que aqui se elucida como dois dos três Objetivos do estudo foram atingidos numa sua fase preliminar.

Os Objetivos do estudo contêm a convicção de que a sua temática é educacionalmente relevante e que tem sentido e é potencialmente útil elaborar propostas didáticas para o seu tratamento, que carece de aprofundamentos e melhorias. Em particular, contêm implicitamente — ou então explicitamente mas (ainda) sem demonstração ou fundamentação sólida — a convicção de que a água e a energia não são estudadas com a profundidade devida e merecida quanto às suas relações. E, se se considerar que não existe “profundidade devida e merecida” se não existir “profundidade devida e merecida quanto às suas relações”, pode dizer-se que os Objetivos do estudo contêm em si a asserção “água e a energia não são estudadas com a profundidade devida e merecida”. Numa fase inicial, esta convicção baseou-se nos meus conhecimentos profissionais e nos de docentes e investigadores com quem me relacionava. Mas era necessário algo mais. No entanto, é sempre difícil, e por vezes impossível, demonstrar uma afirmação efetuada pela negativa. Como se pode afirmar que algo não existe? Em geral, não se pode. Podemos procurar muito bem e não encontrar algo que exista. Talvez porque deveríamos ter procurado melhor; talvez por não estar ao nosso alcance a descoberta; talvez porque tal existência seja tão rara que corresponde a inexistência em termos práticos para os fins em vista; e talvez por outras razões.

Esta foi precisamente uma das questões preliminares (QP) de investigação efetuadas neste estudo:

➤ *QP 1:*

- *Como evidenciar que “água e a energia não são estudadas com a profundidade devida e merecida, em particular por o não serem as suas relações?”*

Esta questão não tem o estatuto das Questões de Investigação (QI) orientadoras do estudo enquanto estudo investigação que pretende contribuir para conhecimentos teóricos e práticos e

para potenciar intervenções transformadoras que se pretendem na educação. Tem o estatuto de uma questão inicial, ou preliminar, cuja resposta constitui requisito para desenvolver aquele estudo investigativo.

Questões deste tipo, com as respostas respetivas podem, eventualmente, conduzir a contributos do estudo. Mas são elaboradas com o estatuto de guia para construir pré-requisitos fundamentadores.

A resposta preliminar (RP) construída foi a seguinte:

✓ *RP1:*

- a) *Devem efetuar-se pesquisas na Internet pelas palavras-chave “água”, “energia”, procurando detetar referências a relacionamentos. Se a convicção inicial fosse posta em causa, teria que se repensar. Caso contrário, prosseguir-se-ia pelos caminhos delineados.*
- b) *Se o passo anterior não requeresse mudanças de rumo, neste iria prosseguir-se, ao mesmo tempo que ao longo do trabalho seriam efetuadas pesquisas em documentos orientadores do sistema de ensino português e em outras fontes a decidir posteriormente. Os resultados são apresentados no Capítulo 4.*
- c) *No decorrer destes trabalhos ficou claro que não havia possibilidade de fazer uma focagem do estudo na componente de ensino e aprendizagem sobre sustentabilidade, uma vez que isso seria uma focagem adicional que não seria viável tratar. Assume-se no entanto que a vertente da sustentabilidade estará sempre presente de modo mais implícito ou mais explícito conforme as circunstâncias, quer nas atividades de ensino e aprendizagem, quer nas preocupações do investigador.*

Já a meio do estudo, considerou-se plausível que os trabalhos relacionados com a QP1 e a RP1 poderiam vir a constituir contributos do estudo de investigação como um todo, embora sabendo que só nas últimas fases deste tal poderia ser elucidado.

Outras questões preliminares, relacionadas entre si e explícitas nos Objetivos, se colocaram. Apresentam-se a seguir como um grupo constituindo uma segunda QP:

➤ *QP2:*

- a) *Que conteúdos / tópicos específicos sobre água e energia tratar? E será de os escolher à partida? Que relações específicas entre água e energia tratar? E será de os escolher à partida?*

- b) *Que tipos de tarefas propor aos alunos e que atividades realizar? E será de as definir, pelo menos parcialmente, à partida?*
- c) *Que recursos didáticos utilizar? E será de os escolher à partida? E será de construir recursos, designadamente “kits” didáticos, como foi equacionado no anteprojecto deste estudo, ou de utilizar recursos já existentes?*

A resposta preliminar (RP) construída foi a seguinte:

✓ RP2:

- *Não é crítico nem sequer importante que os tópicos específicos sejam escolhidos à partida, nem quais os tópicos específicos a tratar. O importante é que se trate a maior variedade possível de tópicos específicos, que eles sejam adequados aos contextos e relevantes para os alunos envolvidos, potenciem abordagens sobre grandes relações entre água e energia e sejam didaticamente fundamentados e ricos.*
- *O mesmo se aplica às tarefas e atividades em geral.*
- *O mesmo se aplica aos recursos a utilizar, acrescentando duas especificidades:*
 - *Não se considera que um estudo deste tipo (investigação doutoral) esteja especialmente vocacionado para o desenvolvimento de “kits” didáticos. O mais importante é como se usam os recursos para os fins curriculares, pedagógicos e didáticos em vista, particularmente os objetivos que se pretende alcançar nas aprendizagens. Construir-se-ão “kits” ou algo similar se o desenvolvimento do estudo revelar que tal é necessário.*
 - *Poderia ser interessante, rico e útil que o conjunto de recursos a utilizar incluísse o uso de simuladores computacionais, pelo interesse e motivação que em geral os alunos têm relativamente ao seu uso e por se tratar de uma vertente que integra interesses de investigação das equipas de docência e de investigação com quem trabalho. No entanto, tal seria feito só, se e quando relevante para o estudo e para os alunos envolvidos.*
- *Assim, e a menos que houvesse desenvolvimentos em contrário (nomeadamente resultantes do Inquérito que se refere a seguir) os aspetos relacionados com opções sobre tarefas e outras atividades seriam abordados em função dos recursos a utilizar; e permaneciam em aberto alguns aspetos relacionados com opções sobre recursos.*

- *Iria ser elaborado e aplicado um Inquérito a docentes, relacionado com a temática do estudo e versando quatro dimensões, das quais três seriam: conteúdos, atividades e recursos. (A quarta vertente seria: sustentabilidade). Se as respostas ao questionário contivessem indicações úteis, elas seriam tidas em conta para a escolha de conteúdos; atividades e recursos. A análise das respostas ao Inquérito contribuiu com informação útil para o estudo, designadamente para a sustentação do PI; mas não conduziu a alterações quanto a opções sobre as três dimensões referidas (conteúdos, atividades e recursos). O Inquérito e os seus resultados são apresentados no subcapítulo 4.4.*

Referi na RP2 que permaneciam em aberto alguns aspetos relacionados com opções sobre recursos. Mas depois de responder à RP2, já se configurava que, em princípio, não iriam ser construídos “kits” didáticos e iriam ser utilizados, se possível, recursos existentes, mesmo que com adaptações e complementos que se revelassem necessários. Embora tenha estado sob consideração por pouco tempo, elaborou-se uma terceira QP e a respetiva RP:

➤ *QP3:*

- *Com que parâmetros e critérios escolher os recursos didáticos físicos / materiais e os virtuais / computacionais?*

✓ *RP3:*

- *Não se pretendia enveredar por processo de avaliação formal prévia de recursos. O importante não era estabelecer aqueles parâmetros e critérios à partida (para a escolha dos recursos a utilizar). O importante era utilizar recursos disponíveis, potencialmente adequados para o ensino e as aprendizagens.. Pela natureza precária do meu vínculo institucional, pelas conhecidas dificuldades financeiras das instituições do ensino superior, e as do ensino politécnico em particular, não havia condições para adquirir novos recursos e assim eu teria que utilizar os existentes ou alguns que pudessem ser construídos internamente e com baixo custo.*

- *Atendendo a que as aulas que lecionava e leciono são do tipo “Práticas Laboratoriais”, e à natureza dessas aulas fixada nos Programas das unidades curriculares respetivas, seria necessário escolher recursos de tipo laboratorial; e estes, assim como os métodos de ensino e de aprendizagem a utilizar, deveriam ser relevantes para os meus alunos, quer*

nas próprias unidades curriculares que eu lecionava, e também para a sua futura prática profissional.

- *A “serendipidade” ajudou. Uso o termo num dos sentidos que se encontra nos dicionários: “característica de quem faz boas descobertas por acaso ou atrai o acontecimento de coisas favoráveis.” (Dicionários PRO de Língua Portuguesa, 2009, Porto: Porto Editora). O processo de opções específicas foi desencadeado pelo facto de alunos de um Mestrado em Ensino Experimental de Ciências (mestrado de especialização para professores dos 1º e 2º Ciclos do Ensino Básico) estarem a realizar trabalhos experimentais, criando eles próprios os recursos didáticos para o efeito, que se relacionavam com as temáticas do meu estudo e que poderiam ser enriquecidos se passassem a relacionar-se mais ainda. Houve serendipidade porque, pode dizer-se, ela era procurada, estimulada: os processos de informação e elucidação acima referidos atraíram “coisas favoráveis”. No caso, com sinergia: havia interesse para este estudo e também para os trabalhos dos mestrados. Este desencadear do processo de opções específicas é apresentado no Capítulo 2, à luz do enquadramento teórico deste estudo. Aí se descreve o processo e se reflete sobre ele, elucidando mais detalhadamente que há algo mais para além de serendipidade e sinergia: há visões e posturas sobre aspetos profissionais que sustentam estes procedimentos, não apenas em termos práticos, mas também em termos teóricos. Nesse capítulo e em outras partes deste documento, esclarece-se que aqui teve origem a escolha de dois temas e dos recursos didáticos associados (dessalinização de água com forno solar; uso urbano de água) e também alguma luz sobre um tópico a explorar (Lei de Arquimedes, interpretada em termos de energia potencial gravítica).*
- *Já mais animado por ter desencadeado o processo de escolha de recursos específicos, passei à olhar à minha volta com mais atenção e focagem. Daqui resultou ter olhado com olhos de ver para um “kit” didático que estava no gabinete e que nunca tinha sido usado (célula eletrolítica). O uso deste “kit” foi, como se descreverá, acompanhado pelo uso de simulações computacionais que para o efeito foram procuradas na Web.*
- *Mais animado ainda, ganhei ânimo para explorar a Lei de Arquimedes (o tópico sobre o qual incidiu alguma luz, como referido acima). A Lei de Arquimedes é um tópico em geral muito difícil para os alunos, mesmo no Ensino Superior, na formação de Educadores e de Professores do Ensino Básico. Mas uma aluna do referido Mestrado tinha explorado esse tópico com alunos do 1º ano do 1º Ciclo da Educação Básica de escolaridade, e com*

sucesso, como descreve no seu Relatório de Projeto do Mestrado. E um colega da minha Instituição tinha há uns anos desenvolvido uma aplicação informática que tinha resultado na publicação de um artigo mas que não tinha sido usado em aula. O facto de o tema ser difícil para os alunos contribuiu para que o escolhesse. Ainda outro fator para isso contribuiu: as potenciais relações entre água e energia seriam neste tema, previsivelmente, de tipos diferente das relativas aos outros dois temas. E isto porque a Lei de Arquimedes trata de impulsão num fluido, e este não tem que ser água, pode ser álcool ou mercúrio ou ar, por exemplo; mas o caso da água é o que primeiro vem à ideia (a banheira e o Eureka!, os barcos,...). Havia aqui um desafio. E um abrir da diversidade. E isto foi considerado útil para o estudo.

Esta fase preliminar do estudo foi muito rica.

Foi como que um pequeno estudo de investigação inicial, com as suas questões e a demanda das respostas respetivas.

Para além de alguma importância que tenham por si mesmos, os resultados obtidos (respostas, opções) foram de importância chave para o corpo principal da investigação e da intervenção. Com as RP1, RP2 e RP3, foram atingidos os Objetivos O1 e O2, referidos a pp. 23.

6 INTERVENÇÃO NO TERRENO: CONTEXTOS, TEMAS, RECURSOS E ATIVIDADES

6.1 Introdução

A intervenção no terreno deste estudo foi efetuada em ambiente de aula. As situações (contexto e tema) da intervenção, que de momento caracterizo apenas pelo contexto e pelos tipos de tema tratados, foram as seguintes:

- Aulas de um colega da ESE com alunos do 2º Ciclo de Estudo em 1º e 2º Ciclos da Educação Básica, na unidade curricular "Didática das Ciências da Natureza no 1º e no 2º Ciclos da Educação Básica", no 2º semestre, com os temas "Dessalinização com energia solar" e "Ciclo urbano da água" — o que é descrito na secção 6.2 (e aprofundado na secção correspondente do capítulo seguinte). Fui eu próprio que lecionei estas aulas, com a autorização do colega e das instâncias institucionais.
- Aulas com alunos meus do 1º Ciclo de Estudo em Educação Básica, na unidade curricular "Física para a Educação", no 1º semestre, com o tema "Lei de Arquimedes e energia potencial gravítica" — como se descreve na secção 6.3 (e aprofundado na secção correspondente do capítulo seguinte).
- Aulas com alunos meus do 1º Ciclo de Estudo em Educação Básica, na unidade curricular "Química para a Educação", no 2º semestre, com o tema "Produção de energia elétrica com células de combustível" — como se descreve na secção 6.4 (e aprofundado na secção correspondente do capítulo seguinte). Estas aulas foram "aulas extra" que ocorreram depois de terminadas as aulas "normais". Isso aconteceu porque esta unidade curricular tem apenas 10 semanas de aulas das 15 que constituem o semestre (diferentemente da unidade curricular referida no item anterior, que tem 15 aulas), pelo que não houve tempo disponível para realizar as atividades em apreço dentro das aulas previstas no currículo. Por isso as aulas decorreram com um conjunto de alunos voluntários. Dei-lhes a designação de "workshop" apenas para efeitos de formalização institucional e de valorizar esta colaboração dos alunos envolvidos. Mas, em termos de métodos, meios, atividades,

tarefas, espaços e tempos, foram aulas que decorreram do modo normal, habitual, isto é, como as aulas lecionadas anteriormente, no cumprimento do plano de estudos formal.

A intervenção no terreno foi pois efetuada sempre na formação inicial de professores — designação em que englobo o 1º Ciclo de Estudos (Licenciatura em Educação Básica) e o 2º Ciclo de Estudos (Mestrado em Educação no 1º e no 2º Ciclos da Educação Básica) que habilita para a docência.

As três situações de intervenção referidas foram diversificadas: três unidades curriculares diferentes; quatro temas (a primeira vertente engloba dois temas, como se indica acima); alunos de licenciatura e de mestrado profissionalizante. Como será descrito, também os recursos didáticos utilizados diversificados, incluindo recursos laboratoriais físicos (maquetas, modelos materiais) e virtuais (simuladores computacionais). Pretendeu-se uma diversificação que, sem criar dispersão, garantisse divergência, abrangência adequada, de modo a fortalecer o estudo.

O facto de uma das unidades curriculares ser de Didática e no mestrado profissionalizante (digamos, no 4º ano da formação inicial, utilizando a designação “pré-Bolonha”) foi considerado importante, por se tratar de um contexto em que os alunos têm já mais maturidade, em comparação com os envolvidos nos outros dois contextos (1º ano de formação) e porque, sendo de Didática a unidade curricular, eles estariam certamente especialmente atentos e críticos relativamente a aspetos didáticos e à relevância da intervenção para a sua futura ação profissional.

Refiro ainda que, para além da minha intervenção no terreno como professor-investigador, houve ainda observações não participantes em aulas de 1º e 2º Ciclos do Ensino Básico, como referido na p. 63 (Capítulo 2). Foram aulas de alunos do Mestrado em Ensino Experimental de Ciências, onde foram tratados alguns dos tópicos que tratei nas minhas aulas (dessalinização com forno solar, distribuição urbana de água e Lei de Arquimedes) e utilizados alguns dos recursos que utilizei (dessalinizador solar e maquete de distribuição de água). Esclareço que este é um mestrado de especialização destinado a docentes profissionalizados, não um 2º Ciclo de Estudos profissionalizante.

Houve pois observações não participantes em aulas de 1º e 2º Ciclos do Ensino Básico. Assisti a várias aulas, efetuei gravações e fiz as transcrições respetivas. Com base nessas transcrições, em explicitação de contextos, e na recolha de documentos e outras fontes de informação, os professores efetuaram uma primeira versão das Narrações Multimodais

respetivas. Eles já conheciam este instrumento, que estavam também a usar nos seus trabalhos do referido mestrado de especialização, como estudantes. Estas narrações não foram submetidas ao processo de “validação” (aspeto tratado no Capítulo 2) no âmbito do meu estudo investigativo, por não se integrarem no seu objeto de estudo. Por esta mesma razão não efetuei uma análise formal destas Narrações. O trabalho que aqueles professores efetuaram no terreno com os seus alunos, assim como a primeira versão das Narrações Multimodais que elaboraram, constituíram para eles trabalhos ricos e importantes para seu Projeto de mestrado, que eles prosseguiram independentemente do meu trabalho. Para mim, aquele trabalho no terreno, aquela primeira versão das Narrações e a observação não participante que efetuei foram muito importantes para a minha informação e formação, e eram suficientes para este meu estudo. Para este, interessou-me apenas ter uma perceção bem informada do modo como foram tratados os temas, da sua relevância para os alunos dos primeiros anos de escolaridade e da adequação a esse contexto dos métodos e recursos utilizados. Posso afirmar que os resultados foram muito positivos. Posso afirmar que isso está patente nas Narrações referidas, que apresento nos Anexos 1-3. E isto foi muito importante para me dar confiança e segurança. As três secções seguintes são relativas aos três itens referidos no início desta secção: os três contextos da minha intervenção no terreno.

6.2 Dessalinização com energia solar e distribuição urbana da água

Este trabalho foi feito com a colaboração de três alunos do Mestrado em Ensino Experimental das Ciências da Escola Superior de Educação do I.P. Porto. Durante o desenvolvimento dos seus projetos, os quais fui acompanhando, surgiu o interesse em abordar algumas das temáticas que também têm sido do meu interesse, nomeadamente quanto ao uso de modelos físicos e virtuais em sala de aula (Barbot *et al.*, 2010), na relação entre Água, Energia e Sustentabilidade (Barbot, Lopes, *et al.*, 2010) e a importância do Ciclo Urbano da Água no Ensino e na Educação (Cerqueira & Barbot, 2010). O trabalho realizado teve influência na génese de um estudo realizado por colegas meus e que conduziu, designadamente, a uma comunicação (Silva, Pereira & Silva, 2012) sobre o “valor e a qualidade da água em função do seu uso” e cujo texto contém, como títulos de subsecções: “De onde vem a água que sai da torneira da tua casa?”; “Para onde vai a água depois de usada?”

Descrevo a seguir as atividades realizadas durante a aula em que estes recursos foram utilizados. De uma forma breve e resumida, apresento também uma análise preliminar e discussão sobre a aula e de que modo me pareceu ser importante para este estudo. Não é uma discussão feita por análise dos dados recolhidos, mas sim com base nas percepções e observações (minhas, enquanto professor-investigador) enquanto a aula decorria. A análise aprofundada foi feita posteriormente e é apresentada mais à frente neste documento.

Foi usado um forno solar para dessalinizar água e um modelo de um sistema de distribuição urbana de água. Ambos os recursos foram construídos com a colaboração dos alunos.

O dessalinizador solar era constituído por uma caixa de madeira com um vidro inclinado, como se vê na Figura 7 (esquerda). Dentro da caixa continha um tabuleiro para onde a água salgada era bombeada com uma bomba elétrica; nas aulas que observei do Ensino Básico esta bomba era alimentada por um painel fotovoltaico, que depois nas minhas aulas não foi usado. Ao colocar o dessalinizador ao sol, a temperatura dentro da caixa aumentava, e a água evaporava; ao entrar em contacto com o vidro a água condensava e escorria pela superfície interna e era depois recolhida.

O modelo do sistema de distribuição urbana de água, mostrado na Figura 7 (direita), consistia numa placa de madeira onde se colaram quatro copos de plástico, representando cada um deles uma habitação. Cada copo continha um orifício no fundo até ao outro lado da placa. Dessa forma puderam ser ligados com tubos de plástico por baixo da placa, como se de um sistema de abastecimento de água canalizada se tratasse. Usando uma garrafa de água de 1,5 L colocada com a abertura (correspondente à tampa) para baixo, e com a base (agora em cima) cortada, foi feito um reservatório de água ligado aos tubos de abastecimento. Enchendo a garrafa com água, podia ser observada a sua distribuição pelos copos, que iam enchendo. Foram testadas diferentes alturas.



Figura 7 – Fotografias dos recursos usados: dessalinizador solar (esquerda); modelo de um sistema de distribuição urbana da água (direita).

Durante a aula em que estes recursos foram usados foram feitos registos fotográficos e de áudio. No final da aula foram recolhidos alguns documentos dos alunos. Isto permitiu a posterior construção da Narração Multimodal.

O uso do dessalinizador solar permitiu que houvesse discussões sobre temas tais como temperatura, evaporação da água, condensação da água, poupança energética, entre outros. Os alunos manusearam o dessalinizador solar e discutiram sobre se o vidro deveria estar quente ou frio e sobre o que seria necessário para a água evaporar e condensar. Para além disso, observaram também que o declive do vidro permitia que a água fosse recolhida, aproveitando a força gravítica. Foi também discutida a necessidade de usar energia para ter água sem sal.



Figura 8 – Fotografias tiradas durante o uso do dessalinizador solar: com alunos do Ensino Básico (esquerda) e com alunos da Licenciatura em Educação Básica (direita).

Este modelo físico mostrou que é possível trabalhar as relações entre Água e Energia, quando propostas tarefas adequadas aos alunos. Neste caso, foram realizadas atividades experimentais relacionadas com: aquecimento de água pelo sol (usando energia solar em vez de eletricidade ou gás); produção de energia elétrica (com os painéis fotovoltaicos e luz, vindo esta do sol ou, por uma questão prática, de lâmpadas elétricas); fazer relações com atividades do quotidiano. Deverá ser realçado o facto de este modelo físico constituir um exemplo de possíveis contributos para uma Educação sobre Sustentabilidade. Neste caso, foram seleccionados e estudados vários temas e campos concetuais específicos: energia (sob várias formas), solubilidade em água, efeito fotoelétrico, transições de fase (mudanças de estado da água), circuitos elétricos, referência a viagens no espaço (a propósito dos painéis fotovoltaicos e da necessidade de água doce), entre outros.

Durante o uso do modelo de distribuição urbana de Água houve discussões sobre a necessidade de elevar a Água para reservatórios. Muitos alunos desconheciam o facto de essa distribuição ser na maior parte das vezes feita recorrendo à força gravítica, depois de se usar energia na sua elevação. Foi também discutida a ideia de que é necessário usar energia para ter água nas nossas casas.



Figura 9 – Fotografias tiradas durante o uso do modelo de distribuição urbana de água: com alunos do Ensino Básico (esquerda) e com alunos da Licenciatura em Educação Básica (direita).

Este modelo físico mostrou também que é possível trabalhar as relações entre Água e Energia, quando propostas tarefas adequadas aos alunos. Neste caso, foram realizadas atividades experimentais relacionadas com as necessidades energéticas na circulação de fluidos. Deverá também ser realçado o facto de este modelo físico constituir um exemplo de possíveis contributos para uma Educação sobre Sustentabilidade. Neste caso, foram selecionados e estudados vários temas e campos concetuais específicos: o uso de energia na distribuição urbana da água, bombas e filtros, tratamento da água, campo gravítico, pressão da água nas canalizações de distribuição (diferença entre o dia e a noite).

Para minha orientação durante a aula, elaborei o seguinte guião:

I - Antes das atividades experimentais:

1. Referir aos alunos o processo que conduziu à elaboração dos recursos
2. Montar os recursos e formular questões gerais:
 - a. Refiram alguns aspetos chave sobre a importância da **água**. Questões:
 - i. Qual a importância no planeta?;
 - ii. Qual a importância na vida?;
 - iii. Qual a importância na vida humana?:
 1. Na vida em si mesma;
 2. Na qualidade de vida;
 3. Na sustentabilidade da vida com qualidade.
 - b. Refiram alguns aspetos chave sobre a importância da energia. Questões:
 - i. Qual a importância no planeta?;
 - ii. Qual a importância na vida?;
 - iii. Qual a importância na vida humana?:
 1. Na vida em si mesma;
 2. Na qualidade de vida;
 3. Na sustentabilidade da vida com qualidade.
3. Refiram algumas **RELAÇÕES** entre **água** e **energia**.
4. Refiram algumas **RELAÇÕES** entre os pontos anteriores (1, 2 e 3) e os seguintes temas: **desenvolvimento; sustentabilidade**.
5. Referir o meu interesse no tema e as Comunicações e Posters elaborados.

II – Durante as atividades experimentais:

Tarefa: A tarefa consiste em usar os recursos físicos para elucidar os aspetos em jogo e responder às questões gerais colocadas. Objetivo é tirar conclusões sobre as relações dos conteúdos e o interesse

didático do recurso para o efeito. Existem sub tarefas que deixo à iniciativa dos alunos.

O meu papel é o de professor: quero que os alunos aprendam para mais tarde ensinarem aos alunos deles.

1. Sobre a importância da **água** — partindo sempre que possível de questões / observações / interpretações dos alunos — aprofundar com questões e/ou informações do professor, em aspetos como os a seguir referidos entre parêntesis (não têm que ser todos; e pode haver outros não listados):
 - a. No planeta; (sais arrastados pelos rios e outros cursos de água tornaram o mar salgado; a água contribui para moldar a geofísica; existe nas fases líquida, sólida e gasosa; nas transições de fase há calor latente, isto é, variação da entalpia, pelo que quando água evapora a que continua líquida fica mais fria, e vice-versa, e de modo semelhante quando se considera a fase sólida; ciclo hidrológico da água; tufões e similares; plantas; ecossistemas em água salgada, lagos doces, rios, zonas húmidas; ciclos de carbono na atmosfera e hidrosfera e litosfera; marés; idades de gelo; glaciares; el niño; monções; efeito de estufa das nuvens; ...)
 - b. Na vida; (vida terá nascido no mar; terá passado para a litosfera devido às marés; os seres vivos, na sua maioria, são essencialmente constituídos por água; ...)
 - c. Na vida humana
 - i. Na vida humana em si mesma; (homem constituído em cerca de 80% por água; água como solvente; sangue; metabolismo; transpiração e regulação da temperatura; alimentação via plantas e animais, que também necessitam de água; ...)
 - ii. Na qualidade da vida humana, individual e social; (água doce de qualidade; lazer; transportes fluviais e marítimos; ...)
2. Sobre a importância da **energia** — partindo sempre que possível de questões / observações / interpretações dos alunos — aprofundar com questões e/ou informações do professor, em aspetos como os a seguir referidos entre parêntesis (não têm que ser todos; e pode haver outros não listados):
 - a. No planeta; (a “vida” do planeta é no essencial determinada pela energia da radiação solar e pela energia armazenada no planeta aquando da sua formação; a energia do sol relaciona-se com o ciclo hidrológico, a fotossíntese, as florestas, todos os seres vivos que interatuam com tudo o resto, etc.; a energia armazenada está no núcleo ainda fundido, no magma, nas placas tectónicas, nos terremotos, e também na radioatividade de elementos formados noutras estrelas; há ainda energias de interação da terra com o Sol e a Lua, designadamente nas marés e nos movimentos de translação, rotação e precessão da Terra; há ainda os combustíveis fósseis, que no fundo vêm da energia do Sol mas estão armazenados e são finitos, sendo estes que dominam a atual civilização humana)
 - b. Na vida; (a vida corresponde a um estado de não equilíbrio termodinâmico para o qual é necessária energia, no metabolismo; e durante o qual os seres vivos diminuem ou não aumentam demasiado a sua entropia à custa do aumento da entropia do ambiente; a vida é, de certo modo, um jogo de energias em seres que são sistemas abertos; ...)
 - c. Na vida humana
 - i. Na vida humana em si mesma; (a vida humana é, de certo modo, um jogo de energias em seres que são sistemas abertos; ...)
 - ii. Na qualidade da vida humana, individual e social. (a civilização humana atual é dominada pela energia, proveniente dos combustíveis fósseis, dos materiais radioativos, do vento, etc., diretamente ou por transformação, esta sobretudo em energia elétrica; dependemos inteiramente da energia para a agricultura, indústria, transportes, serviços, lazer, ...)
3. Sobre **RELAÇÕES** entre **água** e **energia**
Relações referidas no “Poster” que apresentei no Congresso “Física 2010” sobre o assunto.

4. Sobre **RELAÇÕES** entre os pontos anteriores e os seguintes temas: **desenvolvimento; sustentabilidade**.

III - Depois das atividades experimentais:

Pedir aos alunos que escrevam algumas observações finais guiadas pelos seguintes pedidos:

1. Refira algumas **RELAÇÕES** entre **água** e **energia** que tenha ficado a compreender melhor e que lhe pareçam úteis para a sua formação pessoal e profissional.
2. Refira algumas **RELAÇÕES** entre **água, energia e sustentabilidade** que tenha ficado a compreender melhor e que lhe pareçam úteis para a sua formação pessoal e profissional.
3. Refira alguns aspetos **EXPERIMENTAIS** e **DIDÁTICOS** relacionados com água, energia e sustentabilidade que lhe pareçam úteis para a sua formação profissional. Comece por refletir sobre os recursos usados e as atividades realizadas nesta aula, e daí parta para uma reflexão sobre outros recursos ou atividades que lhe pareça interessante vir a conceber e a realizar.

Figura 10 – Guião elaborado pelo Professor na preparação da aula sobre Dessalinização com energia solar e distribuição urbana da água.

6.3 Lei de Arquimedes e energia potencial gravítica

Foi efetuada uma procura e um tratamento de dados sobre respostas de alunos em Testes, comparando as classificações obtidas em respostas relacionadas com a Lei de Arquimedes com outras. Isto foi feito porque havia a perceção, minha e de colegas meus, de que a Lei de Arquimedes é um dos assuntos mais difíceis para os alunos, e tal dificuldade constituiu motivação para incluir a temática no presente estudo. Ora, considere necessário verificar com dados numéricos se aquela perceção, e a conseqüente motivação, eram corroboradas com dados numéricos sólidos. A procura foi estendida a todos os anos sobre os quais havia dados na ESE: desde 1996 a 2011. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 15. O professor responsável das unidades curriculares foi sempre o mesmo; as perguntas tinham ao longo dos anos graus de dificuldade semelhantes.

Tabela 15 – Classificações obtidas em respostas relacionadas com a Lei de Arquimedes, em testes de Unidades Curriculares na ESE – IPP desde 1996 a 2011.

Ano letivo (*)	Curso (**)	Unidade Curricular (***)	N.º Alunos	Classificação média (%) na Questão sobre Lei de Arquimedes	Classificação média (%) no Teste
1996-97	PEB Mat/CN	MF II	18	27,5	31,7
1997-98	PEB EVT e EM	MF I	14	4,2	46,7
1997-98	PEB PTIN, PF e EF	MF I	74	0,3	46,9
1998-99	PEB Mat/CN	MF II	25	30,9	31,9
1999-00	PEB Mat/CN	MF II	25	42,7	66,7

2000-01	PEB Mat/CN	MF II	17	41,6	52,5
2000-01	1º CEB	CN I	15	16,8	28,9
2001-02	PEB Mat/CN	MF II	14	20,8	55,5
2005-06	Educ Inf	CN	16	29,3	48,3
2005-06	1º CEB	CN I	29	35,8	53,8
2006-07	Educ Inf	CN	33	20,9	40,7
2006-07	PEB EF e EM	MF I	36	16,6	36,6
2006-07	PEB EVT e PTIN	MF I	17	52,8	55,7
2007-08	PEB Mat/CN	MF II	11	15,9	52,6
2007-08	Educ Básica	FE	86	25,1	53,2
2010-11	Educ Básica	FE	54	20,7	46,1
N.º total de alunos			484		
Médias globais pesadas				22,3	47,2

(*) 2002-03 e 2003-04: Não há dados na Instituição.

2004-05, 2008-09 e 2009-10: O tópico "Lei de Arquimedes" não foi tratado nestes anos

(**)	PEB	Professores Ensino Básico - Variante Matemática e Ciências da Natureza
	Mat/CN	Matemática e Ciências da Natureza (Variante do Curso PEB)
	Educ Inf	Educadores de Infância
	EVT	Educação Visual e Tecnológica (Variante do Curso PEB)
	EM	Educação Musical (Variante do Curso PEB)
	PF	Português e Francês (Variante do Curso PEB)
	PTIN	Português e Inglês (Variante do Curso PEB)
	EF	Educação Física (Variante do Curso PEB)
	1º CEB	Professores do 1º Cilo do Ensino Básico
	Educ Básica	Licenciatura em Educação Básica
(***)	MF II	Meio Físico II (Componente de Meio Físico e Social II)
	MF I	Meio Físico I (Componente de Meio Físico e Social I)
	CN I	Ciências da Natureza I
	CN	Ciências da Natureza
	FE	Física para a Educação

Como se pode ver, a classificação média nas questões relativas à lei de Arquimedes (22,3%) é inferior a metade da classificação média dos testes (47,2%). Isto num universo de 484 alunos ao longo de cerca de 16 anos.

As atividades em sala de aula exploraram duas simulações computacionais relacionadas com o tema. Do trabalho realizado em sala de aula sobre esta temática resultou numa comunicação da qual sou coautor (Pinto *et al.*, 2012).

A aula iniciou-se com a formação de grupos de trabalho, que se dispuseram pelos computadores existentes; foi distribuída uma ficha de atividades por grupo.

Começou-se por explorar a simulação *Buoyancy* do projeto PhET, realçando o possível interesse deste para os alunos na sua atividade futura. No decorrer desta tarefa discutiu-se o significado de “equilíbrio”; os alunos tentaram encontrar o maior número de situações onde era atingido o equilíbrio. Antes do uso das ferramentas de simulação, foram tratados com os alunos os principais tópicos conceituais físicos, nomeadamente: campo gravítico, densidade, massa, peso e energia potencial gravítica, como parte do plano de estudos. Nas tarefas que se seguiram os alunos calcularam a energia potencial de um bloco, do fluido onde este imergia e a energia potencial total do sistema; foram calculadas os três valores para 5 posições diferentes do bloco no fluido. Deste cálculo, resultou um gráfico da energia potencial total do sistema em função da posição do bloco no fluido (Figura 11).

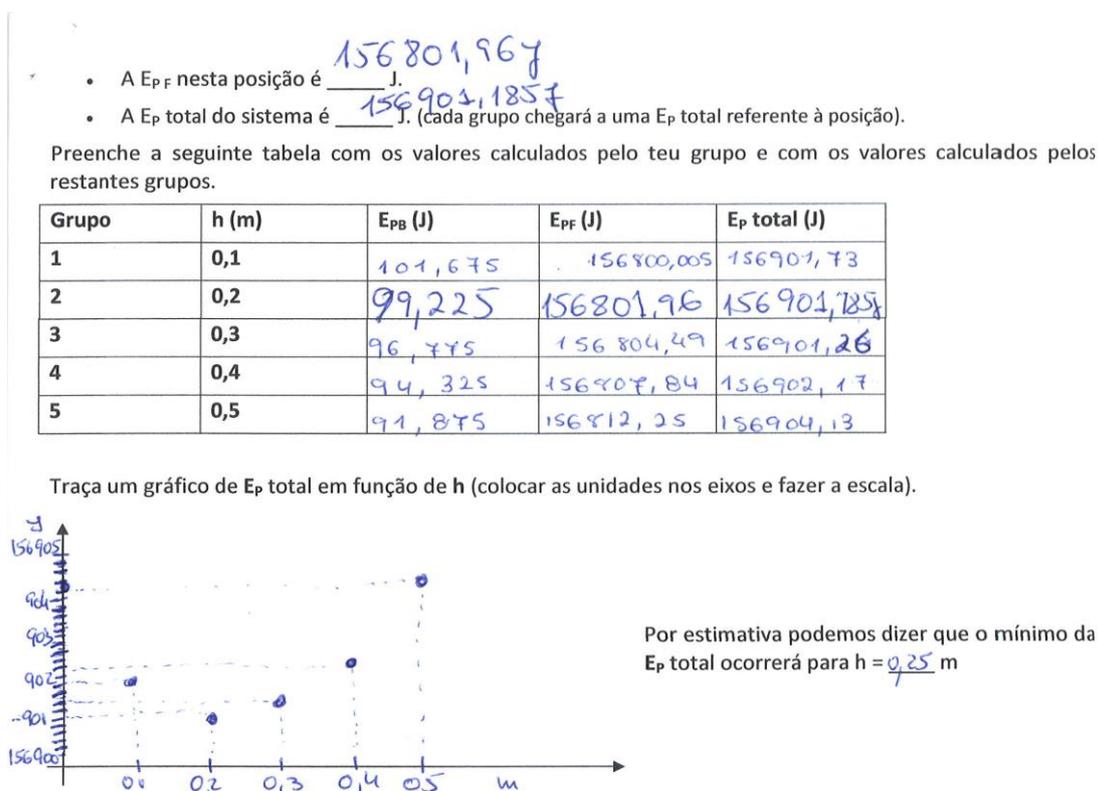


Figura 11 – Parte da ficha de atividades preenchida por um dos grupos de trabalho; em baixo, o gráfico resultante com a variação da energia potencial total do sistema. h – altura do bloco imersa, E_{PB} – Energia potencial do bloco, E_{PF} – Energia potencial do fluido, E_P total – Energia potencial total.

Os alunos puderam ler no gráfico qual a posição do bloco que correspondia à energia potencial mínima do sistema; aí o bloco estava em equilíbrio.

Depois da tarefa 2, onde os alunos calcularam manualmente a energia potencial do bloco e do fluido para diferentes posições do bloco, o professor apresentou a simulação computacional em folha de cálculo *Excel* da *Microsoft* (descrita em Silva, 1998); esta simulação que replicou alguns dos anteriores cálculos demorosos. Os alunos formaram grupos de 3-5 elementos, com um computador por grupo, tal como se pode ver na Figura 12.



Figura 12 – Fotografias tiradas durante as aulas nas quais foram usadas as simulações computacionais sobre lei de Arquimedes e energia Potencial gravítica.

Tal como descrito em Silva (1998), num campo gravítico, quando um corpo sólido parcialmente ou totalmente imerso num fluido é deixado sem mais nenhuma força externa, será atingida uma situação de equilíbrio estático se e quando for atingida uma situação de *energia potencial total mínima*. Ora, esta simulação tratou disso mesmo; os alunos introduziam dados em células da folha de cálculo e eram produzidos gráficos sobre a variação da energia potencial de um bloco, de um fluido e do sistema. A Tabela 16 mostra parte da folha de cálculo para um dado grupo de dados de entrada. Os alunos introduziam os dados nas células a cinzento. A este modelo da folha de cálculo estão associados gráficos padrão do *Excel* (Figura 13).

Nesta simulação, algumas células estavam protegidas apenas para prevenir que algumas das fórmulas fossem acidentalmente apagadas ou alteradas. Os alunos podiam alterar os valores das células desprotegidas relacionadas com: g , A_B , h_B , ρ_b , ρ_f . Na Figura 14 podem ser vistas duas cópias de ecrã obtidas durante as tarefas.

Tabela 16 – Um exemplo da folha de cálculo do *Excel*. Os valores são introduzidos nas células que estão a sombreado (Silva, 1998).

	B	C	D	E	F	G	H	I
1			g	9,8000	m/s^2			
3	A_B	1,800	m			A_{cont}	2,000	m
4	h_B	1,000	m			H_0	4,000	m
6	ρ_B	500,000	Kg/m^3			ρ_F	1000,000	Kg/m^3
8	In. Pot. En. B	39690,00	J			In. Pot. En. F	156800,00	J
10	Δz_B	-0,00030	m			$\Delta Weight_F$	5,292	N
12	ΔEp_B	-2,646	J			ΔH	0,003	m
15	Block			Fluid			Block + Fluid	
16	Displacement	Immersed part	Pot. En.	Raise of displac	Pot. En.	Pot. En.	Pot. En.	Pot. En.
17	h'	h		d volume	Variation		Variation	
18	(m)	(m)	(J)	(m)	(J)	(J)	(J)	(J)
19	0,00	0,00	39687,35	0,002	0,01	156800,01	-2,64	196487,36
20	0,00	0,01	39684,71	0,005	0,02	156800,03	-2,62	196484,74
21	0,00	0,01	39682,06	0,008	0,04	156800,07	-2,61	196482,13
22	0,00	0,01	39679,42	0,011	0,06	156800,13	-2,59	196479,54
23	0,00	0,02	39676,77	0,014	0,07	156800,20	-2,57	196476,97
24	...							
184	0,05	0,50	39250,76	0,497	2,63	157018,74	-0,02	196269,50
185	0,05	0,50	39248,12	0,500	2,64	157021,38	0,00	196269,50
186	0,05	0,50	39245,47	0,503	2,66	157024,04	0,01	196269,51

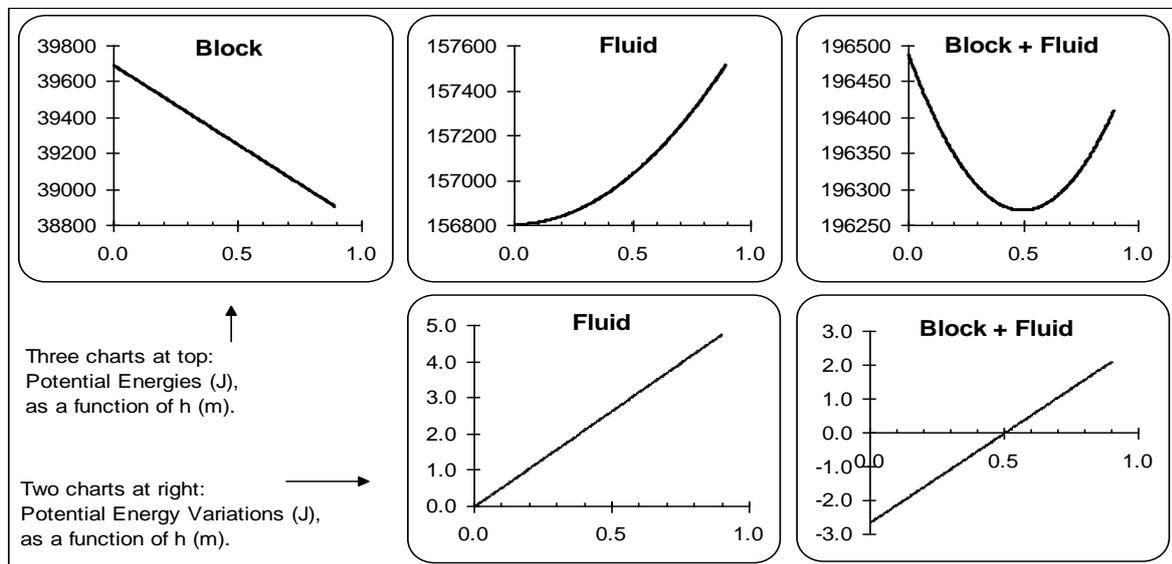


Figura 13 – Grupo de gráficos resultantes da introdução de dados; neste caso com $\rho_B < \rho_F$ (Silva, 1998).

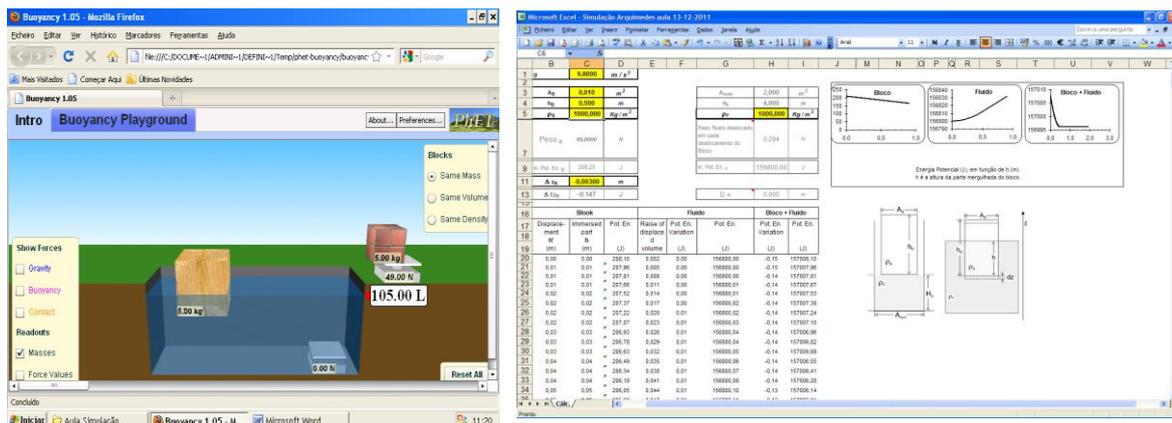


Figura 14 – Dois exemplos de cópias de ecrã realizadas durante a tarefa 1 (esquerda) e tarefa 2 (direita). Nesta última, os alunos introduziram valores idênticos para as densidades do bloco e fluido (pode ser visto no pequeno gráfico do canto superior direito: a partir de uma certa posição de imersão do bloco, a energia potencial total mantém-se mínima).

As atividades realizaram-se de acordo com a seguinte ficha:

Ficha de atividades para aula PL Dezembro de 2011

Tarefa 1 – Uso da simulação “Buoyancy” que está disponível no computador.
 (Endereço – <http://phet.colorado.edu/en/simulation/buoyancy>)
 Experimente várias situações.
 Se achar conveniente, acompanhe com experimentações numa tina com água e vários objetos.

Tarefa 2 – Calcular de modo aproximado (manualmente ou com a máquina de calcular) o valor da energia potencial (E_p) do bloco e do fluido para diferentes posições.
 Tal como foi visto na aula teórica, qualquer corpo em imersão obriga a que um volume de líquido se desloque; a esse deslocamento corresponde uma subida no nível da superfície do fluido. Contudo, iremos considerar um recipiente suficientemente grande para não se considerar essa subida do nível do fluido, como por exemplo um barco a flutuar no mar. Portanto, a figura ao lado não está à escala

Dados
 Considera $g = 9,8 \text{ m} / \text{s}^2$ e:
 Dados do bloco: $A_B = 0,01 \text{ m}^2$; $h_B = 0,5 \text{ m}$; $\rho_B = 500 \text{ Kg} / \text{m}^3$
 Dados do fluido: $\rho_F = 1000 \text{ Kg} / \text{m}^3$; $H_0 = 4 \text{ m}$
 Dados do recipiente: $A_{\text{cont}} = 2 \text{ m}^2$

Subtarefa 2.1 – Cálculo preliminares para a situação inicial (em que o bloco está fora de água).

- Calcular o peso do fluido, com A_{cont} , H_0 e ρ_F . **O peso do fluido é: _____ N.**
- Calcular a E_p inicial do fluido. O centro de massa está no centro de simetria. Altura do centro de massa é ____ m. **A E_p inicial do fluido é: _____ J**
- Calcular o peso do bloco com A_B , h_B e ρ_B . **O peso do bloco é: _____ N.**
- Calcular a E_p inicial do bloco. O centro de massa está no centro de simetria. Altura do centro de massa é ____ m. **A E_p inicial do bloco é: _____ J.**
- **A E_p total inicial do sistema é _____ J.**

Subtarefa 2.2 – Cálculo do valor da EP do bloco e do fluido para diferentes posições
 O grupo 1 faz o cálculo para uma descida de 0,1 m; o grupo 2 para 0,2 m; etc.

Recorde: sinal "+" se for aumento, e sinal "-" se for diminuição.

Na situação em que o bloco inicia a sua "entrada" no fluido:

- Suponha que o bloco se desloca para uma posição em que fica $dz = -$ ____ m.
- A E_{PB} variou ____ J.
- A E_{PB} nesta posição é ____ J.
- O peso do fluido que vai ser obrigado a subir pela descida do bloco é ____ N.
- A E_{PF} variou ____ J.
- A E_{PF} nesta posição é ____ J.
- A E_p total do sistema é ____ J. (cada grupo chegará a uma E_p total referente à posição).

Preenche a seguinte tabela com os valores calculados pelo teu grupo e com os valores calculados pelos restantes grupos.

Grupo	h (m)	E_{PB} (J)	E_{PF} (J)	E_p total (J)
1	0,1			
2	0,2			
3	0,3			
4	0,4			
5	0,5			



Traça um gráfico de E_p total em função de h (colocar as unidades nos eixos e fazer a escala).

Por estimativa podemos dizer que o mínimo da E_p total ocorrerá para $h =$ ____ m

Tarefa 3 – Trabalho em grande grupo com o professor usando a modelização e simulação em "Excel"

Verificar a estimativa efetuada no gráfico anterior.

Outras simulações em diálogo com os alunos.

Tarefa 4 – Trabalho em cada grupo usando a modelização e simulação em "Excel"

Em grupo, efetua duas ou três variações de parâmetros e interpreta os resultados obtidos, designadamente os gráficos. Regista um dos casos (fazendo uma cópia de ecrã e colando-a neste local) e comenta-o.

Tarefa 5 – Comentários sobre o interesse ou utilidade do uso desta ferramenta para a compreensão dos conceitos envolvidos.

Faz uma pequena reflexão sobre o uso desta simulação e os seus contributos para o aprofundamento dos assuntos envolvidos.

Tarefa 6 – Atividade complementar (pode ser feita fora da aula)

Elabore uma pergunta sobre este assunto, com duas alíneas, para ser respondida em cerca de 10 minutos.

Cada grupo deve entregar essa pergunta na próxima aula.

A pergunta que o teu grupo elaborar, juntamente com as elaboradas pelos outros grupos da turma, serão coligidas pelo professor (eventualmente com algum ajustes) num documento que será colocado no Moodle.

A pergunta sobre este assunto no Teste para esta turma será escolhida de entre as perguntas referidas.

Figura 15 – Ficha de atividades elaborada pelo Professor e usada na aula sobre Lei de Arquimedes e Energia Potencial gravítica.

6.4 Produção de energia elétrica com células de combustível

Estas aulas foram marcadas com os alunos fora do período letivo como uma Oficina (“workshop”) sobre o estudo de Células de Combustível utilizando simuladores computacionais e um *kit* de uma célula de combustível. As aulas decorreram num laboratório onde havia computadores com acesso à *internet*, onde acederam às simulações computacionais e fizeram algumas pesquisas.

A aula iniciou-se com a formação de grupos de trabalho, que se dispuseram pelos computadores existente. Em seguida distribuí uma ficha de atividades por grupo. Começou-se por projetar um vídeo que acompanhava o *kit*. De seguida, os alunos abriram as simulações computacionais. Primeiro exploraram a simulação computacional SEPUP a) relativa à eletrólise da água; depois exploram a simulação SEPUP b), relativa ao funcionamento de uma célula de combustível. Em cada um dos usos, os alunos fizeram cópias de ecrã e comentaram cada uma delas (Figura 16).

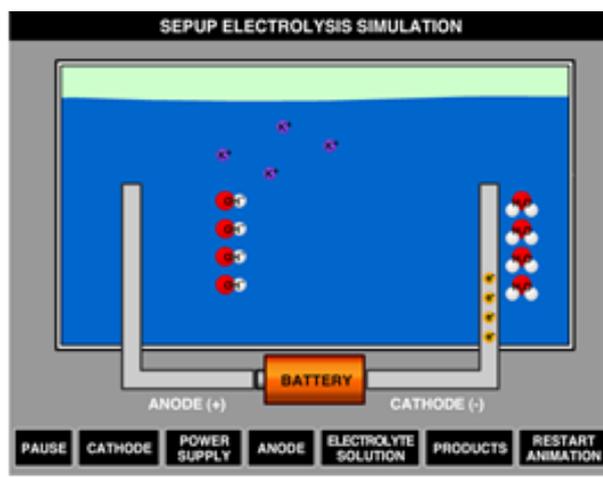


Figura 16 – Cópia de ecrã feita pelos alunos durante a Tarefa 2.

Os alunos procederam então à montagem do *kit*, que era constituído por quatro partes principais (Figura 17): (i) painel fotovoltaico onde através do efeito fotoelétrico se obtinha a energia elétrica necessária para a eletrólise da água; (ii) uma segunda parte onde se realizava a eletrólise da água, com armazenamento de ambos os gases resultantes (oxigénio e hidrogénio); (iii) a célula de combustível, onde se produzia energia elétrica que alimentava uma pequena ventoinha (iv). Fizeram com ele várias experiências: desligaram uma parte do sistema; simularam uma avaria; taparam o sol; colocaram água destilada no recipiente da

água; desligaram os tubos de abastecimento de gás; tentaram detetar alguma variação de temperatura, e outras.

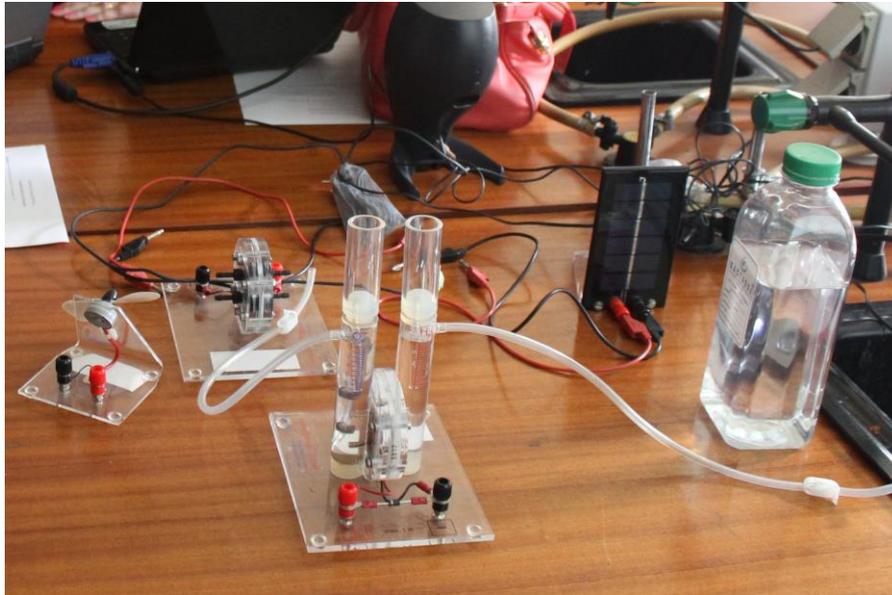


Figura 17 – Fotografia do kit da célula de combustível

Os alunos fizeram também uma representação esquemática do princípio do sistema, representando as suas partes constituintes e como elas se interligam. Na Figura 18 apresenta-se um desses esquemas.

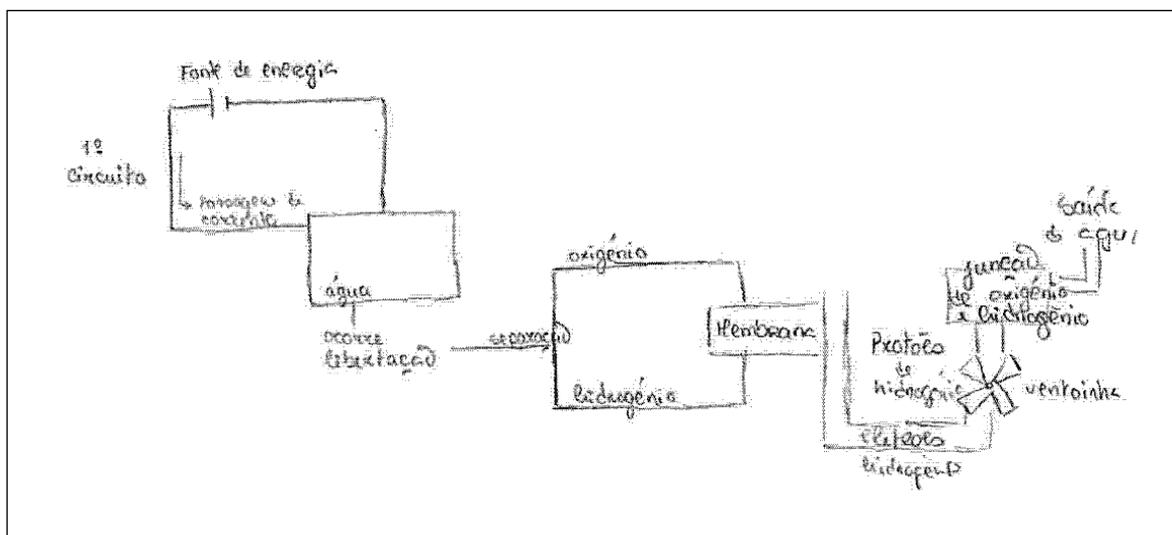


Figura 18 – Esquema do princípio de funcionamento do sistema feito por um aluno na sequência de umas tarefas realizadas

As atividades realizaram-se de acordo com a seguinte ficha de trabalho:

<p style="text-align: center;">Célula eletrolítica - PLANIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES</p> <p>Sessão 1 - Dia 8-5-2012 das 10h às 13h (duração: 3 h)</p> <p>I – <u>Ficha de diagnóstico</u> para orientação do professor.</p> <p>II - Introdução teórica: Vídeo de 7 min que acompanha o <i>kit</i> didático. Debate.</p> <p>III – Uso de duas simulações computacionais</p> <p>a) Simulação sobre eletrólise (http://www.spuplhs.org/high/hydrogen/electrolisis_sim.html)</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>Utilizar</u> as potencialidades do simulador. Observar a simulação nas suas diversas partes.• <u>Fazer</u> algumas cópias de ecrã com legenda. Gravar num ficheiro de Word.• Debate: Em que é que consiste a eletrólise da água? Qual a sua função num sistema com uma célula de combustível?• <u>Fazer</u> um esquema dos dispositivos usados e dos fluxos de matéria (água, gases,...) e de energia (diversas formas) na eletrólise da água. <p>b) Simulação sobre célula de combustível (http://www.sepuplhs.org/high/hydrogen/fuelcell_sim.html)</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>Utilizar</u> as potencialidades do simulador. Observar a simulação nas suas diversas partes.• <u>Fazer</u> algumas cópias de ecrã com legenda. Gravar num ficheiro de Word.• Debate: O que faz uma célula de combustível? Qual a importância da membrana da célula de combustível?• <u>Fazer</u> um esquema dos dispositivos usados e dos fluxos de matéria (água, gases,...) e de energia (diversas formas) na célula de combustível. <p>c) Debate sobre os dois esquemas efetuados pelos diversos grupos.</p> <p>IV – Uso de um <i>kit</i> didático com uma célula de combustível</p> <p>a) <u>Montagem</u> e colocação em funcionamento do <i>kit</i>.</p> <p>b) <u>Fazer</u> um esquema de princípio do sistema, representando esquematicamente as suas partes constituintes e como elas se interligam (símbolos, ligações...).</p> <p>c) Debate sobre o funcionamento do <i>kit</i> e os esquemas de princípio dos vários grupos.</p> <p>Sessão 2 - Dia 15-5-2012 das 10h às 13h (duração: 3 h)</p> <p>IV - (continuação)</p> <p>d) <u>Fazer</u> as seguintes experimentações com o sistema: desligar uma parte do sistema; simular uma avaria; tapar o sol; colocar água destilada no recipiente da água; desligar um dos tubos de abastecimento de gás; com um termómetro ver se se deteta alguma variação de temperatura; podem fazer outras experimentações.</p> <p>e) <u>Calcular</u> a eficiência da parte central do sistema: calcular a potência elétrica fornecida pelo painel fotovoltaico e a recebida pelo motor. Usar voltímetros e amperímetros.</p> <p>V – Esquema conceptual</p> <p><u>Fazer</u> um esquema conceptual sobre os fluxos de matéria e de energia no sistema. Use figuras geométricas (retângulos, círculos, setas,...), palavras e pequenas frases. Inclua a parte da eletrólise e a parte da célula. Refira conceitos como energia, corrente, calor, trabalho, matéria, potência, ...</p> <p>VI – Síntese e pós-teste</p> <p>Conforme o tempo disponível, far-se-á uma síntese e um aprofundamento.</p> <p>Simulador: bateria de células eletrolíticas: (http://www.bigs.de/en/shop/anim/bz01.swf)</p> <p>Ficha de diagnóstico para orientação do professor.</p>
--

Figura 19 – Planificação das atividades elaborada pelo Professor para ser usada na aula sobre Produção de Energia elétrica com Células de combustível.

7 INTERVENÇÃO NO TERRENO: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

7.1 Introdução

Como referido na secção 3.5, para registo de dados das intervenções em aula, efetuei a sua gravação áudio. Usei apenas um gravador, uma vez que as atividades chave sobre as quais incide o presente estudo foram, de um modo geral, trabalhadas em grande grupo; e, mesmo quando se realizavam em pequenos grupos eram apenas as partilhas efetuadas em grande grupo que eram registadas. A transcrição destas gravações áudio, assim como documentação diversa, constituíam o material com o qual eram construídas Narrações Multimodais (NM). As NM desempenharam um papel chave neste estudo. Para a sua análise foram estabelecidas as unidades e as categorias de análise, tal como descrito na secção 3.6.

As **categorias de análise** (às quais se chegou pelo processo então descrito) são as seguintes:

Água_Aluno_CTSA; Água_Aluno_Referente_Recurso; Água_Aluno_Uso_Recurso;
Água_Professor_CTSA; Água_Professor_Referente_Recurso; Água_Professor_Uso_Recurso;
Energia_Aluno_CTSA; Energia_Aluno_Referente_Recurso; Energia_Aluno_Uso_Recurso;
Energia_Professor_CTSA; Energia_Professor_Referente_Recurso;
Energia_Professor_Uso_Recurso; RAE_Explícita_Aluno_CTSA;
RAE_Explícita_Aluno_Ref_Recurso; RAE_Explícita_Aluno_Uso_Recurso;
RAE_Explícita_Professor_CTSA; RAE_Explícita_Professor_Ref_Recurso;
RAE_Explícita_Professor_Uso_Recurso; RAE_Potencial_Aluno_CTSA;
RAE_Potencial_Aluno_Ref_Recurso; RAE_Potencial_Aluno_Uso_Recurso;

A **unidade de análise** das narrações é de tipo micro, correspondendo a um *evento*. Considera-se que existe um *evento* quando ocorre pelo menos uma das categorias de análise; e que existe uma passagem de um evento para outro quando há a ocorrência de uma nova categoria ou quando uma categoria deixa de ocorrer.

Com base nestas especificações, analisam-se as NM. Neste processo constroem-se tabelas do tipo da Tabela 5, a que correspondem, no NVivo, **marcações nas NM**, como se ilustra na Figura 2.

O processo de análise prossegue então, como também já referido na secção 3.5, com a construção de **tabelas de correlação** com o *Microsoft Excel* e de diagramas em árvore, **dendrogramas**, com o *StatSoft Statistica*.

Nas secções seguintes apresentam-se os resultados para cada uma das narrações em termos de correlações (e seu significado estatístico) e de dendrogramas. Para cada narração são apresentados dois tipos de tratamento de dados, um deles objeto de dois tipos de interpretação:

- Correlações entre categorias de análise;
- Agrupamento de eventos com base nas categorias de análise que neles ocorrem com dois tipos de interpretação: uma focando relações entre água e energia; outra focando tarefas.

7.2 Dessalinização com energia solar e ciclo urbano da água

7.2.1 Análise de dados sobre relações entre água e energia – correlações entre categorias de análise

Os dados completos aqui referidos estão no Anexo 4.

Nesta narração multimodal, e no que diz respeito a este cálculo de correlações entre todas as categorias, são 40 as correlações com grau de confiança de 99,9% (valor que foi tomado como referência para considerar que existe significado estatístico), e o seu valor médio é 0,43. Dado tratar-se de um estudo onde procuro as categorias que mais se relacionem entre si, traduzidas aqui pelas correlações mais elevadas, optei por destacar aquelas que estão acima da média. As correlações, que dentro das estatisticamente significativas estão acima da média, e as categorias de análise correspondentes podem ser vistas na Tabela 17.

Tabela 17 – Correlações que dentro das estatisticamente significativas estão acima da média, e correspondentes pares de categorias de análise.

Média das correlações com 99,9% de grau de confiança – 0,43	
Correlações acima da média	Categorias de análise correlacionadas
0,72	RAE Professor Ref. Recurso - Energia Professor Ref. Recurso
0,71	RAE Professor CTSA - Energia Professor CTSA
0,70	RAE Professor Uso Recurso - Energia Professor Uso Recurso
0,62	Energia Professor Uso Recurso - Água Professor Uso Recurso
0,62	RAE Explícita Aluno CTSA - Energia Aluno CTSA
0,58	RAE Potencial Aluno Ref. Recurso - Água Aluno Ref. Recurso
0,56	RAE Explícita Aluno Ref. Recurso - Água Aluno Ref. Recurso
0,55	RAE Potencial Aluno Uso Recurso - Água Aluno Uso Recurso
0,54	RAE Explícita Aluno Uso Recurso - Energia Aluno Uso Recurso
0,52	RAE Explícita Aluno Ref. Recurso - Energia Aluno Ref. Recurso
0,49	Água Aluno Uso Recurso – Água Professor Uso Recurso
0,48	Energia Aluno Uso Recurso – Energia Prof. Uso Recurso
0,48	RAE Explícita Aluno Uso Recurso – RAE Professor Uso Recurso
0,47	Energia Aluno Ref. Recurso – Energia Professor Ref. Recurso
0,45	RAE Potencial Aluno Ref. Recurso - RAE Potencial Aluno CTSA
0,44	RAE Professor Uso Recurso - Água Professor Uso Recurso

Pode ser visto na Tabela 17 que as correlações mais elevadas ocorrem quando o Professor refere o tema Energia e estabelece Relações Água-Energia: quando o Professor *refere o recurso* existe uma correlação de 0,72 entre a referência ao tema Energia e o estabelecimento de Relações Água-Energia; quando o professor refere o tema Energia pela via *CTSA*, existe uma correlação de 0,71 entre essa referência e o estabelecimento de Relações Água-Energia; quando o professor *usa o recurso* existe uma correlação de 0,70 entre a referência ao tema Energia e o estabelecimento de Relações Água-Energia. Ainda no caso do professor, quando este *Usa o Recurso* existe uma correlação de 0,62 entre a referência ao tema Energia e a referência ao tema Água.

No caso dos alunos podemos ver na tabela que quando estes referem o tema Energia em contextos *CTSA*, existe uma correlação de 0,62 entre essa referência e o estabelecimento de Relações Explícitas Água-Energia; quando os alunos *usam o recurso* existe uma correlação de 0,54 entre a referência ao tema Energia e o estabelecimento de Relações Explícitas Água-

Energia; quando os alunos *referem o recurso* existe uma correlação de 0,52 entre a referência ao tema Energia e o estabelecimento de Relações Explícitas Água-Energia. Contudo, e apesar de ser pela via do tema Energia que se verificam mais Relações Explícitas Água-Energia pela parte dos alunos, há ainda relações explícitas e potenciais estabelecidas pela via do tema Água. Ainda na mesma tabela podemos ver que quando os alunos se *referem ao recurso* existe uma correlação de 0,56 entre a referência ao tema Água e o estabelecimento de Relações Explícitas Água-Energia. Ou seja, a referência ao recurso pela parte dos alunos, seja pela via do tema Água, seja pela via do tema Energia, cria condições para que estes estabeleçam relações explícitas entre os dois temas.

Ainda pela via do tema Água existem Relações Potenciais Água-Energia da parte dos alunos: quando estes *referem o recurso* há uma correlação de 0,58 entre a referência ao tema Água e a existência de Relações Potenciais Água-Energia; quando os alunos *usam o recurso* há uma correlação de 0,55 entre a referência ao tema Água e a existência de Relações Potenciais Água-Energia.

Existem ainda correlações significativas, e de certo modo expectáveis, quando ambos (Professor e Aluno) *usam* ou *referem o recurso*. Digo serem expectáveis pois trata-se de situações em que a mesma categoria de análise coocorre para o professor e aluno. São casos em que será natural haver correlações significativas, pois o facto de uma das partes referir um tema ou estabelecer uma relação, leva a que a outra parte também o faça. Vejamos: quando ambos *usam o recurso* – a referência ao tema Água pelo Professor tem uma correlação de 0,49 com a referência ao mesmo tema pelo Aluno; a referência ao tema Energia pelo Professor tem uma correlação de 0,48 com a referência ao mesmo tema pelo Aluno; o estabelecimento de uma Relação Água-Energia pelo professor tem uma correlação de 0,48 com o estabelecimento de uma Relação Água-Energia Explícita pelo Aluno. Quando ambos *referem o recurso* – existe uma correlação de 0,47 entre a referência feita por ambos ao tema Energia.

Podemos ver ainda a correlação de 0,45 entre uma Relação Água-Energia Potencial pelo Aluno quando *refere o recurso* e uma Relação Água-Energia Potencial pelo Aluno pela via CTSA; isto poderá significar que houve um número significativo casos de ocorrência de Relações Potenciais pelo aluno quando *referia o recurso* num contexto CTSA. Por último podemos ver que existe uma correlação de 0,44 entre o estabelecimento de uma Relação Água-Energia e a referência ao tema Água pelo Professor, quando este usa o recurso.

De uma forma geral pode dizer-se que é aparentemente pela via do tema Energia em contextos CTSA que os alunos estabelecem mais Relações Explícitas Água-Energia. Contudo, a referência ou uso do recurso pela parte dos alunos, cria também condições para que estes relacionem os dois temas, mas mais pela via do tema água.

É natural que com os recursos utilizados os alunos partam mais facilmente para o estabelecimento de relações água-energia pela via do tema água (dessalinizar *água*, distribuição de *água*). É por isso também natural que necessitem de situar o tema energia em contextos CTSA, no estabelecimento de relações água-energia.

No caso do professor, é também aparentemente pela via do tema Energia que este estabelece mais Relações Água-Energia, quer em contextualizações CTSA, quer referindo ou usando o recurso. É natural que sejam estas as correlações mais elevadas da narração pois nesta aula o professor explicitou logo de início que há relação entre as temáticas, que essa relação é importante e que existem recursos onde a relação é evidenciada. Foi o professor que apresentou o recurso, e era o professor que tinha a intenção de relacionar os dois temas.

Repare-se que o professor, enquanto usava ou referia o recurso partiu do tema energia para estabelecer relações água-energia. Este facto está certamente relacionado com o facto de ser uma via inicialmente menos óbvia para os alunos enquanto usavam o recurso, que lhe era menos familiar, e por isso o professor viu a necessidade de reforçar o estabelecimento de relação entre as temáticas por essa via.

Apesar de serem correlações da mesma ordem de grandeza (as referentes ao aluno e as referentes ao professor), era de certa forma expectável que fosse a referência ao recurso pela parte do professor que se correlacionasse mais com o estabelecimento de relações Água-Energia. Isto porque foi o professor que apresentou o recurso, e era o professor que tinha a intenção de relacionar os dois temas; seria por isso de esperar que, ainda que sem manusear/usar o recurso, o referisse várias vezes quando estabelecia relações Água-Energia.

7.2.2 Análise de dados sobre relações entre água e energia – formação de grupos de eventos com base nas categorias de análise que neles ocorrem

Para esta análise foram criados dendrogramas onde são agrupados eventos da narração multimodal que são caracterizados por uma ou mais categorias de análise. As categorias de análise que se consideram características de um grupo são aquelas que aparecem no grupo de eventos mais de 50 % das vezes. Os dados completos relativos a esta análise podem ser vistos no Anexo 4.

No dendrograma da Figura 20 podem ser vistos os grupos de eventos criados, correspondentes à aula a que este subcapítulo se reporta; neste caso, o valor determinado no eixo vertical do dendrograma para a escolha de grupos a analisar foi 0,5. Esta linha está na figura desenhada com a cor verde. Na Tabela 18 estão descritas as categorias de análise que caracterizam esses mesmos grupos; as linhas a sombreado significam que nesses grupos de eventos existe uma ou mais categorias de análise com o elemento categorial “Relação Água-Energia” (RAE), em estudo nesta secção.

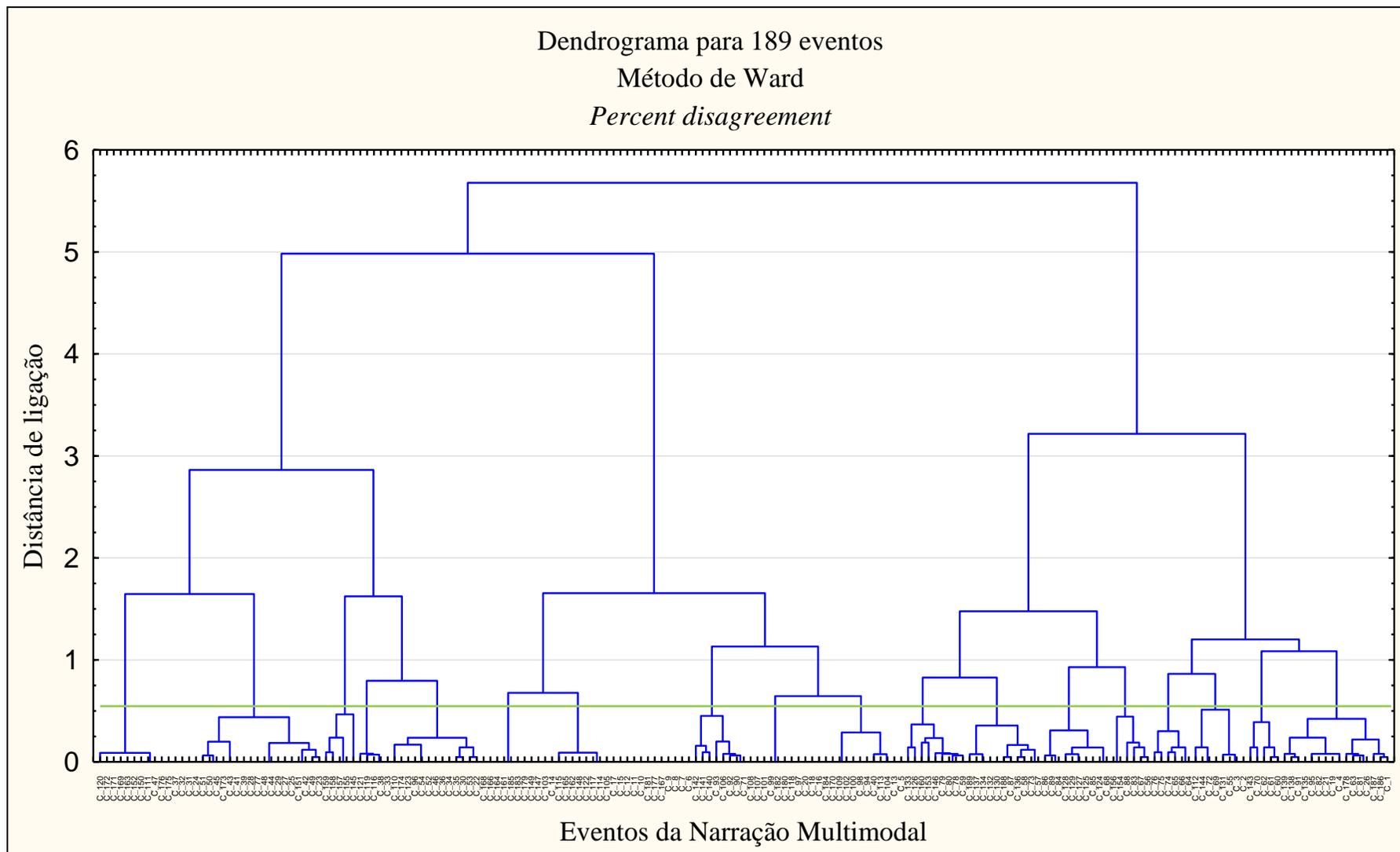


Figura 20 – Dendrograma que agrupa eventos da narração da aula sobre Dessalinização com Energia Solar e Ciclo Urbano da Água.

Tabela 18 - Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma da Figura 20. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes a relações água-energia.

Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma				
Grupo	Relações Água - Energia		Outras categorias de análise	
	Professor	Aluno	Professor	Aluno
1	RAE Prof. CTSA	—	Água Prof. CTSA; Energia Prof. CTSA	—
2	—	—	Energia Prof. CTSA	Energia Aluno CTSA
3	RAE Prof. CTSA; RAE Prof. uso Recurso	RAE Explícita Aluno CTSA; RAE Explícita Aluno uso Recurso;	Água Prof. CTSA; Água Prof. uso Recurso; Energia Prof. CTSA; Energia Prof. uso Recurso	Água Aluno CTSA; Água Aluno uso Recurso; Energia Aluno CTSA; Energia Aluno uso Recurso
4	—	RAE Explícita Aluno CTSA	—	Água Aluno CTSA; Energia Aluno CTSA
5	RAE Prof. CTSA	RAE Explícita Aluno CTSA	Água Prof. CTSA; Energia Prof. CTSA	Água Aluno CTSA; Energia Aluno CTSA
6	—	—	Água Prof. CTSA	—
7	—	—	Água Prof. CTSA	Água Aluno CTSA
8	—	RAE Potencial Aluno CTSA; RAE Potencial Aluno ref. Recurso	Água Prof. CTSA	Água Aluno CTSA; Água Aluno ref. Recurso
9	—	RAE Potencial Aluno CTSA	Água Prof. CTSA	Água Aluno CTSA
10	—	RAE Potencial Aluno CTSA	—	Água Aluno CTSA
11	—	—	—	Água Aluno CTSA; Água Aluno uso Recurso
12	—	RAE Potencial Aluno uso Recurso	Água Prof. ref. Recurso	Água Aluno uso Recurso
13	—	RAE Potencial Aluno uso Recurso	Água Prof. Uso Recurso	Água Aluno uso Recurso
14	RAE Prof. uso Recurso	—	Água Prof. uso Recurso; Energia Prof. uso Recurso	—
15	—	—	Energia Prof. ref. Recurso	Energia Aluno ref. Recurso
16	RAE Prof. CTSA; RAE Prof. ref. Recurso	—	Água Prof. CTSA; Água Prof. ref. Recurso; Energia Prof. CTSA; Energia Prof. ref. Recurso	—
17	RAE Prof. ref. Recurso	—	Água Prof. ref. Recurso; Energia Prof. ref. Recurso	—
18	—	RAE Explícita Aluno ref. Recurso	Água Prof. ref. Recurso	Água Aluno ref. Recurso; Energia Aluno ref. Recurso
19	—	—	Água Prof. Ref. Recurso	—

Depois de feita esta análise, foram procurados excertos da narração exemplificativos de cada um dos grupos, no sentido de elucidar sobre alguns aspetos relacionados com relações Água –

Energia. Deu-se especial destaque àqueles grupos onde ocorrem relações água-energia, ou pelo professor ou pelos alunos (grupos a sombreado na tabela). Realço que de cada um dos grupos se poderiam extrair vários exemplos de zonas da narração onde as categorias que os caracterizam estão presentes; mas apenas se apresenta um de cada grupo.

Os seguintes comentários baseiam-se na análise da Tabela 18.

Podemos ver um primeiro grupo (Grupo 1) que é composto por eventos caracterizados apenas por categorias de análise ligadas ao professor, em que este estabelece relações Água-energia pela via CTSA. O excerto exemplificativo explicita isso mesmo: nele, o professor relaciona os temas água e energia com a produção de energia elétrica das barragens hidroelétricas:

“P: Portanto, nós estávamos a falar da água, passamos à energia por uma sugestão... quando falaram de barragens, o que nos leva também aqui a pensar que as duas coisas estão muito relacionadas. A água e a energia. Porque se pensarmos que basicamente precisamos de água para ter energia...”

Passando ao Grupo 3, podemos ver na tabela que nele estão agrupados eventos que têm como característica o facto de, quer o professor, quer os alunos, estabelecerem relações água-energia, enquanto usam o recurso. O excerto seguinte exemplifica uma das conversas entre professor e alunos em que isso mesmo aconteceu. A propósito do recurso que manuseavam, relacionaram-se ambos os temas, em contextos CTSA:

“P: E onde é que veem a relação entre água e energia neste ciclo? Mais uma vez, três, ou quatro pontos.

Aluno: Energia gravítica dos depósitos para as casas.

P: Sim. Podias começar do rio, mas não interessa. É um ciclo, podes começar por qualquer lado.

Aluno: Sim, no rio para bombear a água.

Os alunos ficaram em silêncio e como estes não avançavam com mais nenhuma relação, o professor continua:

P: A energia química, os produtos químicos que se gasta na ETA, a energia elétrica que se gasta, para além de bombear, nas máquinas. E essa relação água-energia como sustentabilidade? Existe? (fez-se silêncio) O que é que é Sustentabilidade?

Aluno: Poupança dos recursos.”

O Grupo 4 é caracterizado por eventos onde os alunos estabeleceram relações água-energia explícitas em contextos CTSA. Neste caso, e a propósito da elevação da água para as estações elevatórias:

“P: Canalizações, mais uma vez... bombeada.

Aluno: A energia que é preciso...! (para bombear a água para as estações elevatórias) ”

O Grupo 5 inclui eventos com as mesmas características do grupo anterior, ou seja, o estabelecimento de relações água-energia em contextos CTSA; mas desta vez também professor o faz. Ainda a propósito da produção de energia elétrica nas barragens:

“Aluno: A água dá energia....a água é necessária para a energia?”

P: Sim, em muitos casos... refiram-me dois ou três exemplos de uma relação óbvia entre a água e energia. Já falámos aqui de alguns, se calhar não lhes chamámos isso mas já falámos aqui de alguns.

Aluno: Barragens...

P: Barragens. É um exemplo óbvio. A água produz energia. Inclusivamente, em muitas barragens, para se manter aquela cota de elevação de água, muitas vezes até se gasta energia... quando não há chuva e há pouca água a montante, usa-se energia para bombear água para cima. Usam-se pequenas centrais eólicas...

Aluno: Isso é ao contrário então!

P: É mesmo.

Aluno: A energia é utilizada para ter água...”

O Grupo 8 é constituído por eventos caracterizados pelas categorias de análise com o elemento categorial “relação água-energia potencial” do aluno, em contextos CTSA, e quando o aluno se refere ao recurso. Ou seja, em referência ao recurso, utilizando-o como mote para as suas palavras, o aluno constrói uma oportunidade para que a relação água-energia seja explicitada, alcançada de forma clara. Essas explicitações poderiam ter sido feitas pelo professor. Podemos ver na Tabela 18 que neste grupo não existe nenhuma categoria de análise com o elemento categorial “energia”; talvez se este existisse, a categoria de análise relativa a relações água-energia pelo aluno, não fosse potencial, mas sim explícita. Neste exemplo específico, o aluno fala de água, das ETAR, de como a água para lá é bombeada, mas sem relacionar explicitamente este processo com usos energéticos.

“P: São as metas a cumprir para o saneamento básico. Portanto, daqui vai para a ETAR. E como é que vai para a ETAR?”

Aluno: Bombas...

P: ETAR que quer dizer....

Alunos (em conjunto): Estação de Tratamento de Águas Residuais.

P: Residuais, resíduos. Vai para a ETAR, e como é que vai para a ETAR?

Aluno: Bombeada... é o mesmo processo...é bombeada e depois vai para lá...não?

P: Normalmente não.”

O Grupo 9 inclui eventos com as mesmas características do grupo anterior, ou seja, eventos em que existe a possibilidade de uma explicitação da relação água-energia pela parte dos alunos, que foi nestes eventos apenas de carácter potencial. A única diferença em relação ao grupo anterior tem que ver com o facto de aqui estarem agrupados eventos que não estão

relacionados diretamente com o recurso. Aqui, neste exemplo, fala-se de água em contextos CTSA a propósito de lazer; mas também a propósito do transporte de nutrientes, da alimentação, sem nunca explicitar os aspetos relacionados com o fornecimento de energia, aí implícitos.

“P: Não é? Falar em água sem falar em lazer também não faz sentido. Para além da parte de sobrevivência... há ali uma pequenina percentagem da sobrevivência que... corresponde ao lazer! E... mais? Portanto, falámos da vida, da nossa necessidade, da agricultura das plantas que comemos, do lazer, do habitat onde também habitam criaturas que ingerimos, não é?”

Aluno: E para alimentar também as criaturas que nós ingerimos...

P: Exatamente. Sim, onde estão dissolvidos os nutrientes.”

O Grupo 10 inclui eventos caracterizados pelas mesmas categorias de análise do grupo anterior mas sem categorias de análise relativas ao professor. Trata-se de eventos onde os alunos referem a água num contexto CTSA, existindo mais uma vez a potencialidade para explicitar relações água-energia nesse contexto. Neste exemplo, os alunos procuram por tentativas responder à questão “de onde é que vem a água que chega às nossas torneiras?”:

Aluno: Vem da companhia!

P: ...que nos faz companhia... (risos)...

Aluno: Companhia das águas.

Aluno 2: Vem das centrais...

Aluno: Vem das ETAR.

Aluno 3: Reservatórios!

Nos Grupos 12 e 13, estão incluídos eventos em que houve oportunidades para o estabelecimento de relações água-energia explícitas, que neles foram potenciais. Essas oportunidades ocorreram desta vez durante o uso do recurso pelos alunos. O tema água foi tratado pelos alunos enquanto usavam o recurso e tratado pelo professor enquanto este se referia ao recurso (grupo 12) e usava o recurso (grupo 13). Vejamos os excertos:

Grupo 12

“Aluno: Vai inundar as casinhas...”

Aluno 2: Que giro...

P: Já agora, já repararam que há uma delas que está um bocadinho mais cheia, que encheu mais rapidamente....

Aluno: Aquela...

P: E porquê?

Aluno 2: Ah pois está!

Aluno: É a pressão que o professor disse.

P: Exatamente, foi a primeira. Se virem (por baixo o percurso dos tubos), a sequência é esta.

A aluna fecha a torneira do reservatório, retira a garrafa do suporte da maquete e despeja a água restante. Os alunos verificaram que a água deixou de subir dentro das casas, porque se tinha fechado a torneira do reservatório

P:Então, este ciclo...este outro ciclo já acabou?

Aluno: Agora é necessário a água sair.

Aluno 2: Pois, o problema é esse.”

Grupo 13

“P: Esperamos nós! (houve risos na sequência da expectativa de saber se o sistema ia funcionar) (seguiu-se um período de montagem da garrafa. Com a ajuda do professor, os alunos fizeram a ligação do tubo da garrafa ao resto do sistema. Usou-se o interior do rolo de papel de cozinha para fixar a garrafa ao contrário)

Aluno 2: Não precisa de ter água?

P: Sim, já vamos fazer isso.

Aluno 3: Calma, já vai!

Aluno: que engraçado...”

Nos eventos constituintes do Grupo 14 o professor estabelece a relação entre água e energia enquanto usa o recurso. Neste exemplo o professor introduz na aula o recurso que irá ser utilizado depois de uma troca de impressões inicial sobre relações água e energia.

P: O que eu queria agora era que, tendo em conta o que estivemos a falar – água, energia e suas relações –, e sobre a possibilidade de haver recursos experimentais que promovam essa relação. Queria que pegassem nisto (no dessalinizador solar) e o usassem e abusassem; o “verdadeiro” está lá fora porque ficou já a subir a temperatura.

No grupo 16, estão agrupados eventos que se caracterizam por categorias de análise apenas referentes ao professor, e quando este estabelece relações água-energia em contextos CTSA, referindo-se ao recurso. O recurso é um dessalinizador solar; e, tendo-o como referência, o professor neste exemplo estabelece relações entre água e energia num contexto CTSA:

“P: Dessalinizar água do mar é um processo caríssimo,... em termos de gastos energéticos. Há países que o fazem, países que têm muita energia, nomeadamente o Dubai que tem petróleo por todo lado e querem lá saber se gastam petróleo ou se não gastam, é só milhões de dólares por todo o lado. Estão 50 ° C cá fora e têm os edificios a 12° C. Nunca lá fui, até aparece... (risos). Não querem saber dos gastos energéticos; quando aquilo acabar, desaparecem e vão para outro sítio

onde haja petróleo. Portanto, neste momento lá, e tenho ali uma fotografia, bebe-se água do mar porque gastam muita energia a dessalinizar a água. Aquilo é mar, não é? Na costa, têm hectares de dessalinizadores... para fazer a dessalinização da água. Como é que se faz? Não pela via solar, embora tenham muito sol, não o fazem assim. É por membranas; imaginem um filtro mas microscópico (referindo-se ao diâmetro dos poros). Temos água com sal de um lado, a membrana, não é papel, membranas que são paredes de betão, assim, com compostos que eles desenvolveram. O que é preciso fazer? Tipo, um êmbolo a empurrar a água salgada por ali, sair pelo outro lado, o sal fica lá no meio, é preciso lavar... Imaginem a energia que é preciso gastar para essas máquinas. Os gastos energéticos são principalmente esses. Como é que estamos de temperatura? (a propósito do dessalinizador que estava fora da sala ao sol)”

Neste exemplo relativo aos eventos constituintes do Grupo 17, de forma idêntica aos eventos do grupo anterior, o professor estabelece relações entre água e energia referindo-se ao recurso; mas desta vez não existe uma óbvia contextualização CTSA:

“P: ... um forno solar para aquecimento de água através de energia solar que curiosamente foi usado para dessalinizar água; pôr água salgada... já devem ter feito destilação alguma vez, não?”

O grupo 18 agrupa eventos em que os alunos se referem ao recurso, estabelecendo relações água-energia de forma explícita, e tratando os temas água e energia.

“Aluno: Ao sol.

P: Ao sol... e o que é que acontece?

Aluno: A água vai começar a evaporar...

P: A água vai começar a evaporar... está lá em baixo, não é?

Aluno: Sim.

P: Evapora porquê?

Dizem duas alunas em simultâneo:

Aluno: Começa a atingir... a temperatura.

Aluno 1: Fica muito quente... Chega aos 100 °C.

P: Exatamente!

Aluno 1: Depois evapora, como não sai, volta a...

Alunos: Calor. – Dizem em simultâneo o Aluno e o Aluno 1”

Em termos gerais, pode ver-se que neste caso as RAE potenciais do aluno são sempre baseadas na referência a um dos dois tópicos: ou água, ou energia. Isto indica em princípio um caminho para que professor pudesse conduzir tais relações potenciais conduzir para a explicitação, pois aparentemente bastaria conseguir que o outro tópico fosse também referido.

Pode também ser visto que existem quatro Grupos de eventos em que o estabelecimento de RAE é feito exclusivamente pelo professor (Grupos 1, 14, 16, 17). Apenas nos Grupos 4 e 10 existem RAE exclusivamente da parte dos alunos, sendo potenciais no segundo Grupo. De notar que em ambos os grupos essas RAE são em contexto CTSA.

Está aqui patente a importância da intervenção do professor para que os alunos estabeleçam RAE explícitas uma vez que por si só apenas o fizeram nos eventos do Grupo 4. Este aspeto faz interseção esta secção com a que se segue.

7.2.3 *Análise de dados focada em tarefas e em interações professor-aluno com elas relacionadas*

Neste subcapítulo faz-se uma apreciação sobre as interações professor-aluno vivenciadas em alguns dos grupos de eventos referidos no subcapítulo anterior. Faz-se uma focagem naqueles grupos de eventos que são caracterizados por categorias de análise que interessam para este efeito. Isto é, focam-se os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno. Esta focagem justifica-se pelo seguinte: os grupos com esta caracterização são aqueles em que, em princípio é possível encontrar interações professor-aluno envolvendo as categorias que têm sido utilizadas neste estudo. Estes são os grupos de eventos mais interessantes para se apreciar o tipo de práticas de ensino envolvidas. No caso desta narração esses grupos são os que constam a sombreado na Tabela 19, que é igual à Tabela 18, à exceção nos sombreados.

Tabela 19 – Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma da Figura 20. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.

Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma				
Grupo	Relações Água - Energia		Outras categorias de análise	
	Professor	Aluno	Professor	Aluno
1	RAE Prof. CTSA	—	Água Prof. CTSA; Energia Prof. CTSA	—
2	—	—	Energia Prof. CTSA	Energia Aluno CTSA
3	RAE Prof. CTSA; RAE Prof. uso Recurso	RAE Explícita Aluno CTSA; RAE Explícita Aluno uso Recurso;	Água Prof. CTSA; Água Prof. uso Recurso; Energia Prof. CTSA; Energia Prof. uso Recurso	Água Aluno CTSA; Água Aluno uso Recurso; Energia Aluno CTSA; Energia Aluno uso Recurso
4	—	RAE Explícita Aluno CTSA	—	Água Aluno CTSA; Energia Aluno CTSA

5	RAE Prof. CTSA	RAE Explícita Aluno CTSA	Água Prof. CTSA; Energia Prof. CTSA	Água Aluno CTSA; Energia Aluno CTSA
6	—	—	Água Prof. CTSA	—
7	—	—	Água Prof. CTSA	Água Aluno CTSA
8	—	RAE Potencial Aluno CTSA; RAE Potencial Aluno ref. Recurso	Água Prof. CTSA	Água Aluno CTSA; Água Aluno ref. Recurso
9	—	RAE Potencial Aluno CTSA	Água Prof. CTSA	Água Aluno CTSA
10	—	RAE Potencial Aluno CTSA	—	Água Aluno CTSA
11	—	—	—	Água Aluno CTSA; Água Aluno uso Recurso
12	—	RAE Potencial Aluno uso Recurso	Água Prof. ref. Recurso	Água Aluno uso Recurso
13	—	RAE Potencial Aluno uso Recurso	Água Prof. Uso Recurso	Água Aluno uso Recurso
14	RAE Prof. uso Recurso	—	Água Prof. uso Recurso; Energia Prof. uso Recurso	—
15	—	—	Energia Prof. ref. Recurso	Energia Aluno ref. Recurso
16	RAE Prof. CTSA; RAE Prof. ref. Recurso	—	Água Prof. CTSA; Água Prof. ref. Recurso; Energia Prof. CTSA; Energia Prof. ref. Recurso	—
17	RAE Prof. ref. Recurso	—	Água Prof. ref. Recurso; Energia Prof. ref. Recurso	—
18	—	RAE Explícita Aluno ref. Recurso	Água Prof. ref. Recurso	Água Aluno ref. Recurso; Energia Aluno ref. Recurso
19	—	—	Água Prof. Ref. Recurso	—

Analisou-se também o número de eventos de cada grupo em relação ao número de eventos total da narração. Dito de outra forma, analisou-se a extensão de cada um dos grupos na narração. Na Tabela 20 podem ser vistos o número de eventos de cada grupo e a sua correspondente percentagem em relação ao número de eventos total; os grupos que contêm categorias de análise referentes ao professor e categorias de análise referentes ao aluno, estão a sombreado.

Tabela 20 – Extensão (em número de eventos e em percentagem) dos Grupos sombreados na Tabela 19 Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.

Grupo	Número de eventos	Percentagem do total de eventos
1	15	7,9
2	18	9,5
3	5	2,6

4	5	2,6
5	13	6,9
6	11	5,8
7	20	10,6
8	8	4,2
9	11	5,8
10	12	6,3
11	8	4,2
12	12	6,3
13	10	5,3
14	6	3,2
15	6	3,2
16	4	2,1
17	4	2,1
18	5	2,6
19	16	8,5
Totais	189	100%

Na Figura 21 apresento um gráfico representativo da extensão de cada Grupo sombreado na Tabela 20 (em percentagem), isto é, representativo da extensão de cada grupo caracterizado por categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.

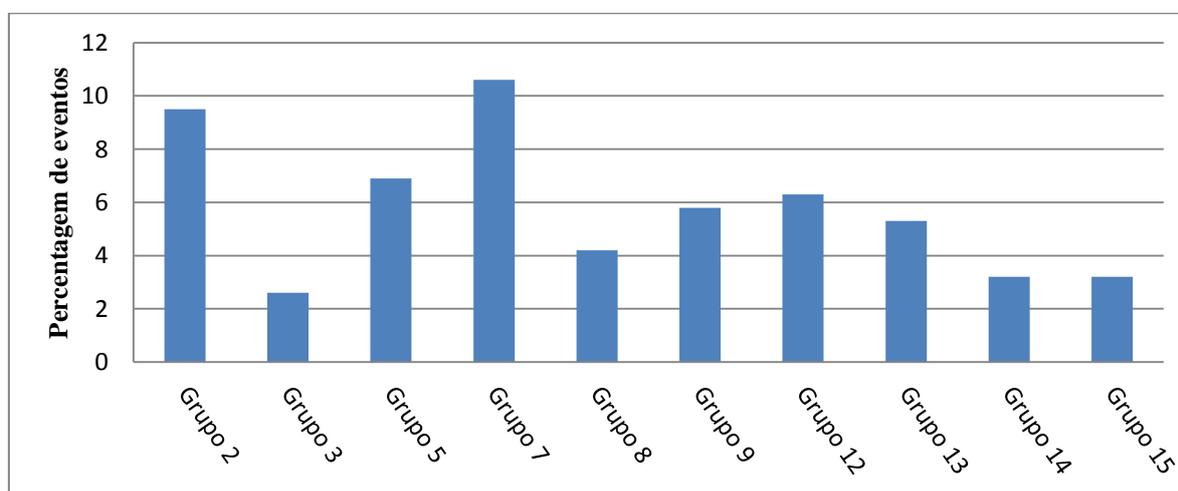


Figura 21 – Gráfico da extensão de cada Grupo construído com os dados da Tabela 20.

De entre os Grupos apresentados no gráfico, vou referi-me àqueles com uma dimensão acima da média (5,7%). Isto é, aos Grupos 2,5,7, 9 e 12. Estes Grupos são grupos de eventos; esses eventos ocorrem durante a realização de Tarefas (que na narração correspondem a Episódios).

É de esperar que essas Tarefas proporcionem a ocorrência das categorias de análise que caracterizam os eventos de um Grupo.

Interessa pois saber quais são estas Tarefas, o que se faz consultando as NM.

Elucido que as Tarefas a que me refiro são aquelas que efetivamente ocorreram, isto é, são episódios das narrações. Nem sempre estes episódios estão em correspondência biunívoca com as tarefas descritas nos instrumentos utilizados pelo professor (estes estão apresentados no Capítulo 6). Isto deve-se às alterações que, como é habitual, ocorrem durante as aulas, nas quais nem sempre as tarefas são realizadas estritamente com a organização prevista (*e.g.*, por vezes uma Tarefa ocorre noutra altura; noutros casos, uma Tarefa subdivide-se em duas).

As Tarefas realizadas nesta aula foram as seguintes:

Tarefa 1 – O professor solicita a atenção dos alunos para a sua explicação sobre o processo que conduziu à elaboração dos recursos. (esta tarefa decorreu antes do uso dos recursos)

Tarefa 2 – Pedir que refiram alguns aspetos chave sobre a importância da ÁGUA.

Formular Questões: i) Qual a importância no planeta? ii) Qual a importância na vida? iii) Qual a importância na vida humana? (nomeadamente: na vida em si mesma, na qualidade de vida e na sustentabilidade da vida com qualidade. (esta tarefa decorreu antes do uso dos recursos)

Tarefa 3 – Pedir que refiram alguns aspetos chave sobre a importância da ENERGIA. (esta tarefa decorreu antes do uso dos recursos)

Formular Questões: i) Qual a importância no planeta? ii) Qual a importância na vida? iii) Qual a importância na vida humana? (nomeadamente: na vida em si mesma, na qualidade de vida e na sustentabilidade da vida com qualidade) (esta tarefa decorreu antes do uso dos recursos)

Tarefa 4 – Pedir aos alunos que refiram algumas relações entre ÁGUA e ENERGIA. (esta tarefa decorreu antes do uso dos recursos)

Tarefa 5 – Referir o meu interesse no tema. A tarefa consiste em usar os recursos físicos para elucidar os aspetos em jogo e responder às questões gerais colocadas.

Tarefa 6 – Pedir aos alunos que refiram algumas RELAÇÕES entre os pontos anteriores e os seguintes temas: desenvolvimento; sustentabilidade.

Na Tarefa 6, o texto “os pontos anteriores” refere-se a tarefas anteriores a esta que são sobre a importância da água, da energia, e das suas relações (ver Figura 10, p. 132).

Tarefa 7 – Análise de dois posters sobre o tema.

Na Tabela 21 apresento para cada Grupo as duas Tarefas que nele foram mais determinantes. Isto é, aquelas que contém mais eventos desse Grupo.

Tabela 21 – Percentagem de eventos de cada Grupo em cada Tarefa (Episódio).

Para cada Grupo, estão realçadas a verde as duas tarefas em que o Grupo tem mais eventos.

Grupo de eventos	Tarefa						
	Tarefa 1	Tarefa 2	Tarefa 3	Tarefa 4	Tarefa 5	Tarefa 6	Tarefa 7
Grupo 2	0,0	5,6	22,2	55,6	0,0	11,1	5,6
Grupo 5	0,0	7,7	7,7	53,8	23,1	7,7	0,0
Grupo 7	0,0	45,0	0,0	0,0	0,0	45	10,0
Grupo 9	0,0	27,3	0,0	0,0	0,0	54,5	18,2
Grupo 12	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	58,3	16,7

Nem todos os valores “0,0” na Tabela significam a inexistência total de ocorrência em simultâneo de elementos categoriais relativos ao professor e ao aluno. Alguns deles devem-se apenas a que, na informação que está agora a ser apreciada, aquelas ocorrências foram filtradas pelos critérios utilizados e anteriormente descritos. Outros desses valores “0,0” significam a inexistência de tais ocorrências. É o caso da coluna “Tarefa 1” da Tabela 21, onde se compreende que os valores sejam todos nulos, dada a natureza da Tarefa.

Relativamente ao Grupo 2

Como se pode ver na Tabela 19, este grupo é caracterizado por eventos em que o professor refere o tema energia num contexto CTSA e aluno também. Este grupo contém eventos das Tarefas 2, 3, 4, 6 e 7. Destas, são as Tarefas 3 e 4 que contêm mais eventos deste grupo. Ou seja, pode-se afirmar que estas são as Tarefas mais determinantes para que houvesse ocorrências das categorias de análise que caracterizam este Grupo. Vejamos as Tarefas:

Tarefa 3 – Pedir que refiram alguns aspetos chave sobre a importância da ENERGIA. (esta tarefa decorreu antes do uso dos recursos)

Formular Questões: i) Qual a importância no planeta? ii) Qual a importância na vida? iii) Qual a importância na vida humana? (nomeadamente: na vida em si mesma, na qualidade de vida e na sustentabilidade da vida com qualidade) (esta tarefa decorreu antes do uso dos recursos)

Tarefa 4 – Pedir aos alunos que refiram algumas relações entre ÁGUA e ENERGIA. (esta tarefa decorreu antes do uso dos recursos)

Pode dizer-se que neste caso as Tarefas ditaram a ocorrência das categorias, sendo simples a interpretação: o professor invocou energia e relações entre água energia; os alunos

corresponderam, sendo de salientar que, no caso, o fizeram sobretudo por intermédio do conceito de energia em contextos CTSA. De notar que neste momento da aula o professor ainda não tinha iniciado a utilização dos recursos, apenas os havia apresentado no início.

Relativamente ao Grupo 5

Este Grupo é caracterizado por eventos em que, quer o professor, quer o aluno de forma explícita, estabelecem relações entre água e energia num contexto CTSA. Estas relações envolvem a referência ao tema água e ao tema energia também num contexto CTSA. Contém eventos das Tarefas 2, 3, 4, 5 e 6. Destas, são as Tarefas 4 e 5 que contêm mais eventos deste grupo, isto é, que são mais determinantes na ocorrência das categorias de análise que caracterizam este Grupo. Vejamos as Tarefas:

Tarefa 4 – Pedir aos alunos que refiram algumas relações entre ÁGUA e ENERGIA. (esta tarefa decorreu antes do uso dos recursos)

Tarefa 5 – Referir o meu interesse no tema. A tarefa consiste em usar os recursos físicos para elucidar os aspetos em jogo e responder às questões gerais colocadas.

Embora tal não esteja explícito na formulação acima apresentada, a Tarefa 5 envolveu uma primeira abordagem ao conteúdo dos posters e comunicações referidos.

Estas Tarefas ditaram a ocorrência das categorias de análise que caracterizam o grupo. Neste caso o que aconteceu foi que os alunos tiveram uma resposta direta e diversificada às solicitações do professor na Tarefa 4. A Tarefa 5 contribuiu especialmente para uma extensão dos tópicos CTSA envolvidos.

Relativamente ao Grupo 7

Como se pode ver na Tabela 19, é caracterizado por eventos em que o professor refere o tema água num contexto CTSA e aluno também. Contém eventos dos Tarefas 2, 6 e 7 da narração. Destas, são as Tarefas 2 e 6 que contêm mais eventos deste grupo, isto é, que são mais determinantes na ocorrência das categorias de análise que caracterizam este Grupo. Vejamos as Tarefas:

Tarefa 2 – Pedir que refiram alguns aspetos chave sobre a importância da ÁGUA.

Formular Questões: i) Qual a importância no planeta? ii) Qual a importância na vida? iii) Qual a importância na vida humana? (nomeadamente: na vida em si mesma, na qualidade de vida e na sustentabilidade da vida com qualidade. (esta tarefa decorreu antes do uso dos recursos)

Tarefa 6 – Pedir aos alunos que refiram algumas RELAÇÕES entre os pontos anteriores e os seguintes temas: desenvolvimento; sustentabilidade.

Na Tarefa 6, o texto “os pontos anteriores” refere-se a tarefas anteriores a esta que são sobre a importância da água, da energia, e das suas relações (ver Figura 10, p. 132).

De novo, as Tarefas ditaram a ocorrência das categorias, tendo os alunos correspondido às solicitações do professor, de forma especialmente direta na Tarefa 2. É de referir que o facto de o professor ter solicitado na Tarefa 6 relacionamentos água - energia - desenvolvimento - sustentabilidade, potenciou contextualizações CTSA.

Relativamente ao Grupo 9

Este Grupo caracteriza-se pela existência de relações água-energia potenciais num contexto CTSA da parte do aluno quando, quer os alunos, quer o professor referem o tema água. Este grupo é constituído por eventos dos Tarefas 2, 6 e 7 da narração. Destas, tal como no caso do Grupo 7, são as Tarefas 2 e 6 as mais determinantes na caracterização deste Grupo.

O que acontece de diferente em relação ao Grupo 7 consiste em que uma das categorias é referente a relações potenciais água-energia do aluno. É compreensível que, dada a multiplicidade de temas e conceitos envolvidos nas Tarefas, e o facto de nenhuma conter um pedido explícito de relacionamento, uma das categorias fosse de relações potenciais.

Relativamente ao Grupo 12

Este Grupo é caracterizado pela existência de relações água-energia potenciais da parte do aluno quando este *usa* o recurso e invoca o tema água. Também o professor invoca o tema água, mas *refere* o recurso. Este grupo é constituído por eventos dos Tarefas 5, 6 e 7 da narração. Destas, são as Tarefas 5 e 6 que são mais determinantes na ocorrência das categorias de análise que caracterizam este Grupo. Vejamos as Tarefas:

Tarefa 5 – Referir o meu interesse no tema. A tarefa consiste em usar os recursos físicos para elucidar os aspetos em jogo e responder às questões gerais colocadas.

Tarefa 6 – Pedir aos alunos que refiram algumas RELAÇÕES entre os pontos anteriores e os seguintes temas: desenvolvimento; sustentabilidade.

O que é de sublinhar neste caso é o seguinte: comparativamente com o Grupo 9, em termos gerais, aparece o elemento categorial *recurso* em vez do elemento categorial *CTSA*. Este

aspecto é consonante com o facto de na Tarefa 5, o professor ter proposto a utilização dos recursos.

Em termos gerais, intersetando a informação da Tabela 19 com a da Tabela 20, pode ver-se que nos dois maiores grupos onde há interações professor-aluno não houve estabelecimento de RAE por nenhuma das partes. O Grupo 2 contém 9,5% dos eventos da narração e o Grupo 7 contém 10,6% dos eventos da narração. O primeiro é caracterizado por categorias referente ao tema energia, e o segundo é caracterizado por categorias referentes ao tema água. De notar que em ambos os grupos a referência aos temas é feita em contextos CTSA. Significa isto que na maior parte das interações professor-aluno foram estabelecidos contactos tema a tema, ora sobre água, ora sobre energia.

Outro aspeto que resulta desta análise é o seguinte: os eventos indiciadores de interação professor-aluno estão de uma forma geral dispersos pelas sete Tarefas consideradas (a Tarefa 1 é excecional pela sua natureza).

7.3 Lei de Arquimedes e energia potencial gravítica

7.3.1 Análise de dados sobre relações entre água e energia – correlações entre categorias de análise

Os dados completos aqui referidos estão no Anexo 5. As células que estão vazias correspondem a situações em que uma categoria não tem ocorrência alguma.

Nesta narração multimodal, e no que diz respeito a este cálculo de correlações entre todas as categorias, são 16 as correlações com grau de confiança 99,9%. Tal como referi no ponto anterior, e dado tratar-se de um estudo onde procuro as categorias que mais se relacionem entre si, traduzidas aqui pelas correlações mais elevadas, optei inicialmente por destacar aquelas acima da média. Ao fazê-lo, verifiquei que a média das correlações com significado estatístico era bastante elevada, por haver três correlações de valor 1,00, e três correlações de valor 0,81. Assim, achei que ao destacar apenas aquelas acima da média, e sendo esta relativamente elevada, poder-se-iam perder alguns valores de correlação importantes para o estudo. Decidi por isso, para além de destacar os valores acima da média, destacar também aqueles que são abaixo da média mas que correlacionam categorias de análise com o elemento categorial “Relações Água-Energia”.

As correlações destacadas, e as categorias de análise correspondentes, podem ser vistas na Tabela 22.

Tabela 22 – Correlações que estão acima da média, e correlações abaixo da média que contêm o elemento categorial “Relação Água-Energia”, com confiança de 99,9%, e correspondentes pares de categorias de análise.

Média das correlações com 99,9% de grau de confiança – 0,65	
Correlações acima da média	Categorias de análise correlacionadas
1,00	RAE Explícita Aluno Ref. Recurso – Energia Professor Uso Recurso
1,00	RAE Professor Uso do Recurso – Energia Professor Uso Recurso
1,00	RAE Explícita Aluno Ref. Recurso – RAE Professor Uso do Recurso
0,81	RAE Explícita Aluno Ref. Recurso – Água Professor Uso do Recurso
0,81	RAE Professor Uso do Recurso – Água Professor Uso do Recurso
0,81	Energia Professor Uso do Recurso – Água Professor Uso do Recurso
0,70	RAE Potencial Aluno CTSA – Energia Aluno CTSA
Correlações abaixo da média que contêm o elemento categorial “Relação Água-Energia”	Categorias de análise correlacionadas
0,57	RAE Explícita Aluno Uso do Recurso – Água Aluno Uso do Recurso
0,57	RAE Explícita Aluno Uso do Recurso – Energia Aluno Uso do Recurso
0,49	RAE Professor CTSA – Energia Professor CTSA
0,42	RAE Potencial Aluno Ref. Recurso – Água Aluno Ref. Recurso

Podemos ver na tabela que existem três correlações que se destacam por terem valor 1,00. O que se pode ler desse conjunto de correlações apresentado nas três primeiras linhas da tabela é o seguinte: sempre que o professor usa o recurso e trata o tema Energia, ele e os alunos estabelecem relações Água-Energia, explícitas e referindo o recurso.

Podemos ainda ver que quando o professor usa o recurso e trata o tema Água, existe uma correlação de 0,81 com o estabelecimento de relações Água-Energia por ele próprio e por parte dos alunos, no caso destes, explícitas e referindo o recurso. Ainda quando o professor usa o recurso, existe uma correlação de 0,81 entre a referência ao tema Água e a referência ao tema Energia.

Estes valores de correlações elevadas eram expectáveis: a intenção do professor nas suas tarefas e no uso dos recursos era a de investigar se esse uso promoveria o estabelecimento da

Relações Água-Energia. Era portanto de esperar que o professor, ao usar o recurso com referência a um dos temas, fizesse referência ao outro tema, e à relação entre os dois. Nestas situações os alunos também estabeleciam Relações Explícitas Água-Energia, referindo-se ao recurso. Podemos também ver na Tabela 22 que no que diz respeito a relações Água-Energia da parte dos alunos num contexto CTSA, estas apenas surgem como Potenciais, e a propósito do tema Energia, com uma correlação 0,70.

Passando à segunda parte da tabela, podemos ver que quando o Aluno *Usa o Recurso*, existe uma correlação de 0,57 entre relação Água-Energia e Energia; e o mesmo valor entre relação Água-Energia e Água. Ou seja, quando há um uso do recurso há tendência para coexistir a referência aos temas Água e Energia, e para o estabelecimento de relações entre os dois temas. O uso do recurso cria condições para relacionar os dois temas.

Já no caso do professor existe uma correlação 0,49, num contexto CTSA, entre o estabelecimento de relações Água-Energia e a referência ao tema Energia. Quando o aluno *refere o recurso*, existe ainda uma correlação de 0,49 entre o estabelecimento de relações Água-Energia e a referência ao tema Água.

É de realçar que no caso dos alunos não houve estabelecimento de Relações Água-Energia Explícitas com fatores do âmbito CTSA. Isto pode ser visto no Anexo 5 que a coluna correspondente a esta categoria de análise (“RAE Explícita Aluno CTSA”) não tem valores, e explica facto de não haver valores de correlação que envolvam esta categoria de análise (ver linha e coluna em branco no Anexo 5). Esta ausência de pontes entre Relações Água-Energia e fatores de âmbito CTSA ocorre apenas nesta narração (relativa à de Lei de Arquimedes). Pela especificidade da situação, e para clareza da exposição: i) os alunos estabelecem Relações Água-Energia Explícitas durante o Uso do Recurso, quer a propósito da Água, quer a propósito da Energia; ii) os alunos não estabelecem Relações Água-Energia Explícitas com fatores do âmbito CTSA.

Este facto tem certamente a ver com o tipo de tema tratado na aula e o tipo de recurso usado. Ora, tal como referido na secção 6.3 (Tabela 15), o tema (Lei de Arquimedes e Energia Potencial gravítica) é em geral de difícil compreensão; era de esperar por isso que os alunos estivessem concetualmente pouco disponíveis para se descentrar do esforço das atividades em curso e para divergir para relacionamentos do tipo CTSA. As correlações indicam-nos também que é pela via do tema Energia que, nestas atividades, o Professor estabelece mais relações entre Água e Energia.

7.3.2 Análise de dados sobre relações entre água e energia – formação de grupos de eventos com base nas categorias de análise que neles ocorrem

Para esta análise foram criados dendrogramas que formam grupos de eventos que são caracterizados por uma ou mais categoria de análise. As categorias de análise que se consideram características de um grupo são aquelas aparecem no grupo de eventos mais de 50% das vezes. Os dados completos relativos a esta análise podem ser vistos no Anexo 5.

No dendrograma da Figura 22 podem ser vistos os grupos de eventos criados, correspondentes à aula a que este subcapítulo se reporta; neste caso, o valor determinado no eixo vertical do dendrograma para a escolha de grupos a analisar foi 0,2. Esta linha está na figura desenhada com a cor verde. Na Tabela 23 estão descritas as categorias de análise que caracterizam esses mesmos grupos; as linhas a sombreado significam que nesses grupos de eventos existe uma ou mais categorias de análise com o elemento categorial “Relação Água-Energia” (RAE), em estudo nesta secção.

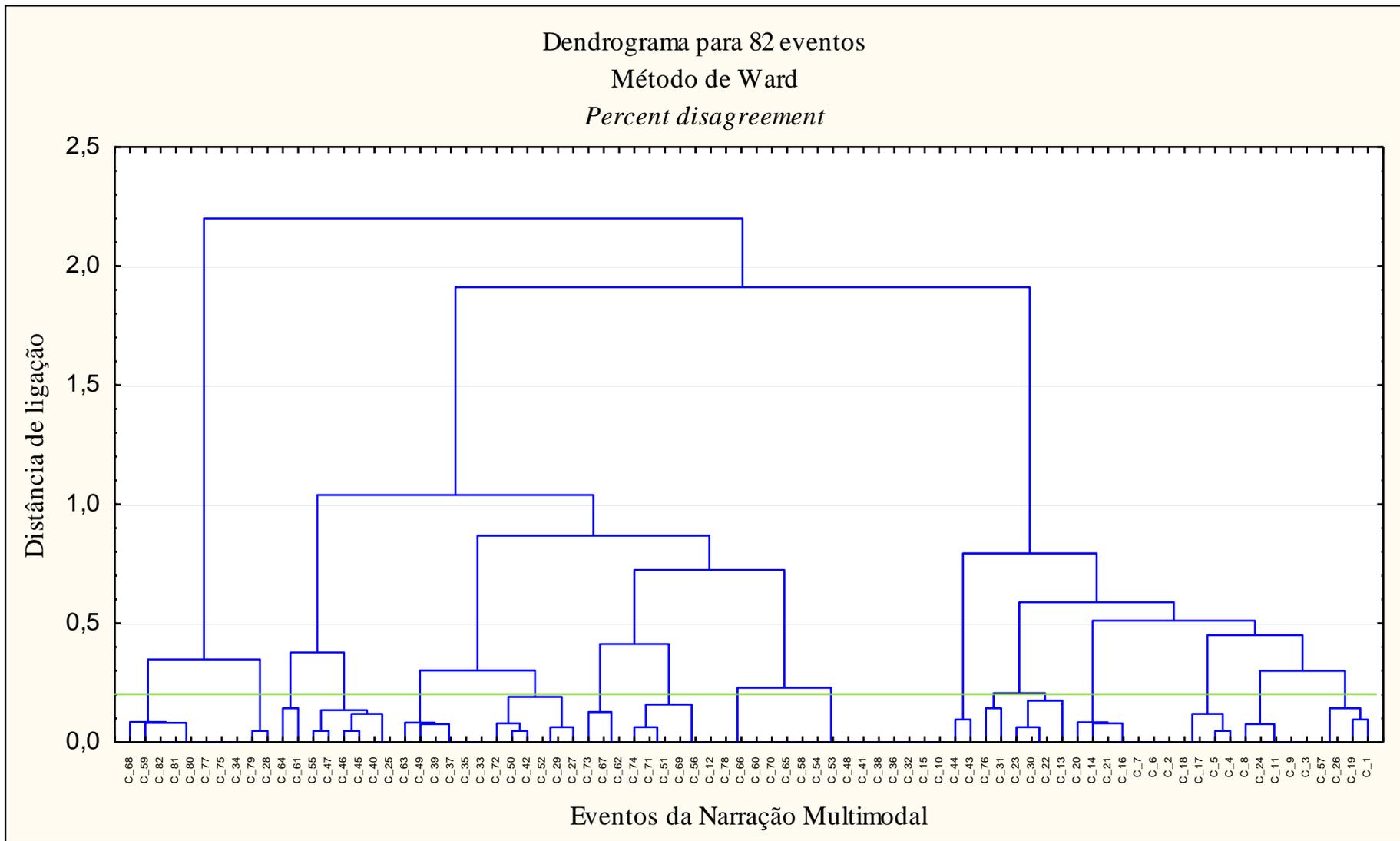


Figura 22 – Dendrograma que agrupa eventos da narração da aula sobre Lei de Arquimedes e energia potencial gravítica.

Tabela 23 – Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma da Figura 22. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes a relações água-energia.

Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma				
Grupo	Relações Água – Energia		Outras categorias de análise	
	Professor	Aluno	Professor	Aluno
1	—	RAE Explícita Aluno uso Recurso	—	Água Aluno uso Recurso; Energia Aluno uso Recurso
2	—	RAE Explícita Aluno uso Recurso	Água Prof. ref. Recurso Energia Prof. ref. Recurso	Água Aluno Uso Recurso; Energia Aluno uso Recurso
3	RAE Prof. CTSA; RAE Prof. ref. Recurso	—	Energia Prof. CTSA; Energia Prof. ref. Recurso	—
4	RAE Prof. ref. Recurso	—	Água Prof. ref. Recurso	—
5	—	RAE Potencial Aluno uso Recurso	Energia Prof. ref. Recurso	Energia Aluno uso Recurso
6	—	RAE Potencial Aluno uso Recurso	Energia Prof. ref. Recurso	—
7	RAE Prof. ref. Recurso	RAE Potencial Aluno uso Recurso	—	Água Aluno uso Recurso; Energia Aluno uso Recurso
8	—	RAE Potencial Aluno uso Recurso	—	Água Aluno uso Recurso
9	RAE Prof. ref. Recurso	RAE Potencial Aluno uso Recurso	—	—
10	—	RAE Potencial Aluno uso Recurso	—	—
11	RAE Prof. uso Recurso	RAE Explícita Aluno ref. Recurso	Água Prof. uso Recurso; Energia Prof. uso Recurso	—
12	—	—	—	Energia Aluno ref. Recurso
13	—	RAE Potencial Aluno ref. Recurso	—	—
14	—	—	Água Prof. CTSA	—
15	—	RAE Potencial Aluno CTSA	—	—
16	—	—	Água Prof. ref. Recurso	—
17	—	—	—	—

Depois desta análise, foram procurados excertos da narração exemplificativos de cada um dos grupos, no sentido de elucidar sobre alguns aspetos relacionados com relações Água – Energia. Deu-se especial destaque àqueles grupos onde ocorrem relações água-energia, ou pelo professor ou pelos alunos (grupos a sombreado na tabela). Realço que de cada um dos grupos se poderiam extrair vários exemplos de zonas da narração onde as categorias que os caracterizam estão presentes; mas apenas se apresenta um de cada grupo.

Os seguintes comentários baseiam-se na análise da Tabela 23.

Pode ser visto que o Grupo 1 é caracterizado por eventos em que o aluno estabelece relações explícitas entre água e energia, enquanto trata os dois temas e usa o recurso. Neste caso o recurso tratava-se de uma simulação computacional e, durante o seu uso, os alunos fizeram algumas cópias de ecrã comentadas. O excerto da narração que se segue exemplifica um desses eventos; vemos na figura uma cópia de ecrã com respetivo comentário abaixo. Nesse comentário os alunos falam da energia potencial do fluido, da energia potencial do bloco e de como varia a energia potencial do sistema.

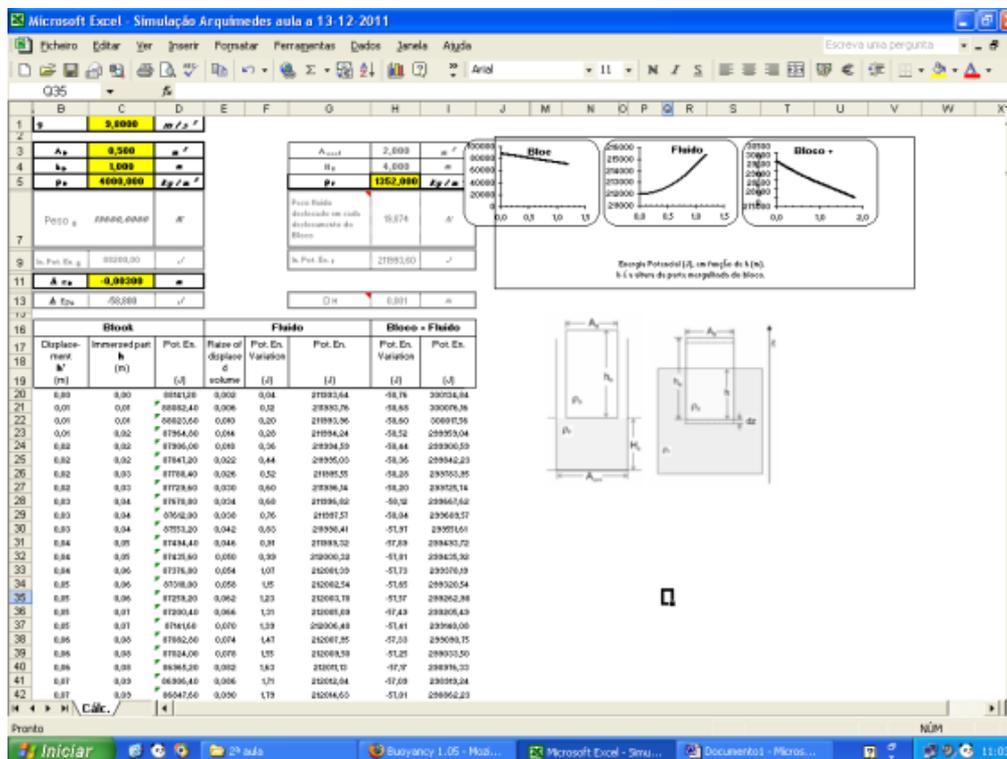


Figura 23 – Cópia de ecrã de um grupo que colocou a densidade do bloco maior do que a do fluido.

“O professor pediu para os alunos fazerem um pequeno comentário às cópias de ecrã que fossem fazendo. O grupo a que se refere a cópia de ecrã apresentada na figura 4 fez o seguinte comentário:

Mantendo os valores utilizados na experiência anterior e alterando a densidade para 4000 kg/m³, a Ep do bloco diminui e a Ep do fluido aumenta. O gráfico da Ep total diminui, visto que a densidade do bloco é maior que a densidade do fluido.”

No Grupo 2 podemos encontrar as mesmas categorias de análise do Grupo anterior mas agora também com categorias de análise referentes ao professor. Ou seja, nele estão agrupados eventos em que os alunos estabelecem relações explícitas entre água e energia (enquanto

tratam os dois temas e usam o recurso) mas nos quais o professor também intervém, referindo os temas água e energia. O excerto seguinte mostra a intervenção do professor enquanto os alunos usavam a simulação computacional:

“Enquanto este grupo fazia esta alteração, o professor voltou ao grupo anterior, onde tinham ficado de simular um bloco de água dentro de um fluido água. Os alunos verificaram que o gráfico deu uma reta

Professor: Porque é que dá uma reta?

Aluno: É sempre....

Professor: É sempre um mínimo! Ou seja, se pusermos água dentro de água temos sempre um mínimo.”

Os grupos 3 e 4 são constituídos por eventos onde apenas houve a intervenção do professor, e nos quais este referia os temas água, energia e os relacionava, tendo o recurso como referência. Em termos gerais, no Grupo 3 há mais eventos com contextualizações CTSA e a relação água-energia é feita pela via do tema energia. No Grupo 4 o professor refere-se há simulação estabelecendo relação água-energia essencialmente pela via do tema água. Vejamos os excertos exemplificativos de cada um dos grupos:

Grupo 3: “Professor: Pronto, se houvesse um poço sem fundo, estava sempre a cair! Podiam fazer todos os cálculos que quisessem que aquilo [energia potencial do sistema] estava sempre a diminuir. Se atirarem uma pedra ou um tijolo para dentro de água, ele não para de cair.”

Grupo 4: “Professor: Agora tirem os blocos da água! Vamos tentar fazer de conta que o bloco da simulação tem as mesmas características que o bloco que assumimos no Excel. É mesmo só fazer de conta! [Na simulação] Vamos pegar no bloco e, sem largar o botão do rato, vamos obrigá-lo a ficar em diferentes posições; segurando sempre no bloco, agarrem nele, não o larguem.

O professor voltou para o quadro para junto do esquema do gráfico que tinha desenhado no início da aula. Os alunos, na simulação do Phet foram colocando o bloco lentamente dentro do fluido. O professor no quadro, e os alunos olhando para a janela do Excel que estava aberta, foram acompanhando com o gráfico, como se fosse o gráfico resultante daquilo que estavam a fazer – à medida que imergiam o bloco no fluido até ao equilíbrio, seguiam no gráfico a descida da energia potencial do sistema até ao seu mínimo.”

Continuando a análise da Tabela 23, é de notar que, à exceção do Grupo 11 que comentarei em seguida, todos os outros são caracterizados pela categoria de análise “Relação Água-Energia Potencial Aluno” (Grupos 5,6,7,8,9,10,13 e 15). Claro que cada um destes grupos tem outras categorias de análise (caso contrário no dendrograma da Figura 22 não se teriam formado grupos diferentes), mas é uma generalidade entre os Grupos, mesmo em casos em que o professor estabelece relações água energia (Grupos 7 e 9).

Já o Grupo 11 é caracterizado por eventos onde o professor intervém no uso da simulação e estabelece relações água-energia. Dessa intervenção surge também o estabelecimento de relações água-energia explícitas da parte dos alunos enquanto referem o recurso. Vejamos um excerto:

“Professor [junto de um grupo enquanto exemplifica com a simulação Phet]: Do ponto de vista energético, o que é que está a acontecer aí, quando põem o bloco na água? [o professor vai metendo lentamente o bloco dentro do fluido] O que é que está a acontecer á energia potencial do bloco?

Alunos: Está a descer.

Professor: E a do fluido...

Alunos: Aumenta.

Professor: E se eu fizer isto? [empurrando o bloco para o fundo do recipiente, mas sem o largar]. Estamos numa energia mínima ou não?

Aluno; Não há equilíbrio aí pois não?

Professor: Não. Equilíbrio é aqui [largando o bloco, voltando este á posição de equilíbrio]. O que é que acontece se eu empurrar o bloco aqui para baixo?

Aluno: Ele afoga-se...

Aluno 2: A energia diminui.

Professor: A energia total do sistema, aumenta ou diminui?

Aluno: Aumenta...

Professor: Aumenta, porque o mínimo é aqui! [tornando a largar o bloco, e voltando este para a posição de equilíbrio].

Aluno 2: E a do bloco?

Professor: Sim, a do bloco diminui aqui no fundo. Mas como nesse caso a energia potencial do fluido aumenta mais do que o que a energia potencial do bloco diminui, a energia do sistema é maior.”

Pode dizer-se desta análise que o aparecimento de relações explícitas da parte dos alunos surge essencialmente quando há intervenção do professor: quando este refere os temas água e energia, ou usa o recurso. São exceção os eventos em que os alunos comentam os gráficos obtidos na simulação computacional da folha de cálculo, onde estabelecem na maior parte das vezes relações água-energia explícitas. Nesses eventos não há intervenções diretas do professor, ainda que sejam comentários decorrentes das tarefas propostas.

7.3.3 Análise de dados focada em tarefas e em interações professor-aluno com elas relacionadas

Neste subcapítulo faz-se uma apreciação sobre as interações professor-aluno vivenciadas em alguns dos grupos de eventos referidos no subcapítulo anterior. Faz-se uma focagem naqueles

grupos de eventos que são caracterizados por categorias de análise que interessam para este efeito. Isto é, focam-se os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.

Tabela 24 – Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma da Figura 22. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.

Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma				
Grupo	Relações Água – Energia		Outras categorias de análise	
	Professor	Aluno	Professor	Aluno
1	—	RAE Explícita Aluno uso Recurso	—	Água Aluno uso Recurso; Energia Aluno uso Recurso
2		RAE Explícita Aluno uso Recurso	Água Prof. ref. Recurso Energia Prof. ref. Recurso	Água Aluno Uso Recurso; Energia Aluno uso Recurso
3	RAE Prof. CTSA; RAE Prof. ref. Recurso	—	Energia Prof. CTSA; Energia Prof. ref. Recurso	—
4	RAE Prof. ref. Recurso	—	Água Prof. ref. Recurso	—
5		RAE Potencial Aluno uso Recurso	Energia Prof. ref. Recurso	Energia Aluno uso Recurso
6	—	RAE Potencial Aluno uso Recurso	Energia Prof. ref. Recurso	—
7	RAE Prof. ref. Recurso	RAE Potencial Aluno uso Recurso	—	Água Aluno uso Recurso; Energia Aluno uso Recurso
8	—	RAE Potencial Aluno uso Recurso	—	Água Aluno uso Recurso
9	RAE Prof. ref. Recurso	RAE Potencial Aluno uso Recurso	—	—
10	—	RAE Potencial Aluno uso Recurso	—	—
11	RAE Prof. uso Recurso	RAE Explícita Aluno ref. Recurso	Água Prof. uso Recurso; Energia Prof. uso Recurso	—
12	—	—	—	Energia Aluno ref. Recurso
13	—	RAE Potencial Aluno ref. Recurso	—	—
14	—	—	Água Prof. CTSA	—
15	—	RAE Potencial Aluno CTSA	—	—
16	—	—	Água Prof. ref. Recurso	—
17	—	—	—	—

Esta focagem justifica-se pelo seguinte: os grupos com esta caracterização são aqueles em que é possível encontrar interações professor-aluno envolvendo as categorias que têm sido utilizadas neste estudo. Estes são os grupos de eventos mais interessantes para se apreciar o tipo de práticas de ensino envolvidas. No caso desta narração esses grupos são os que constam a sombreado na Tabela 24, que é igual à Tabela 23, à exceção nos sombreados.

Analisou-se também o número de eventos de cada grupo em relação ao número de eventos total da narração. Dito de outra forma, analisou-se a extensão de cada um dos grupos na narração. Na Tabela 25 podem ser vistos o número de eventos de cada grupo e a sua correspondente percentagem em relação ao número de eventos total; os grupos que contêm categorias de análise referentes ao professor e categorias de análise referentes ao aluno, estão a sombreado.

Tabela 25 – Extensão (em número de eventos e em percentagem) dos Grupos referidos na Tabela 24. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.

Grupo	Número de eventos	Percentagem no total
1	8	9,8
2	2	2,4
3	2	2,4
4	6	7,3
5	6	7,3
6	6	7,3
7	3	3,7
8	6	7,3
9	3	3,7
10	12	14,6
11	2	2,4
12	2	2,4
13	4	4,9
14	7	8,5
15	4	4,9
16	5	6,1
17	4	4,9
Totais	82	100%

Na Figura 24 apresento um gráfico representativo da extensão de cada Grupo sombreado na Tabela 25 (em percentagem), isto é, representativo da extensão de cada grupo caracterizado por categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.

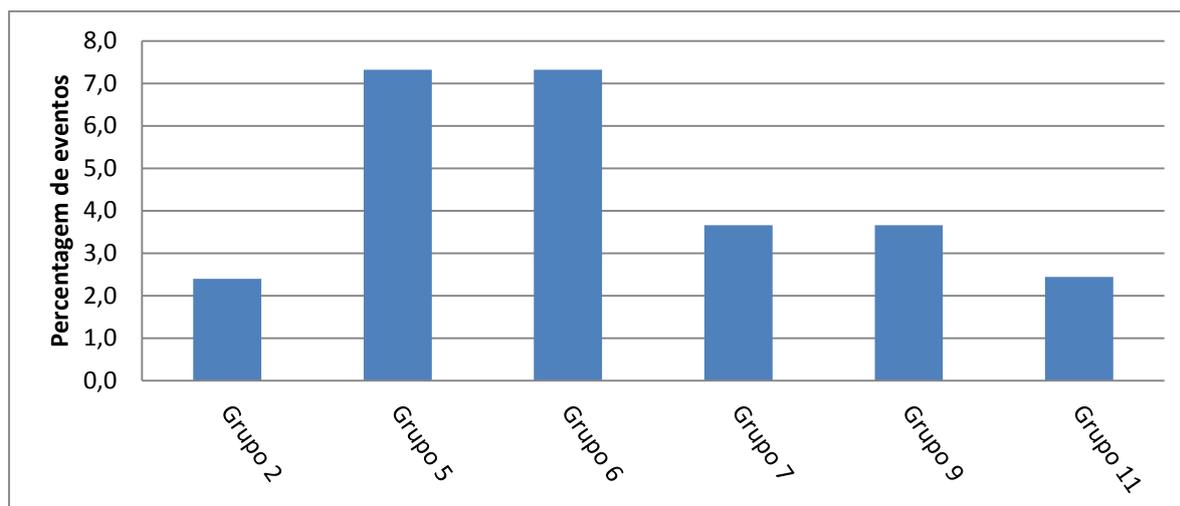


Figura 24 – Gráfico da extensão de cada Grupo construído com os dados da Tabela 25.

Tal como já foi referido, estes Grupos são grupos de eventos; e esses eventos ocorrem durante a realização de Tarefas (que na narração correspondem a Episódios). É de esperar que essas Tarefas proporcionem a ocorrência das categorias de análise que caracterizam os eventos de um Grupo. Interessa pois saber quais são estas Tarefas, o que se faz consultando as NM.

Elucido que as Tarefas a que me refiro são aquelas que efetivamente ocorreram, isto é, são episódios das narrações. Nem sempre estes episódios estão em correspondência biunívoca com as tarefas descritas nos instrumentos utilizados pelo professor (estes estão apresentados no Capítulo 6). Isto deve-se às alterações que, como é habitual, ocorrem durante as aulas, nas quais nem sempre as tarefas são realizadas estritamente com a organização prevista (*e.g.*, por vezes uma Tarefa ocorre noutra altura; noutros casos, uma Tarefa subdivide-se em duas).

As Tarefas realizadas nesta aula foram as seguintes:

Tarefa 1 – Uso da simulação “Buoyancy” que está disponível no computador.

Tarefa 2 – Cálculos preliminares para a situação inicial (em que o bloco está fora de água).

Tarefa 3 – Cálculo do valor da EP do bloco e do fluido para diferentes posições.

Tarefa 4 – Revisão em grande grupo (orientada pelo professor) de alguns conteúdos lecionados na componente teórica da Unidade Curricular e revisão oral dos cálculos efetuados na Tarefa anterior.

Tarefa 5 – Trabalho em grande grupo e em cada um dos grupos usando a modelização e simulação em “Excel”: em grupo, efetua duas ou três variações de parâmetros e interpreta os resultados obtidos, designadamente os gráficos. Regista um dos casos (fazendo uma cópia de ecrã e colando-a neste local) e comenta-o. Acompanhar as observações efetuadas com o uso da simulação “Buoyancy” que está disponível no computador.

Esta parte da análise confirma algo já dito anteriormente: as relações explícitas da parte dos alunos surgem essencialmente quando há intervenção do professor. Passo a referir outros aspetos.

Na análise da narração anterior, na secção 7.2.3, utilizei como critério de escolha para apreciação no texto, os valores acima da média do gráfico representativo da extensão de cada grupo.

No caso aqui em análise tal critério não se revelou adequado. Logo à partida, as situações passíveis de análise eram em menor número. Mas a mais forte razão consistiu em que, logo numa primeira análise global, verifiquei que todos os eventos que constituem os grupos caracterizados por categorias de análise referente ao professor e ao aluno pertencem ao episódio onde decorreu a Tarefa 5, como pode ser visto na Tabela 26.

Esta distribuição pelas Tarefas dos eventos indiciadores de interação professor-aluno é pois de um tipo diferente do relativo à NM sobre dessalinização solar e distribuição urbana de água (e, como se verá, também diferente da distribuição relativa à NM sobre a célula de combustível).

Tabela 26 – Percentagem de eventos de cada Grupo em cada Tarefa (Episódio). Para cada Grupo, está realçada a verde a Tarefa em que o Grupo tem mais eventos.

Tarefas da narração Multimodal					
Grupo de eventos	Tarefa 1	Tarefa 2	Tarefa 3	Tarefa 4	Tarefa 5
Grupo 2	0	0	0	0	100
Grupo 5	0	0	0	0	100
Grupo 6	0	0	0	0	100
Grupo 7	0	0	0	0	100
Grupo 9	0	0	0	0	100
Grupo 11	0	0	0	0	100

Sublinha-se que, tal como descrito anteriormente, nem todos os valores “0,0” significam a inexistência total de ocorrência em simultâneo de elementos categoriais relativos ao professor e ao aluno.

Uma vez que na Tabela 26 quatro das colunas têm valores nulos, impõe-se aqui uma elucidação.

A situação especial que aqui ocorre (o facto de haver uma só Tarefa na qual todos os eventos constituintes dos grupos se incluem) deve-se a um conjunto de fatores. Um deles é a filtragem efetuada pelos critérios de apreciação referidos. O outro tem a ver com a natureza das próprias tarefas. No caso da Tarefa 1, seria de esperar que pela sua natureza houvesse mais categorias de análise relativas ao professor em simultâneo com categorias de análise relativas ao aluno; ora, tal simultaneidade acontece na realidade em alguns eventos da Tarefa, como se pode verificar consultando a matriz de ocorrências do Anexo 5. O que aconteceu foi que o primeiro fator (filtragem) foi preponderante. Isto não constitui uma menos valia da presente análise nem dos critérios referidos; pelo contrário, estes permitem fazer incidir a apreciação sobre os aspetos globalmente mais relevantes.

Relativamente aos valores nulos correspondentes às Tarefas 2,3 e 4 interpreto que os valores nulos se devem também à natureza das próprias Tarefas: as Tarefas 2 e 3 decorreram essencialmente tendo por base cálculos matemáticos, e a Tarefa 4 tratou-se de uma revisão em grande grupo sobre alguns aspetos mais formais dos conteúdos lecionados na componente teórica da unidade curricular.

O facto de ter sido a Tarefa 5 que se revelou mais determinante na caracterização deste Grupo pode ser explicado pelo facto de no decorrer das atividades ela se ter tornado a Tarefa principal da narração multimodal. Na realidade esta Tarefa resultou da fusão das Tarefas 3 e 4 inicialmente delineadas pelo professor do guião da Figura 15, e a sua extensão na NM corresponde a cerca de 70% do total. Portanto, os resultados desta análise são consonantes com o que realmente decorreu durante as atividades.

7.4 Produção de energia elétrica com células de combustível

7.4.1 Análise de dados sobre relações entre água e energia – correlações entre categorias de análise

Os dados completos aqui referidos estão no Anexo 6.

Nesta narração multimodal, e no que diz respeito a este cálculo de correlações entre todas as categorias, são 19 as correlações com grau de confiança 99,9%. Tal como referi no ponto anterior, e dado tratar-se de um estudo onde procuro as categorias que mais se relacionem entre si, traduzidas aqui pelas correlações mais elevadas, optei por destacar aquelas que estão acima da média. As correlações, que dentro das estatisticamente significativas estão acima da média, e as categorias de análise correspondentes podem ser vistas na Tabela 27.

Tabela 27 – Correlações que dentro das estatisticamente significativas estão acima da média, e correspondentes pares de categorias de análise.

Média das correlações significativas com 99,9% de grau de confiança – 0,45	
Correlações acima da média	Categorias de análise correlacionadas
0,60	RAE Explícita Aluno Uso Recurso – Energia Aluno Uso Recurso
0,59	RAE Potencial Aluno CTSA – Água Aluno CTSA
0,58	RAE Professor Ref. Recurso – Água Prof. Ref. Recurso
0,58	Energia Aluno Ref. Recurso – Energia Prof. Ref. Recurso
0,53	RAE Explícita Aluno Ref. Recurso – Energia Aluno Ref. Recurso
0,52	RAE Professor CTSA – Água Professor CTSA
0,52	RAE Explícita Aluno Ref. Recurso – RAE Professor Ref. Recurso
0,50	RAE Explícita Aluno Ref. Recurso – Água Aluno Ref. Recurso
0,49	RAE Explícita Aluno Uso Recurso – RAE Professor Uso Recurso

No caso do Aluno, quando este refere tema Energia e *usa* o recurso existe uma correlação de 0,6 com o estabelecimento de *Relações Explícitas Água- Energia*; quando o Aluno trata o mesmo tema mas *Refere o Recurso* existe uma correlação de 0,53 com o estabelecimento de *Relações Explícitas Água-Energia*. Já quando trata o tema água tendo como referência o recurso, há uma correlação de 0,50 com o estabelecimento de *Relações Explícitas Água-Energia*.

Ainda no caso do Aluno, existe uma correlação de 0,59 entre a referência ao tema Água num contexto *CTSA* e o estabelecimento de *Relações Potenciais Água-Energia*.

Quanto ao professor, quando este se *Refere ao Recurso* abordando o tema Água, existe uma correlação de 0,58 com o seu estabelecimento de *Relações Água-Energia*. Ainda no caso do Professor, existe uma correlação de 0,52 entre a referência ao tema Água num contexto *CTSA* e o seu estabelecimento de *Relações Água-Energia*. Quando o Professor e Alunos se *Referem ao Recurso*, existe uma correlação de 0,58 entre a abordagem ao tema Energia pelo Professor

e a abordagem ao tema Energia pelo Aluno. Quando o Professor e Alunos *Referem o Recurso*, existe uma correlação de 0,52 entre o estabelecimento de *Relações Explícitas Água-Energia* pelo Aluno e o estabelecimento de *Relações Água-Energia* pelo Professor.

As categorias *Relações Explícitas Água-Energia* pelo Aluno e *Relações Água-Energia* pelo Professor encontram-se correlacionadas com um valor de 0,49.

De uma forma geral pode dizer-se que é quando o Aluno *Refere* ou *Usa* o Recurso que nesta intervenção existem mais condições para que sejam estabelecidas *Relações Explícitas Água-Energia*, e que estas relações são aparentemente estabelecidas essencialmente pela via do tema Energia. Todas as RAE em contextos CTSA foram de carácter potencial.

Já o professor, seja ao referir o recurso, seja num contexto CTSA, é pela via do tema Água que estabelece mais *Relações Água-Energia*.

7.4.2 Análise de dados sobre relações entre água e energia – formação de grupos de eventos com base nas categorias de análise que neles ocorrem

Para esta análise foram criados dendrogramas onde são agrupados eventos da narração multimodal que são caracterizados por uma ou mais categorias de análise. As categorias de análise que se consideram características de um grupo são aquelas aparecem no grupo de eventos mais de 50 % das vezes. Os dados completos relativos a esta análise podem ser vistos no Anexo 6.

No dendrograma da Figura 25 podem ser vistos os grupos de eventos criados, correspondentes à aula a que este subcapítulo se reporta; neste caso, o valor determinado no eixo vertical do dendrograma para a escolha de grupos a analisar foi 0,4. Esta linha está na figura desenhada com a cor verde. Na Tabela 28 estão descritas as categorias de análise que caracterizam esses mesmos grupos; as linhas a sombreado significam que nesses grupos de eventos existe uma ou mais categorias de análise com o elemento categorial “Relação Água-Energia” (RAE), em estudo nesta secção.

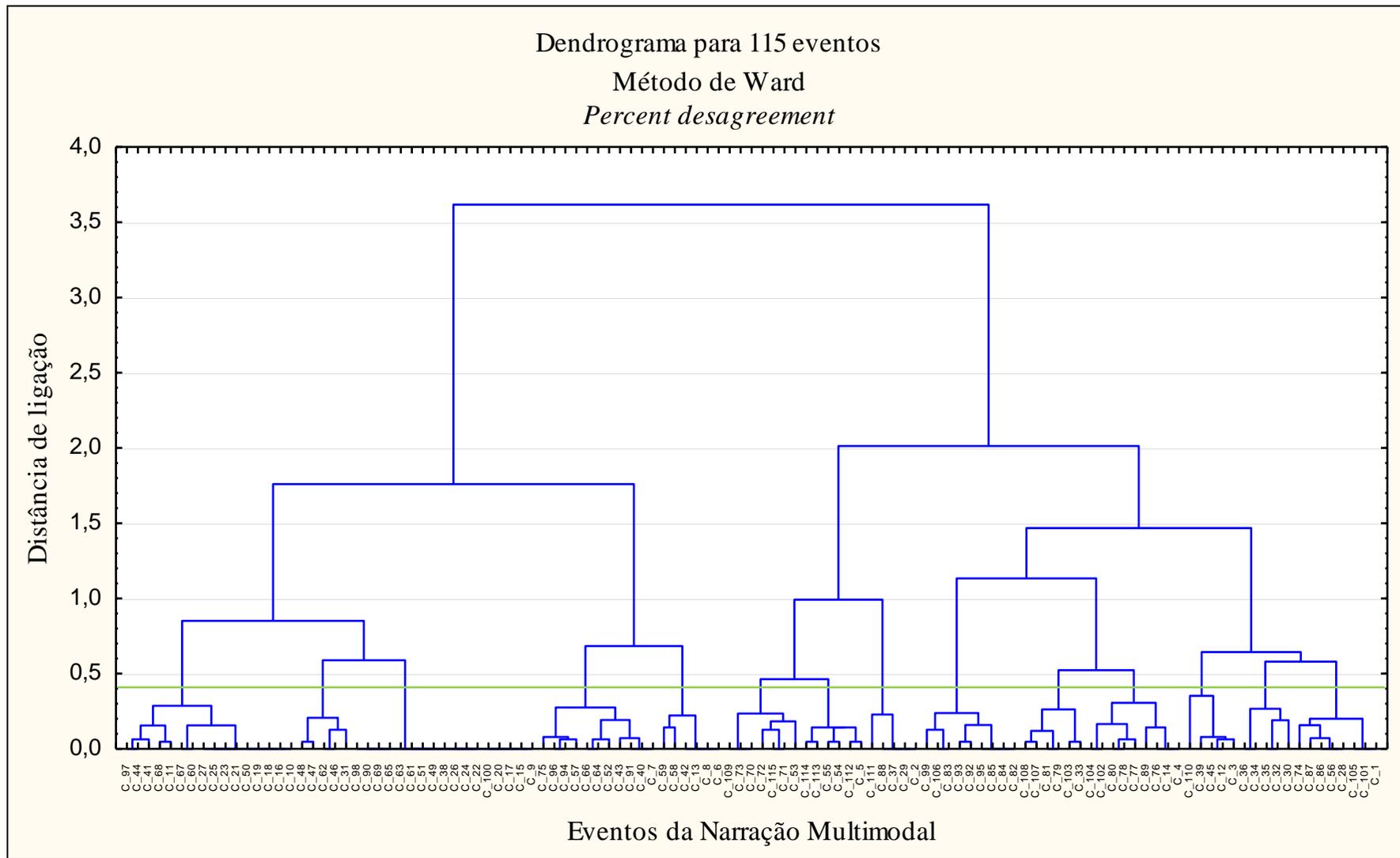


Figura 25 – Dendrograma que agrupa eventos da narração da aula sobre produção de energia elétrica com células de combustível.

Tabela 28 – Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma da Figura 26. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes a relações água-energia.

Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma				
Grupo	Relações Água – Energia		Outras categorias de análise	
	Professor	Aluno	Professor	Aluno
1	—	RAE Potencial Aluno uso Recurso	—	Água Aluno Uso Recurso
2	—	RAE Potencial Aluno CTSA; RAE Potencial Aluno uso Recurso	—	—
3	—	RAE Potencial Aluno Uso Recurso	—	—
4	—	—	—	Energia Aluno Uso Recurso
5	—	RAE Explícita Aluno uso Recurso	—	Água Aluno Uso Recurso Energia Aluno Uso Recurso
6	—	RAE Explícita Aluno ref. Recurso	—	Água Aluno ref. Recurso
7	RAE Prof. ref. Recurso	RAE Explícita Aluno ref. Recurso	—	Energia Aluno ref. Recurso
8	RAE Prof. ref. Recurso	RAE Explícita Aluno ref. Recurso	Água Prof. ref. Recurso Energia Prof. ref. Recurso	Água Aluno ref. Recurso
9	—	—	Energia Prof. CTSA	Energia Aluno CTSA
10	—	—	—	Energia Aluno CTSA; Energia Aluno ref. Recurso
11	—	—	Energia Prof. ref. Recurso	Energia Aluno ref. Recurso
12	—	—	Água Prof. ref. Recurso	—
13	—	RAE Potencial Aluno CTSA; RAE Potencial Aluno ref. Recurso"	Água Prof. CTSA	—
14	—	RAE Potencial Aluno ref. Recurso"	—	Água Aluno ref. Recurso

Depois de feita esta análise, foram procurados excertos da narração exemplificativos de cada um dos grupos, no sentido de elucidar sobre alguns aspetos relacionados com relações Água – Energia. Deu-se especial destaque àqueles grupos onde ocorrem relações água-energia, ou pelo professor ou pelos alunos (grupos a sombreado nas tabelas). Realço que de cada um dos grupos se poderiam extrair vários exemplos de zonas da narração onde as categorias que os caracterizam estão presentes; mas apenas se apresenta um de cada grupo.

Os seguintes comentários baseiam-se na análise da Tabela 28.

Podemos ver que os Grupos de 1 a 3 são caracterizados pela existência de categorias de análise relativas a relações água-energia potenciais dos alunos quando estes usam o recurso. Contudo, a razão pela qual são grupos distintos tem a ver com o facto de no Grupo 1 estarem agrupados eventos em que existe da parte dos alunos uma referência ao tema água, e no Grupo 2 eventos em que essa relação potencial tem o elemento categorial “CTSA”. Neste caso o elemento CTSA surge quando um aluno questiona a possibilidade de mover um autocarro com uma célula de combustível. Já o Grupo 3 apenas contém a categorização relativa à relação potencial. Vejamos excertos dos três grupos:

Grupo 1:

“J: Agora...

S: O que é que está a acontecer aqui?

J: É a eletrólise... Ó professor, aqui já é a eletrólise, não é? Quando se usa a bateria, e passam os eletrões ali, e a água é separada, e o oxigénio vai para cima...

P: Sim... é o processo de eletrólise... Atenção, pode ser a eletrólise de muitas coisas, aqui estamos a falar da água...

J: Pronto, é a separação do hidrogénio e do oxigénio. O oxigénio é libertado para o ar...

S: E o hidrogénio também!”

Grupo 2:

“S: É isso a célula de combustível?!

P: É.

A: E é assim tão pequeno?

P: A membrana é esta coisinha que está aqui no meio.

S: E isso dá para mover um autocarro?

P: Não.

S: Ah! Estava a estranhar!

J: Sim, isto é um protótipo!

P: Sim, seriam precisas muitas destas, e maiores.”

Grupo 3:

“S: Está a entrar o hidrogénio...

Alunos: Duas moléculas de hidrogénio...

J: Que vêm da célula de combustível, não é?”

O Grupo 5 é constituído por eventos onde os alunos estabelecem relações água-energia de forma explícita, referindo simultaneamente ambas temáticas enquanto usam o recurso. O exemplo que se segue exemplifica um desses momentos, no qual os alunos estavam a utilizar uma simulação computacional relativa à célula de combustível:

“J: Portanto, isto é o oxigénio e o hidrogénio. Isto é o H₂O, a água.

S: Isto é energia elétrica.

A: É a bateria...

J: Mas depois liberta o oxigénio para o ar e fica só com o hidrogénio.

B: Depois vem outra vez para a bateria e faz outra vez o mesmo percurso. Professor, o que é o “e”?

S: Eletricidade?

P: O que acham que são esses “e”s?

S: É a energia produzida...

J: É o hidrogénio... porque na água o hidrogénio fica separado do oxigénio; então, se o oxigénio vai para o ar, é o hidrogénio professor...

S: E forma aqui energia... é nesta altura.”

O Grupo 6 agrupa eventos em que os alunos estabeleceram relações água-energia de forma explícita quando falam de água e referem o recurso. No caso que se usa como exemplo os alunos referem o recurso e explicam que com ele se consegue a obtenção de uma corrente elétrica e que o produto final é água:

“S: (A célula de combustível) Separa os eletrões dos protões (do hidrogénio) ...

P: Sim, e mais coisas?

J: Produz corrente elétrica. Essa corrente elétrica... os eletrões e os protões juntam-se com o oxigénio e formam outra vez água.” (...)

“A: Já podes por um carro a andar a água!”

Nos Grupo 7 e 8 os eventos que os constituem são caracterizados pelo facto de, quer o professor, quer os alunos, terem estabelecido relações entre água e energia de forma explícita tendo como referência o recurso. No exemplo seguinte essa coexistência de categorias de análise se manifesta num diálogo professor-alunos, onde o professor questiona os alunos sobre o processo de eletrólise da água e sobre o seu papel num sistema de uma célula de combustível:

“P: Seguindo aqui o nosso guião então... já respondemos a isto. Portanto a eletrólise então é...?

S: Separação do hidrogénio e do oxigénio da água.

P: Recorrendo a quê?

J: A energia.

P: Neste caso... esta parte é importante...

S: Corrente elétrica.

P: Ok. Muito bem. A pergunta seguinte... qual é que acham que é a função da eletrólise num sistema com uma célula de combustível?

J: É fornecer hidrogénio.

S: E oxigénio! Separados!

J: Separa o oxigénio do hidrogénio.

S: Depois dá para armazenar...

O Grupo 13 contém eventos em que existe a categoria de análise “Relação água-energia potencial” da parte dos alunos em contextos CTSA e tendo como referência o recurso. Nestes eventos o professor trata a temática água num contexto CTSA. O exemplo que se segue ilustra um desses eventos, em o professor pediu a um aluno para desenhar um recipiente com água “em série” num circuito elétrico (constituído por uma fonte de energia e uma lâmpada) e pergunta se a lâmpada acenderá. A discussão veio a propósito da necessidade de haver íões na água para que haja corrente elétrica. O professor fala de água num contexto CTSA, mas da parte dos alunos fica por explicitar uma relação entre água e energia:

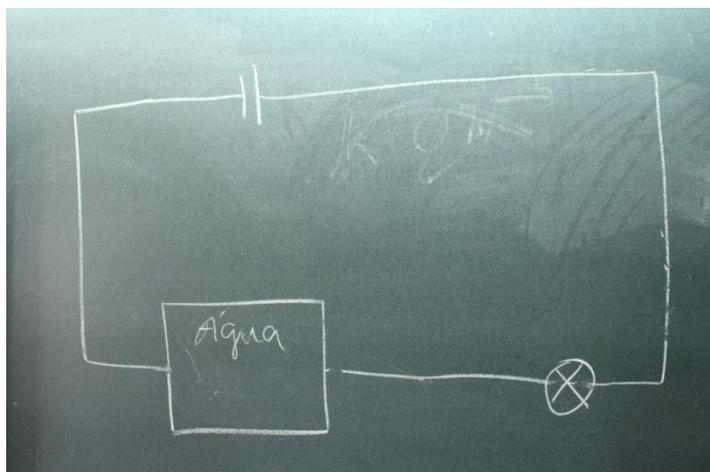


Figura 26 – Fotografia de esquema de um circuito elétrico feito pela aluna J no quadro.

“P: Vamos imaginar que tiramos este recipiente daqui; ficam as pontas soltas. O que é que acontece à lâmpada?

S: Com as pontas soltas?

Alunos: Não acende.

J: Não há corrente, tem que estar ligado.

P: Muito bem. E se eu puser aqui o recipiente com água, o que é que acham que acontece à lâmpada?

S: Acende!

P: Acende?

A: Não...”

Os eventos do Grupo 14 são caracterizados pela existência de relações água-energia potenciais pelos alunos quando estes tratam o tema água referindo o recurso. São exemplos deste grupo os eventos em que os alunos falam sobre a eletrólise da água, e sobre o recurso

onde se realiza esse processo, mas sem nunca estabelecerem explicitamente as relação entre água e energia. Vejamos um exemplo:

“Continuando o guião, a aluna J lê o enunciado:

J: “Em que é que consiste a eletrólise da água?”. Consiste em separar o hidrogénio e o oxigénio. “Qual a sua função num sistema com uma célula de combustível?”...

P: Vamos lá com calma. Em que é que consiste a eletrólise? Disseste que era para separar o quê?

S: O oxigénio do hidrogénio.

P: Ok. Que estão presentes onde?

A: Na água.”

De uma forma geral, pode retirar-se desta análise que todas as RAE explícitas do aluno foram estabelecidas sempre em função do recurso, usando-o ou referindo-o.

Também se pode observar que não existem eventos com RAE exclusivas do professor; isto é, sempre que o professor estabeleceu RAE, os alunos também o fizeram

Além disso, retira-se desta análise que todas as RAE do aluno em contexto CTSA são potenciais.

7.4.3 Análise de dados focada em tarefas e em interações professor-aluno com elas relacionadas

Neste subcapítulo faz-se uma apreciação sobre as interações professor-aluno vivenciadas em alguns dos grupos de eventos referidos no subcapítulo anterior. Faz-se uma focagem naqueles grupos de eventos que são caracterizados por categorias de análise que interessam para este efeito. Isto é, focam-se os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno. Esta focagem justifica-se pelo seguinte: os grupos com esta caracterização são aqueles em que é possível encontrar interações professor-aluno envolvendo as categorias que têm sido utilizadas neste estudo. Estes são os grupos de eventos mais interessantes para se apreciar o tipo de práticas de ensino envolvidas. No caso desta narração esses grupos são os que constam a sombreado na Tabela 29, que é igual à Tabela 28, à exceção nos sombreados.

Tabela 29 – Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma da Figura 28. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.

Categorias de análise que caracterizam os grupos formados no dendrograma				
Grupo	Relações Água – Energia		Outras categorias de análise	
	Professor	Aluno	Professor	Aluno
1	—	RAE Potencial Aluno uso Recurso	—	Água Aluno Uso Recurso
2	—	RAE Potencial Aluno CTSA; RAE Potencial Aluno uso Recurso	—	—
3	—	RAE Potencial Aluno Uso Recurso	—	—
4	—	—	—	Energia Aluno Uso Recurso
5	—	RAE Explícita Aluno uso Recurso	—	Água Aluno Uso Recurso Energia Aluno Uso Recurso
6	—	RAE Explícita Aluno ref. Recurso	—	Água Aluno ref. Recurso
7	RAE Prof. ref. Recurso	RAE Explícita Aluno ref. Recurso	—	Energia Aluno ref. Recurso
8	RAE Prof. ref. Recurso	RAE Explícita Aluno ref. Recurso	Água Prof. ref. Recurso Energia Prof. ref. Recurso	Água Aluno ref. Recurso
9	—	—	Energia Prof. CTSA	Energia Aluno CTSA
10	—	—	—	Energia Aluno CTSA; Energia Aluno ref. Recurso
11	—	—	Energia Prof. ref. Recurso	Energia Aluno ref. Recurso
12	—	—	Água Prof. ref. Recurso	—
13	—	RAE Potencial Aluno CTSA; RAE Potencial Aluno ref. Recurso"	Água Prof. CTSA	—
14	—	RAE Potencial Aluno ref. Recurso"	—	Água Aluno ref. Recurso

Analisou-se também o número de eventos de cada grupo em relação ao número de eventos total da narração. Dito de outra forma, analisou-se a extensão de cada um dos grupos na narração. Na Tabela 30 podem ser vistos o número de eventos de cada grupo e a sua correspondente percentagem em relação ao número de eventos total; os grupos que contêm categorias de análise referentes ao professor e categorias de análise referentes ao aluno, estão a sombreado.

Tabela 30 – Extensão (em número de eventos e em percentagem) dos Grupos referidos na Tabela 29. Estão destacados a sombreado os grupos cuja caracterização envolve categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.

Grupo	Número de eventos	Percentagem no total
1	16	13,9
2	5	4,3
3	17	14,8
4	11	9,6
5	6	5,2
6	7	6,1
7	6	5,2
8	5	4,3
9	9	7,8
10	6	5,2
11	9	7,8
12	5	4,3
13	5	4,3
14	8	7,0
Totais	115	100%

Na Figura 27 apresento um gráfico representativo da extensão de cada Grupo sombreado na Tabela 30 (em percentagem), isto é, representativo da extensão de cada grupo caracterizado por categorias de análise referentes ao professor e simultaneamente, categorias de análise referentes ao aluno.

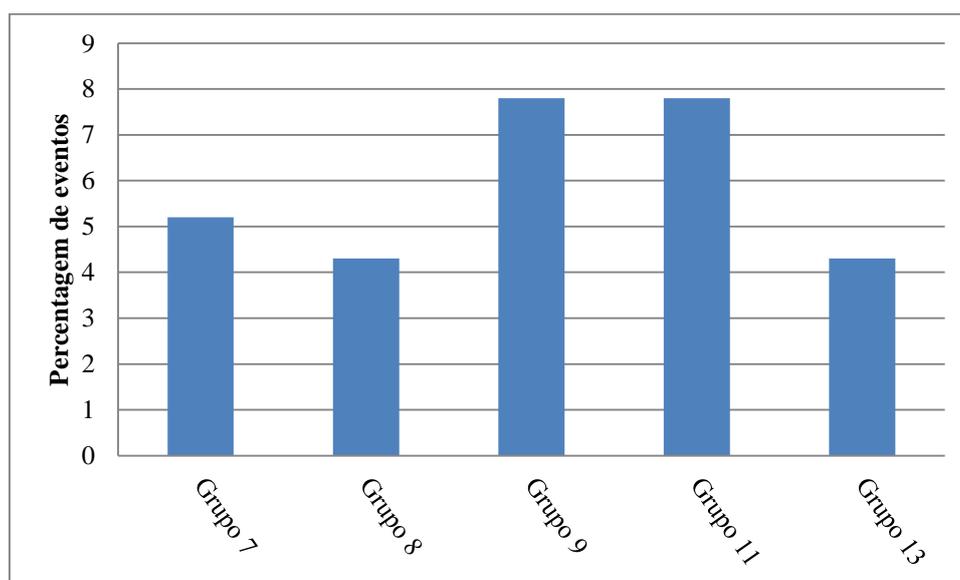


Figura 27 – Gráfico da extensão de cada Grupo construído com os dados da Tabela 30

Estes Grupos são grupos de eventos; esses eventos ocorrem durante a realização de Tarefas (que na narração correspondem a Episódios). É de esperar que essas Tarefas proporcionem a ocorrência das categorias de análise que caracterizam os eventos de um Grupo.

Interessa pois saber quais são estas Tarefas, o que se faz consultando as NM.

Elucido que as Tarefas a que me refiro são aquelas que efetivamente ocorreram, isto é, são episódios das narrações. Nem sempre estes episódios estão em correspondência biunívoca com as tarefas descritas nos instrumentos utilizados pelo professor (estes estão apresentados no Capítulo 6). Isto deve-se às alterações que, como é habitual, ocorrem durante as aulas, nas quais nem sempre as tarefas são realizadas estritamente com a organização prevista (*e.g.*, por vezes uma Tarefa ocorre noutra altura; noutros casos, uma Tarefa subdivide-se em duas).

As Tarefas realizadas nesta aula foram as seguintes:

Tarefa 1 – Introdução teórica: Vídeo de 7 min que acompanha o *kit* didático. Debate.

Tarefa 2 – Uso de uma simulação computacional sobre eletrólise da água.

- Utilizar as potencialidades do simulador. Observar a simulação nas suas diversas partes.
- Fazer algumas cópias de ecrã com legenda. Gravar num ficheiro de Word.
- Debate: Em que é que consiste a eletrólise da água? Qual a sua função num sistema com uma célula de combustível?
- Fazer um esquema dos dispositivos usados e dos fluxos de matéria (água, gases,...) e de energia (diversas formas) na eletrólise da água.

Tarefa 3 – Uso de uma simulação computacional sobre a célula de combustível

- Utilizar as potencialidades do simulador. Observar a simulação nas suas diversas partes.
- Fazer algumas cópias de ecrã com legenda. Gravar num ficheiro de Word.
- Debate: O que faz uma célula de combustível? Qual a importância da membrana da célula de combustível?
- Fazer um esquema dos dispositivos usados e dos fluxos de matéria (água, gases,...) e de energia (diversas formas) na célula de combustível.

Tarefa 4 – Uso do *kit* da célula de combustível. Montagem, descrição e experimentações livres com o *kit*

Tarefa 5 – Fazer um esquema conceptual sobre os fluxos de matéria e de energia no sistema

Na Tabela 31 apresento para cada Grupo as Tarefas que nele foram mais determinantes. Isto é, aquelas que contém mais eventos desse Grupo.

**Tabela 31 – Percentagem de eventos de cada Grupo em cada Tarefa (Episódio).
Para cada Grupo, estão realçadas a verde alguns dos maiores valores.**

Tarefas da narração Multimodal					
Grupo de eventos	Tarefa 1	Tarefa 2	Tarefa 3	Tarefa 4	Tarefa 5
Grupo 7	0	16,7	33,3	0	50,0
Grupo 8	20	40	0	20	20
Grupo 9	0	0	0	100	0
Grupo 11	11,1	11,1	0	77,8	0
Grupo 13	0	100	0	0	0

É certo que está agora em apreço uma outra narração, com outros recursos e vivências de aula. No entanto, em termos de construção de informação e da sua apreciação, os procedimentos são em tudo similares aos apresentados a propósito das duas NM anteriores. Por este motivo, e também porque há diversos valores iguais que tornaria difícil a escolha, vou interpretar um menor número de valores, que são os que estão sombreados a verde na Tabela 31.

Relativamente ao Grupo 7

Como se pode ver na Tabela 29 este grupo é caracterizado por eventos em que há o estabelecimento de relações água energia, quer pelo aluno, quer pelo professor, principalmente quando o aluno trata o tema energia. Podemos ver na Tabela 31 que é nas Tarefas 3 e 5 que este Grupo contém mais eventos. Vejamos as Tarefas:

Tarefa 3 – Uso de uma simulação computacional sobre a célula de combustível

- Utilizar as potencialidades do simulador. Observar a simulação nas suas diversas partes.
- Fazer algumas cópias de ecrã com legenda. Gravar num ficheiro de Word.
- Debate: O que faz uma célula de combustível? Qual a importância da membrana da célula de combustível?
- Fazer um esquema dos dispositivos usados e dos fluxos de matéria (água, gases,...) e de energia (diversas formas) na célula de combustível.

Tarefa 5 – Fazer um esquema conceptual sobre os fluxos de matéria e de energia no sistema

Se analisarmos o que é pedido em ambas as Tarefas, podemos verificar que as categorias de análise que figuram nos eventos deste Grupo estão em consonância com esses mesmos pedidos. No decorrer da Tarefa 3, onde se usou a simulação sobre a célula de combustível, é natural que os alunos tenham estabelecido relações água-energia mais a propósito do tema energia do que a propósito do tema água; isto porque num uso isolado da simulação sobre a célula de combustível a produção de energia elétrica é o tema predominante. Claro que a propósito desta simulação também houve várias vezes a referência ao tema água, produto final do processo da célula de combustível e a partir da qual se pode obter hidrogénio; mas o tema *energia* foi predominante nesta tarefa, o que fez que com se tornasse mais característico do Grupo em análise.

Quanto à Tarefa 5, também teve influência na formação deste grupo, quer na promoção do estabelecimento de relações entre água e energia da parte dos alunos, quer no facto de estas relações serem essencialmente pela via do tema energia. Nesta Tarefa foi solicitado aos alunos que esquematizassem num diagrama os fluxos de matéria e energia do sistema; era de esperar que nela os alunos referissem o tema energia.

Relativamente ao Grupo 8

Podemos ver que este Grupo é constituído por eventos em que existe estabelecimento de relações água energia, quer pelo aluno, quer pelo professor (tal como no Grupo anterior), mas aqui os alunos fazem-no com referência ao tema água. Podemos ver na Tabela 31 que é a Tarefa 2 que mais determina a formação deste Grupo. Vejamos a Tarefa:

Tarefa 2 – Uso de uma simulação computacional sobre eletrólise da água.

- Utilizar as potencialidades do simulador. Observar a simulação nas suas diversas partes.
- Fazer algumas cópias de ecrã com legenda. Gravar num ficheiro de Word.
- Debate: Em que é que consiste a eletrólise da água? Qual a sua função num sistema com uma célula de combustível?
- Fazer um esquema dos dispositivos usados e dos fluxos de matéria (água, gases,...) e de energia (diversas formas) na eletrólise da água.

Em relação ao Grupo anterior, a principal diferença deste Grupo tem a ver com o tema a partir do qual os alunos estabelecem relações água energia. Enquanto no Grupo anterior era a propósito do tema energia, neste Grupo é a propósito do tema água. Este facto é compreensível tendo em conta o que foi solicitado em ambas as Tarefa. Na Tarefa anterior

pedia-se para usar a simulação sobre a célula de combustível, o que pelas razões atrás mencionadas levou os alunos a tratarem mais o tema energia; nesta Tarefa é solicitado que usem a simulação computacional sobre a eletrólise da água. Ora é natural que seja o tema água o predominante na promoção do estabelecimento de relações água-energia, e que portanto figure como característica dos eventos deste Grupo.

Relativamente aos Grupo 9 e 11

Na Tabela 29 pode ser visto que ambos os grupos são caracterizados pelo facto de o professor e os alunos tratarem o tema energia. No Grupo 9 essa abordagem é feita em contextos CTSA, e no Grupo 11 ela é feita tendo como referência o recurso. Na Tabela 31 podemos ver que é a Tarefa 4 que mais determinou a formação deste dois Grupos de eventos. Vejamos a Tarefa:

Tarefa 4 – Uso do *kit* da célula de combustível. Montagem, descrição e experimentações livres com o *kit*

O *kit* utilizado era composto essencialmente por duas partes: uma em que era realizada a eletrólise da água tendo como fonte de energia um painel fotovoltaico, e uma outra relativa à célula de combustível onde era produzida energia elétrica que alimentava uma pequena ventoinha. Ora, não é de todo de estranhar que apesar de haver água *envolvida* neste sistema, tenha sido o tema energia que mais se evidenciou durante a realização da Tarefa. O facto de ser necessária energia para a eletrólise, para que tenhamos hidrogénio, para que se produza energia, sobrepôs-se em termos gerais à abordagem ao tema água, apesar de esta ser essencial no processo. Contribuiu também para isso conversas sobre as diferentes formas de energia no processo, as perdas de energia e eficiência energética.

Relativamente ao Grupo 13

A Tarefa mais determinante na formação deste Grupo de eventos é a Tarefa 2:

Tarefa 2 – Uso de uma simulação computacional sobre eletrólise da água.

- Utilizar as potencialidades do simulador. Observar a simulação nas suas diversas partes.
- Fazer algumas cópias de ecrã com legenda. Gravar num ficheiro de Word.
- Debate: Em que é que consiste a eletrólise da água? Qual a sua função num sistema com uma célula de combustível?
- Fazer um esquema dos dispositivos usados e dos fluxos de matéria (água, gases,...) e de energia (diversas formas) na eletrólise da água.

Como se pode ver, o Grupo é caracterizado pelas categorias de análise referentes a relações água-energia potenciais da parte do aluno, enquanto o professor trata a temática água num

contexto CTSA. Aparentemente isto poderá significar que durante o uso da simulação computacional sobre eletrólise da água o professor sente necessidade de tratar o tema numa perspectiva CTSA, pois é difícil para os alunos estabelecer pontes entre o que está a ser tratado e as suas aplicações em contextos reais.

De uma forma geral pode ser visto que nos eventos constituintes dos dois maiores grupos, não ocorrem RAE. Nesta análise (de um modo ainda mais nítido do que na narração referente à dessalinização solar e distribuição urbana de água) os eventos indiciadores de interações estão dispersos por todas as cinco Tarefas consideradas.

7.5 Síntese

Sobre as correlações entre categorias de análise

Começo por referi-me à narração relativa à Dessalinização com energia solar e Ciclo urbano da água. Tendo em conta as correlações entre categorias de análise (secção 7.2.1, Tabela 17), pode dizer-se que, de uma forma geral, é aparentemente pela via do tema Energia em contextos CTSA que os alunos estabelecem mais Relações Explícitas Água-Energia. Contudo, a referência ou uso do recurso pela parte dos alunos, cria também condições para que estes relacionem os dois temas, mas mais pela via do tema água.

É natural que com os recursos utilizados os alunos partam mais facilmente para o estabelecimento de relações água-energia pela via do tema água (dessalinizar água, distribuição de água). É por isso também natural que necessitem de situar o tema energia em contextos CTSA, no estabelecimento de relações água-energia.

No caso do professor, é também aparentemente pela via do tema Energia que este estabelece mais Relações Água-Energia, quer em contextualizações CTSA, quer referindo ou usando o recurso. É natural que sejam estas as correlações mais elevadas da narração pois nesta aula o professor explicitou logo de início que há relação entre as temáticas, que essa relação é importante e que existem recursos onde a relação é evidenciada. Foi o professor que apresentou o recurso, e era o professor que tinha a intenção de relacionar os dois temas.

Repare-se que o professor, enquanto usava ou referia o recurso partiu do tema energia para estabelecer relações água-energia. Este facto está certamente relacionado com o facto de ser

uma via inicialmente menos óbvia para os alunos enquanto usavam o recurso, que lhe era menos familiar, e por isso o professor viu a necessidade de reforçar o estabelecimento de relação entre as temáticas por essa via.

Apesar de serem correlações da mesma ordem de grandeza (as referentes ao aluno e as referentes ao professor), era de certa forma expectável que fosse a referência ao recurso pela parte do professor que se correlacionasse mais com o estabelecimento de relações Água-Energia. Isto porque foi o professor que apresentou o recurso, e era o professor que tinha a intenção de relacionar os dois temas; seria por isso de esperar que, ainda que sem manusear/usar o recurso, o referisse várias vezes quando estabelecia relações Água-Energia.

Quanto a intervenção no terreno sobre Lei de Arquimedes e energia potencial gravítica, Globalmente as correlações indicam-nos que: (i) os alunos estabelecem Relações Água-Energia Explícitas durante o Uso do Recurso, quer a propósito da Água, quer a propósito da Energia; (ii) os alunos não estabelecem Relações Água-Energia Explícitas com fatores do âmbito CTSA.

O primeiro item é de interpretação óbvia. Quanto ao segundo, a minha interpretação é a seguinte: nestas atividades, as relações Água-Energia envolvem só a energia potencial gravítica, e não envolvem de modo central propriedades físicas e químicas da água. Por exemplo, na simulação com folha de cálculo usa-se a designação “fluido” (como em ρ_{fluido}); e na simulação com animação gráfica Buoyancy – Projeto Phet pode alterar-se o fluido, que ora é água, ora é algo que sugere um óleo. Ou seja, os alunos estão mergulhados em atividades que envolvem os conceitos de água e de energia de um modo muito particular: a água pode ser substituída por outro fluido, e a energia é só potencial gravítica. Assim, efetuar uma relação Água-Energia e, além disso, transferir essa relação para um âmbito CTSA distante daquelas atividades, é um passo difícil.

Para além disso, o tema (Lei de Arquimedes e Energia Potencial gravítica) é em geral de difícil compreensão, como referido na secção 6.3 (Tabela 15); era de esperar por isso que os alunos estivessem concetualmente pouco disponíveis para se descentrar do esforço das atividades em curso e para divergir para relacionamentos do tipo CTSA, ou outros que estivessem para além das tarefas. Também, a folha de cálculo usada, que foi algo novo para os alunos, levou a que, quer os alunos, quer o professor, estivessem centrados em aspetos mais

conceituais e operacionais da simulação computacional. Ora, do ponto de vista de mediação isso traduziu-se no facto de ter havido pouco *espaço* para que o professor encaminhasse as tarefas, solicitações, explicitações, no sentido da contextualização do tipo CTSA. Repare-se que houve ocorrências de Relações Água-Energia, quer pela via do tema Água, quer pela via do tema Energia pela parte do Aluno, durante o uso do recurso (Tabela 22).

Isto explica de certa forma o facto de, no que diz respeito a relações Água-Energia da parte dos alunos num contexto CTSA, estas apenas surgem como Potenciais, e a propósito do tema Energia.

Podemos ver também verificar que sempre que o professor usa o recurso e trata o tema Energia, ele e os alunos estabelecem relações Água-Energia, explícitas e referindo o recurso; isto é-nos indicado pelo valor de correlação 1,00. Vimos também que quando o professor usa o recurso e trata o tema Água, existe uma correlação de 0,81 com o estabelecimento de relações Água-Energia por ele próprio e por parte dos alunos, no caso destes, explícitas e referindo o recurso. Ainda quando o professor usa o recurso, existe uma correlação de 0,81 entre a referência ao tema Água e a referência ao tema Energia.

Estes valores de correlações elevadas eram expectáveis: a intenção do professor nas suas tarefas e no uso dos recursos era a de investigar se esse uso promoveria o estabelecimento da Relações Água-Energia. Era portanto de esperar que o professor, ao usar o recurso com referência a um dos temas, fizesse referência ao outro tema, e à relação entre os dois. Nestas situações os alunos também estabeleciam Relações Explícitas Água-Energia, referindo-se ao recurso.

Podemos também ver quando o Aluno *Usa o Recurso* há tendência para coexistir a referência aos temas Água e Energia, e para o estabelecimento de relações entre os dois temas.

No que diz respeito à narração sobre produção de energia elétrica com células de combustível, pela análise das correlações entre categorias pode dizer-se que, de uma forma geral, é pela via do tema energia que existem mais condições para que sejam estabelecidas Relações Explícitas Água-Energia; isto quando o aluno usa ou refere o recurso

Já o professor, seja ao referir o recurso, seja num contexto CTSA, é pela via do tema Água que estabelece mais Relações Água-Energia.

Foi o tema Energia que mais promoveu o estabelecimento de Relações Explícitas Água-Energia pelo aluno, o que poderá ser explicado pelo facto de, nos debates e outras interações, a Energia ter desempenhado um papel central, quer por ter sido necessária energia elétrica para produzir hidrogénio por eletrólise, quer pela possibilidade de a partir dele se poder produzir energia elétrica. Nos dados constantes na Tabela 27 não há Relações Água-Energia Explícitas da parte dos alunos a contextos CTSA. Isso não significa a ausência total deste tipo de relações: está relacionado com os critérios de seleção das correlações utilizados para efeitos da presente discussão. Aliás, como se pode ver no Anexo 6 existe uma correlação de 0,40 entre o estabelecimento de Relações Água-Energia Explícitas a propósito do tema Água num contexto CTSA.

É ainda de destacar que no caso dos alunos existe uma correlação de 0,59 entre o estabelecimento de Relações Potenciais Água-Energia e a referência ao tema Água num contexto CTSA. Este é o segundo valor de correlações mais elevado; ora, apesar de não se tratar do estabelecimento de Relações Água-Energia Explícitas, o destaque deve-se à existência de várias situações de oportunidade para o professor explicitar Relações Água-Energia num contexto CTSA, promovendo esse tipo de estabelecimento pelos alunos. Ou seja, também neste caso, teve uma influência importante o facto de se terem em conta as relações potenciais.

Repare-se também que, no caso do professor, as Relações Água-Energia são com muita frequência estabelecidas num contexto CTSA, e pela via do tema Água. Isto poderá significar uma necessidade sentida pelo professor de complementar a vertente preferida pelos alunos que, como se viu acima, foi o tema Energia que mais promoveu o estabelecimento de Relações Explícitas Água-Energia por parte dos alunos.

Para efeitos de síntese sobre a informação retirada da análise das correlações entre categorias, apresento um resumo na Tabela 32.

Tabela 32 – Quadro resumo sobre os tópicos (Água ou Energia) envolvidos no estabelecimento de RAE, baseado nas correlações entre categorias de análise. “Recurso” inclui “referência” e “uso”.

Intervenção	Aluno		Professor	
	CTSA	Recurso	CTSA	Recurso
Dessalinização com energia solar e ciclo urbano da água	RAE explícitas	RAE explícitas	RAE	
	Energia	Água	Energia	
Lei de Arquimedes e energia potencial gravítica	RAE potenciais	RAE explícitas	RAE	RAE
	Energia	Água e Energia	Energia	Água e Energia
Produção de energia elétrica com células de combustível	RAE potenciais	RAE explícitas	RAE	
	Água	Energia	Água	

Analisando a tabela, pode dizer-se que quando o recurso orienta os alunos no estabelecimento de RAE pela envolvendo um dos temas (Água ou Energia), existe a tendência para que o professor que no sentido de complementar essa orientação, estabelecendo RAE envolvendo o outro tema. E isto, quer envolvendo o Recurso, quer em contextos CTSA. É de notar também que os temas CTSA predominantes dos alunos são os mesmos que os do professor. Isto pode querer dizer que os contextos CTSA se estabeleceram em conjunto; ou talvez (mas sem dados suficientes para poder afirmar) possa querer dizer que houve uma tentativa do professor de contextualizar os temas e os recursos numa perspetiva CTSA, e que essa tentativa foi acompanhada pelos alunos.

Sobre os agrupamentos de eventos: relações água-energia

Pode ser visto que na NM sobre dessalinização com energia solar e ciclo urbano da água as RAE potenciais do aluno são quase sempre baseadas na referência a um dos dois tópicos: ou água, ou energia. Isto indica em princípio um caminho para que professor pudesse conduzir tais relações potenciais conduzir para a explicitação, pois aparentemente bastaria conseguir que o outro tópico fosse também referido.

Pode também ser visto que existem quatro Grupos de eventos em que o estabelecimento de RAE é feito exclusivamente pelo professor e apenas dois em que existem RAE exclusivamente da parte dos alunos, sendo potenciais num deles. De notar que em ambos os grupos essas RAE são em contexto CTSA. Está aqui patente a importância da intervenção do

professor para que os alunos estabeleçam RAE explícitas uma vez que por si sós apenas o fizeram nos eventos do Grupo 4. Este aspeto faz interseção esta secção com a que se segue.

Na NM sobre Lei de Arquimedes e energia potencial gravítica ficou clara a importância de ter sido considerado o elemento categorial (Relação Água-Energia) “Potencial”. Desta análise que o aparecimento de relações explícitas da parte dos alunos surge essencialmente quando há intervenção do professor: quando este refere os temas água e energia, ou usa o recurso. São exceção os eventos em que os alunos comentam os gráficos obtidos na simulação computacional da folha de cálculo, onde estabelecem na maior parte das vezes relações água-energia explícitas. Nesses eventos não há intervenções diretas do professor, ainda que sejam comentários decorrentes das tarefas propostas.

Na NM sobre produção de energia eléctrica com células de combustível, de uma forma geral, pode retirar-se que todas as RAE explícitas do aluno foram estabelecidas sempre em função do recurso, usando-o ou referindo-o. Também se pode observar que não existem eventos com RAE exclusivas do professor; isto é, sempre que o professor estabeleceu RAE, os alunos também o fizeram. Além disso, retira-se desta análise que todas as RAE do aluno em contexto CTSA são potenciais.

Sobre os agrupamentos de eventos: tarefas e interações professor-aluno relacionadas

Pode ser visto que na NM sobre dessalinização com energia solar e ciclo urbano da água que os dois maiores grupos correspondem a interações professor-aluno nas quais não houve estabelecimento de RAE por nenhuma das partes. O primeiro é caracterizado por categorias referente ao tema energia, e o segundo é caracterizado por categorias referentes ao tema água. De notar que em ambos os grupos a referência aos temas é feita em contextos CTSA.

Outro aspeto que resulta desta análise é o seguinte: os eventos indiciadores de interação professor-aluno estão de uma forma geral dispersos pelas sete Tarefas consideradas (a Tarefa 1 é excepcional pela sua natureza). Como será retomado adiante, isto está relacionado com o facto de terem existido muitos eventos em que o professor estava muito presente a acompanhar os alunos nas suas atividades práticas.

Quanto à NM sobre Lei de Arquimedes e energia potencial gravítica pode ver-se que os momentos em que os alunos estabelecem mais relações explícitas Água-Energia, são aqueles em que o Professor tem, no que diz respeito à sua mediação, uma intervenção mais ativa no uso do recurso e tenta, ao mesmo tempo que usa o recurso, obter respostas imediatas da parte dos Alunos relativas aos temas Água, Energia e suas Relações. A distribuição pelas Tarefas dos eventos indiciadores de interação professor-aluno é de um tipo diferente do relativo às restantes NM. Neste caso todos esses eventos estão numa só tarefa. Isto poderá ser explicado pelo facto de no decorrer das atividades ter existido uma Tarefa que se tornou predominante no decorrer da aula.

Na NM sobre produção de energia elétrica com células de combustível, os eventos indiciadores de interações estão dispersos por todas as cinco Tarefas consideradas, de um modo ainda mais nítido do que na narração referente à dessalinização solar e distribuição urbana de água. Também neste caso, isto está relacionado com o facto de terem existido muitos eventos em que o professor estava muito presente a acompanhar os alunos nas suas atividades práticas.

Uma visão sobre eventos, professor, alunos e RAE

Apresenta-se no gráfico da Figura 30 os resultados de uma análise adicional efetuada com base na Tabela 19 na Tabela 20, da narração sobre dessalinização solar e distribuição urbana de água. Pretende-se com esta análise adicional obter uma perceção global sobre os seguintes aspetos:

- Distinguir eventos em que há indiciação de interação professor-aluno (por haver coocorrência de categorias de análise do professor e do aluno) de outros em que apenas intervém o professor ou o aluno;
- Para cada um desses tipos eventos (cada coluna do gráfico), apresentar a distribuição em percentagem dos diversos tipos de RAE.

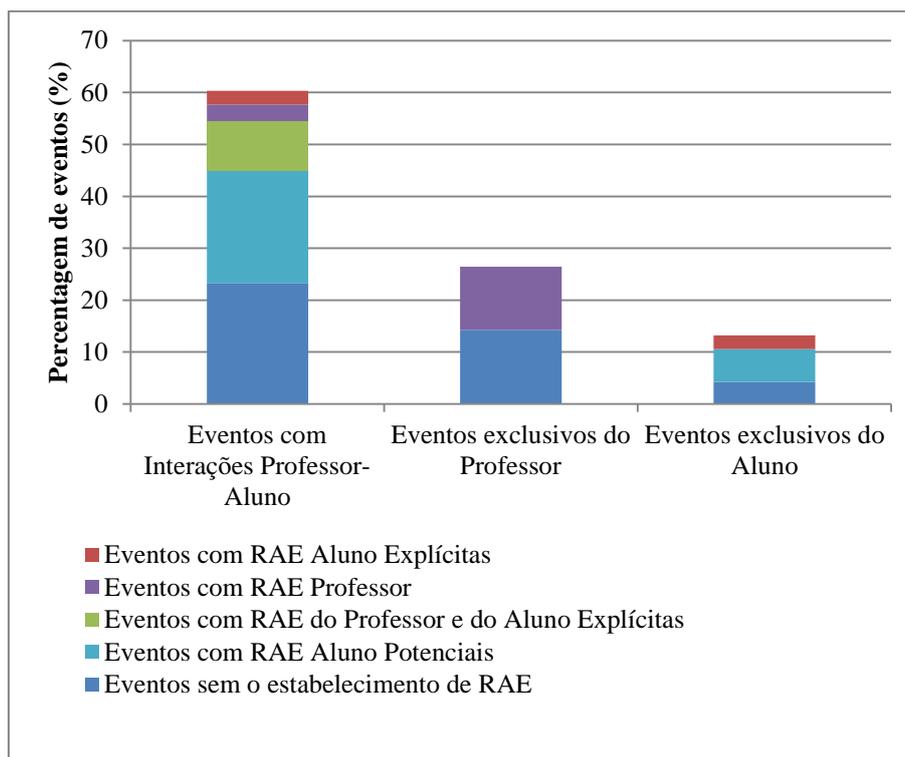


Figura 28 – Tipos de eventos e percentagens de RAE. Referente à narração sobre dessalinização solar e distribuição urbana de água.

Sobre os eventos indiciadores de interações professor-aluno (coluna da esquerda):

Ela trata de interações, mas durante estas há também oportunidade para que o aluno estabeleça RAE explícitas, mesmo que o professor não tenha estabelecido RAE (a vermelho no gráfico). Ou seja, tais RAE do aluno não foram consequência de RAE do professor. O mesmo acontece simetricamente para o professor que pode estabelecer RAE durante um evento em que haja interações, mesmo que o aluno não tenha estabelecido (a roxo no gráfico). Mas, há predominância de RAE efetuadas quer pelo professor, quer pelo aluno (a verde no gráfico), como seria expectável.

Na maior parte destes eventos não há RAE explícitas (zonas a azul claro e a azul escuro).

Sobre os eventos exclusivos do professor (coluna do meio):

Em cerca de metade dos eventos exclusivos do professor, este estabelece RAE.

Sobre os eventos exclusivos do aluno (coluna da direita):

Há predominância de RAE potenciais. Isto corrobora o anteriormente dito sobre o facto de as RAE explícitas do aluno surgirem em maior percentagem nos eventos indiciadores de interações professor-aluno.

De uma forma geral verifica-se pela análise do gráfico que há mais eventos relativos a interações professor-aluno do que eventos exclusivos do professor e exclusivos do aluno.

Apresenta-se no gráfico da Figura 31 o mesmo tipo de análise, mas referente à narração sobre lei de Arquimedes e energia potencial gravítica, baseada na Tabela 24 e na Tabela 25.

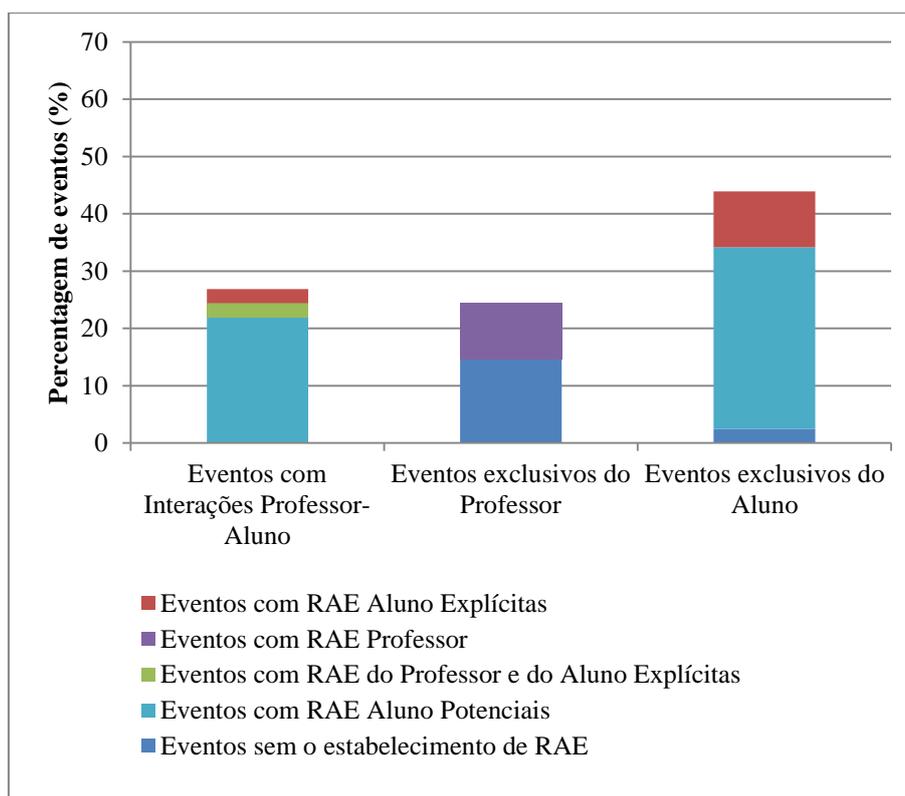


Figura 29 – Tipos de eventos e percentagens de RAE. Referente à narração sobre lei de Arquimedes e energia potencial gravítica

Sobre os eventos indiciadores de interações professor-aluno (coluna da esquerda):

Todos os eventos desta coluna envolveram RAE, ainda que a maior parte destas seja de carácter potencial (ausência de azul escuro, presença predominante de azul claro).

Há RAE em simultâneo do professor e alunos (verde).

Não há RAE exclusivas do professor durante as interações (ausência de roxo)

Há RAE exclusivas do aluno durante as interações; ou seja, tais RAE do aluno não foram consequência de RAE do professor (vermelho).

Sobre os eventos exclusivos do professor (coluna do meio):

Em cerca de um terço dos eventos exclusivos do professor, este estabelece RAE (roxo)

Sobre os eventos exclusivos do aluno (coluna da direita):

Há predominância de eventos em que existem RAE potenciais (azul claro).

De uma forma geral verifica-se pela análise do gráfico que há mais eventos exclusivos do Aluno do que eventos relativos a interações, ou exclusivos do professor. Quer o professor, quer os alunos, estabelecem mais RAE (explícitas no caso dos alunos) nos eventos que lhes são exclusivos.

Da mesma forma, Apresenta-se no gráfico da Figura 32 esta análise adicional mas referente à narração célula de combustível e distribuição urbana de água, baseada na Tabela 29 e na Tabela 30.

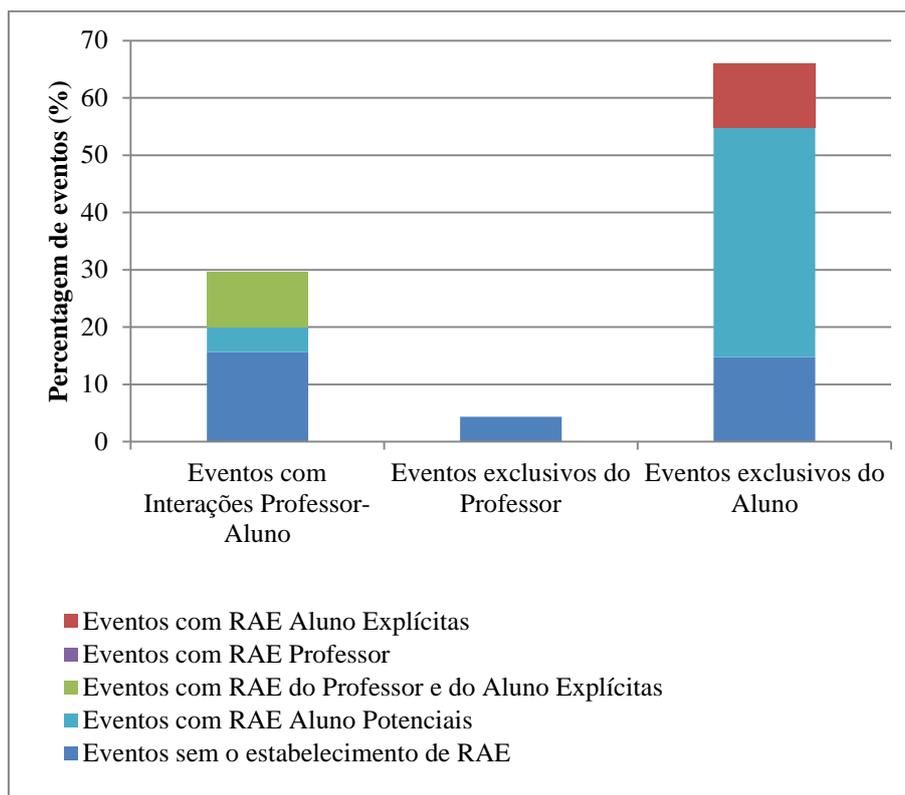


Figura 30 – Tipos de eventos e percentagens de RAE. Referente à narração célula de combustível e distribuição urbana de água

Sobre os eventos indiciadores de interações professor-aluno (coluna da esquerda):

Não existem RAE explícitas exclusivas, nem do aluno, nem do professor. Todas as RAE explícitas foram estabelecidas em conjunto (quer pelo professor, quer pelo aluno). Ao contrário dos gráficos anteriores, nestas interações as RAE explícitas (neste caso estabelecidas em conjunto) têm mais expressão do que as potenciais.

Sobre os eventos exclusivos do professor (coluna do meio):

Nestes poucos eventos o professor não estabeleceu RAE.

Sobre os eventos exclusivos do aluno (coluna da direita):

Tal como no gráfico anterior, mas de um modo mais pronunciado, há predominância de eventos em que existem RAE potenciais (azul claro).

De uma forma geral verifica-se pela análise do gráfico que a percentagem de eventos da coluna do meio (professor) é muito menor que a percentagem da coluna da direita (aluno).

Comentário global sobre os três gráficos

Nos três casos foi predominante a percentagem de RAE potenciais dos alunos nos eventos só a eles referentes (colunas da direita).

Há um aspeto comparativo entre os três gráficos, que passo a referir:

- No primeiro, sobre dessalinização e distribuição de água, predomina a coluna da esquerda, o que está relacionado com o facto de terem existido muitos eventos em que o professor e aluno interagiam com os recursos e dialogavam, e em que o professor estava muito presente a acompanhar os alunos nas suas atividades práticas. Para isso contribuiu a natureza dos tópicos, dos recursos disponíveis e das tarefas propostas.
- No segundo, sobre lei de Arquimedes, há um relativo equilíbrio entre as alturas das três colunas. Isto está relacionado com o facto de as Tarefas e a mediação terem tido momentos e tipificações diversas, havendo, quer situações de pendor mais expositivo por parte do professor, quer situações em que os alunos de um modo mais autónomo realizavam tarefas um pouco mais demoradas. Isto para além daquelas em que havia uma interação mais direta. No entanto, sem prejuízo da afirmação feita sobre o relativo equilíbrio, é de salientar que a coluna da direita é ligeiramente maior do que as outras. Isto porque foi relativamente importante o tempo dedicado à realização por parte dos alunos das tarefas autónomas e demoradas referidas.
- No terceiro, sobre célula de combustível, a coluna da direita é claramente a que predomina. Isto está relacionado com a natureza dos recursos e das Tarefas. Os recursos eram bastante simples de utilizar, tinham até alguma componente lúdica, captaram bastante o interesse dos alunos pela sua novidade. As Tarefas solicitadas, designadamente quanto a experimentações a realizar, foram efetuadas pelos alunos ao longo de um tempo apreciável e com bastante autonomia.

Na análise anterior, desempenhou um papel importante a consideração de RAE potenciais dos alunos.

8 DISCUSSÃO GLOBAL DOS RESULTADOS DO ESTUDO

Para além dos resultados centrais do estudo, que apresento adiante, há outros que devem ser referidos. Designo-os por *resultados colaterais* e com eles inicio este capítulo.

No seu conjunto, a Primeira Fase e a Segunda Fase do estudo (referidas nos subcapítulos 1.3 e 3.1) constituíram uma fase preliminar marcada pelos seguintes trabalhos: (i) Sustentação do Problema de Investigação, de que trata o Capítulo 4; (ii) Elaboração das Respostas às Questões Preliminares, de que trata o Capítulo 5. Esta fase preliminar foi muito importante para o estudo. Foi nela que, designadamente, foram formalmente atingidos (no sentido expresso na secção 1.2) dois dos três Objetivos do estudo: O1 e O2. Com as respostas às Questões Preliminares (QP) os Objetivos O1 e O2 deixaram de constituir requisito para prosseguir com o estudo, para intervir no terreno e procurar atingir O3 e atacar operacionalmente o PI. O1 e O2 passaram a constituir objetivos a atingir ao longo do estudo (como descrito nos Capítulos 5, 6 e 7). Na obtenção das respostas às QP foi determinante que o estudo estivesse a ser realizado por um professor-investigador (Griffiths, 1985; Atkinson, 1994; Silva, 1990; Bogdan & Biklen, 1994; Sacristán & Gómez, 1992; Jackson, Berger & Edwards, 1992; Porlán, 1993). Foi também determinante que esse professor-investigador, eu próprio, estivesse em interações múltiplas, francas, de interesse mútuo e frutuosas com as comunidades de docência e de investigação a que pertencia (Stenhouse, 1988; Silva, 1990; Shulman, 1986; Wenger, 2006). Mas, para além do acabado de referir, esta fase preliminar constituiu como que um pequeno estudo de investigação inicial, com as suas questões e a demanda das respostas respetivas, que permitiu construir contributos que considero de interesse para além dos limites do presente estudo. É neste sentido que podem ser considerados como *resultados colaterais* do estudo. Passo a referi-los.

Os resultados obtidos com as pesquisas tratadas no subcapítulo 4.2 fundamentam, de um modo que creio ter interesse para além dos limites do presente estudo, a *importância e a riqueza da* temática “água, energia e relações entre água e energia” no âmbito da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Recordo que estes resultados foram obtidos por estudo de vários artigos de 2011 e 2012 (então referenciados) da *Ingenium*, revista da Ordem dos Engenheiros.

Os resultados obtidos com as pesquisas tratadas na secção 4.3.1 tornam patente que os documentos analisados, de importância chave no Sistema de Ensino Português, não estão em consonância, no que respeita à temática deste estudo, com a riqueza e a importância referida no item anterior. Trata-se de algo cujo interesse vai também para além dos limites do presente estudo. Recordo que estes resultados foram obtidos por análise de conteúdo de: Programa 1º CEB - Estudo do Meio; Programa 2º CEB - Ciências da Natureza; Programa 2º CEB - História e Geografia de Portugal; Metas de Aprendizagem 1º CEB - Estudo do Meio; Metas de Aprendizagem 2º CEB - Ciências da Natureza; Metas de Aprendizagem 2º CEB - História e Geografia de Portugal.

Como descrito na secção 4.3.2, efetuei uma análise dos documentos de dois encontros do âmbito da educação em Ciências: *II Seminário ibero-americano ciência-tecnologia-sociedade no ensino das ciências* (realizado na Universidade de Brasília em 2010) e *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências – Educação Científica e Desenvolvimento Sustentável*, (realizado na Universidade de Aveiro em 2008). Os resultados obtidos com tal análise evidenciaram dois aspetos que também considero de um interesse que vai para além do presente estudo: a temática “água, energia e suas relações” está quantitativamente muito pouco presente; mas, quando está presente, divisa ou faz divisar relações de importância crítica para a humanidade e o planeta, e portanto para a educação.

Os resultados obtidos com os Questionários a docentes, tratados no subcapítulo 4.4 evidenciam que os inquiridos fazem poucas relações, e as que fazem têm pouca profundidade, entre os tópicos “água”, “energia” e “sustentabilidade” (apesar de os dois primeiros serem de importância decisiva para o terceiro); e que, a propósito de cada um desses três tópicos, praticamente não referem Atividades nem Recursos (apesar da sua importância didática chave). Ora, considero que também estes resultados merecem ser tidos em conta para além dos limites do presente estudo.

Os resultados referidos no subcapítulo 6.3 sobre respostas de alunos em Testes, comparando as classificações obtidas em respostas relacionadas com a Lei de Arquimedes com outras, evidenciam que este tema é um dos assuntos mais difíceis para os alunos envolvidos. Já tinha essa perceção, e tinha conhecimento de que outros colegas também a tinham, mas não possuía dados comprovativos. Os resultados foram claros: na ESE-I. P. Porto, no conjunto de 15 anos letivos (de 1996 a 2011), a classificação média nas questões sobre Lei de Arquimedes tem um

valor que é inferior a metade da classificação média nos Testes. Considero tratar-se de um resultado importante e útil, a ter em conta para além dos limites do presente estudo, tanto mais que incide sobre uma temática importante no Ensino Básico e Secundário, como ilustrado por Martins *et al.* (2007 b).

Considero ainda a própria formulação do Problema de Investigação (com a respetiva sustentação) constitui também um contributo deste estudo. E isto por dois motivos conjugados: porque, tanto quanto sei, ele é original, nunca tendo sido formulado num estudo em Didática; e porque, como creio ter comprovado, ele é de grande relevância para a sociedade em geral e no âmbito da educação em particular.

Como introdução à apresentação e apreciação dos *resultados centrais* do estudo, apresento um breve mas necessário enquadramento.

Os resultados centrais do estudo estão, naturalmente, relacionados com o PI e, em particular, com o O3, isto é, com a “necessidade” que constitui o núcleo do PI. Estão portanto relacionados com as Hipótese Fortes (HF), os Objetivos, a intervenção no terreno, a respetiva recolha e análise de dados, as subseqüentes interpretações e as respostas obtidas às Questões de Investigação (QI1 e QI2) que orientaram o núcleo duro do estudo. Tal intervenção e tais resultados e interpretações foram apresentados nos Capítulos 6 e 7, tendo o seu enquadramento sido apresentado nos Capítulos que os precederam.

Quanto a O3 (explorar e descrever possibilidades de tratamento em aula), claro que foi atingido, pois houve intervenções no terreno que tratou precisamente de explorar possibilidades de práticas de ensino em aula sobre a temática referida, como descrito no Capítulo 6, tendo os dados recolhidos sido analisados e discutidos no Capítulo 7.

As Hipóteses Fortes deste estudo — os quase-princípios em que ele se baseou, por se considerar que eles eram suficientemente sólidos e ricos e que, expectavelmente, não seriam postos em causa — resistiram ao estudo e foram úteis na orientação deste. A HF1 (exequibilidade de resolver o PI) e a HF2 (exequibilidade da resolução do PI e de responder às QI) foram corroboradas, o que elucidei ao longo deste documento e aqui sintetizo: este estudo dá um contributo importante e relevante na resolução do PI, e foi possível responder às QI. No que diz respeito à HF4 (ensino sustentado e contributos para a educação para a sustentabilidade) posso dizer que nada a contraria, e os elementos que tenho conduzem a

reforçar a minha convicção sobre a justeza desta hipótese. Isto em parte foi já explicado no Capítulo 2 a propósito do construtivismo e das relações entre ensino e aprendizagem (Novak & Gowin, 1984; Pereira, 2007; Lopes *et al.*, 2010; Ball, Thames & Phelps, 2008; Shulman, 1986; Martins *et al.*, 2007). Quanto à HF3 (contributos para um ensino mais sustentado), nada no estudo sugeriu que ela não fosse razoável ou que de algum outro modo merecesse ser posta em causa. De um ponto de vista formal, nada posso acrescentar (nem tal é necessário para efeitos formais do presente estudo). Mas posso, e creio ser útil, acrescentar reflexões que, creio, reforçam a sua razoabilidade e plausibilidade e vão para além do que formalmente constituiu objeto específico deste estudo investigativo:

- É bem sabido, e ilustra-se no Capítulo 4, que a água e a energia têm importância crítica na sustentabilidade do planeta tal como o conhecemos e, em particular, para a para a humanidade. Nesse capítulo são apresentadas várias referências bibliográficas que não me parece necessário referir aqui.
- No mesmo capítulo ilustra-se também que, embora tal seja menos referido, pelo menos explicitamente, são também múltiplas e críticas as relações entre a água e a energia.
- É também bem sabido que aprender é, em grande parte, estabelecer relações; e que ensinar consiste, em boa parte, em ajudar a estabelecê-las. Recordo algumas passagens do Capítulo 2 baseadas em Pereira (2007): o construtivismo caracteriza-se pelo uso da modelação sistémica ligada à faculdade mental de religar as coisas separadas, e de o fazer de uma maneira rápida, apropriada e feliz (p. 37); o construtivismo interpreta o universo como uma rede dinâmica de objetos e eventos inter-relacionados e considera que a construção de conhecimento consiste essencialmente em construir estruturas cognitivas relacionadas com tal rede (p. 38): a aprendizagem é uma procura de significado, e este exige a compreensão do todo, de “vários todos” (p. 40).

Passo a apresentar uma apreciação global dos *resultados centrais* do estudo, centrada na resolução do PI e nas respostas construídas para as QII e QI2.

Eis uma apresentação e uma apreciação globais, que depois complementarei com aspetos mais específicos:

- O PI — necessidade de estudos e intervenções em ambiente para promover a temática “Água, Energia e suas Relações” no ensino — foi “resolvido” (não no sentido literal da

palavra, mas porque se conseguiram contributos para diminuir a extensão do espaço problemático em apreço): o presente estudo constitui contributo para colmatar aquela necessidade, designadamente por ter sido realizado em ambiente natural de aula e estar aqui apresentado com profundidade e detalhe, na descrição e na discussão; as intervenções evidenciaram que o tratamento da temática em aula é facilmente exequível;

- A Q11 — relativa às práticas letivas (incluindo recursos e métodos) que seriam necessárias neste estudo — foi respondida pela própria intervenção no terreno: foram descritas as práticas de ensino vivenciadas, incluindo tópicos, recursos, documentos de apoio, métodos, tarefas e aspetos sobre mediação.
- A Q12 — relativa à possibilidade de neste estudo se estabelecerem relações entre água e energia de um modo relevante — teve uma resposta positiva: foi possível estabelecer em aula relações entre água e energia em quantidade e qualidade suficientes para construir contributos relevantes para o PI e para a consecução dos Objetivos; apresentaram-se os tópicos tratados, as relações efetuadas e a categorização dessas relações; apresentaram-se os métodos e meios utilizados para recolher dados e construir informações; e os resultados obtidos foram discutidos.

Na recolha de dados e no seu tratamento e interpretação, desempenharam papéis chave: conceitos de tarefa, mediação e outros relacionados (Lopes, Cravino & Silva, 2010) e as Narrações multimodais (Lopes *et al.*, 2014).

Passo a complementar a apresentação e apreciação globais anteriores com aspetos específicos relativos aos dados da intervenção no terreno.

As considerações que se seguem são apresentadas da seguinte maneira:

Primeiro apresento considerações sobre a análise feita em termos de correlações entre categorias de análise para as três narrações; depois, também para a as três narrações, apresento os dois tipos de análise efetuados em termos de agrupamento de eventos.

Desde já chamo a atenção para um aspeto específico de interesse. Em todas as análises efetuadas desempenhou um papel importante a consideração de RAE potenciais dos alunos.

Foi pois relevante e frutuoso ter-se considerado o elemento categorial de análise “RAE Potencial”.

Na NM relativa à dessalinização e distribuição de água: em contextos CTSA é pela via do tema Energia que os alunos estabelecem mais Relações Explícitas Água-Energia; mas, quando utilizam os Recursos, é pela via da Água que eles mais facilmente partem para o estabelecimento de relações água-energia. No caso do professor, é pela via do tema Energia que este estabelece mais Relações Água-Energia, quer em contextualizações CTSA, quer referindo ou usando o Recurso.

Quanto à NM sobre a lei de Arquimedes: (i) os alunos estabelecem Relações Água-Energia Explícitas durante o Uso do Recurso, quer a propósito da Água, quer a propósito da Energia; (ii) os alunos não estabelecem Relações Água-Energia Explícitas com fatores do âmbito CTSA. Efetuar uma relação Água-Energia e, além disso, transferir essa relação para um âmbito CTSA distante daquelas atividades, é um passo difícil. Estas RAE apenas surgem como Potenciais, e a propósito do tema Energia. Além disso, quando o Aluno *Usa o Recurso* há tendência para coexistir a referência aos temas Água e Energia, e para o estabelecimento de relações entre os dois temas.

No que diz respeito à NM sobre células de combustível, é pela via do tema Energia que existem mais condições para que sejam estabelecidas Relações Explícitas Água-Energia; isto quando o aluno usa ou refere o recurso. Já o professor, seja ao referir o recurso, seja num contexto CTSA, é pela via do tema Água que estabelece mais Relações Água-Energia. Foi o tema Energia que mais promoveu o estabelecimento de Relações Explícitas Água-Energia pelo aluno, o que poderá ser explicado pelo facto de, nos debates e outras interações, a Energia ter desempenhado um papel central, quer por ter sido necessária energia elétrica para produzir hidrogénio por eletrólise, quer pela possibilidade de a partir dele se poder produzir energia elétrica. Houve várias situações de oportunidade para o professor explicitar Relações Água-Energia num contexto CTSA, promovendo esse tipo de estabelecimento pelos alunos. Foi importante ter em conta as relações potenciais.

Passo a apresentar considerações sobre a análise feita em termos de agrupamentos de eventos tendo em vista relações entre água e energia.

Na NM sobre dessalinização e ciclo urbano da água, as RAE potenciais do aluno são quase sempre baseadas na referência a um dos dois tópicos: ou água, ou energia. Isto indica em princípio um caminho para que professor pudesse conduzir tais relações potenciais conduzir para a explicitação, pois aparentemente bastaria conseguir que o outro tópico fosse também referido. Foi patente a importância da intervenção do professor para que os alunos estabelecessem RAE explícitas.

Na NM sobre Lei de Arquimedes e energia potencial gravítica ficou clara a importância de ter sido considerado o elemento categorial (Relação Água-Energia) “Potencial”. As relações explícitas da parte dos alunos surgem sobretudo quando há intervenção do professor. São exceção os eventos em que os alunos comentam os gráficos obtidos na simulação computacional da folha de cálculo.

Na NM sobre células de combustível, de uma forma geral, as RAE explícitas do aluno foram estabelecidas em função do recurso, usando-o ou referindo-o. Também se pode observar que não existem eventos com RAE exclusivas do professor; isto é, sempre que o professor estabeleceu RAE, os alunos também o fizeram. Além disso, todas as RAE do aluno em contexto CTSA são potenciais.

Passo a apresentar considerações sobre a análise feita em termos de agrupamentos de eventos tendo em vista tarefas e interações professor-aluno relacionadas.

Na NM sobre dessalinização solar e ciclo urbano da água os dois maiores grupos correspondem a interações professor-aluno nas quais não houve estabelecimento de RAE, havendo no entanto ocorrências referentes a Água e a Energia, separadamente, em contextos CTSA. Os eventos indiciadores de interação professor-aluno estão de uma forma geral dispersos pelas Tarefas.

Na NM sobre Lei de Arquimedes os alunos estabelecem mais relações explícitas Água-Energia quando o Professor tem, no que diz respeito à sua mediação, uma intervenção mais ativa no uso do recurso e tenta, ao mesmo tempo que usa o recurso, obter respostas imediatas da parte dos Alunos relativas aos temas Água, Energia e suas Relações. A distribuição pelas Tarefas dos eventos indiciadores de interação professor-aluno é de um tipo diferente do relativo às restantes NM: todos esses eventos estão numa só tarefa. Isto poderá ser explicado pelo facto de no decorrer das atividades essa tarefa se ter tornado a tarefa principal da

narração multimodal. Na realidade esta Tarefa resultou da fusão de duas outras inicialmente delineadas pelo professor do guião e a sua extensão na NM corresponde a cerca de 70% do total.

Na NM sobre célula de combustível, os eventos indiciadores de interações estão dispersos por todas as cinco Tarefas consideradas, de um modo ainda mais nítido do que na narração referente à dessalinização solar e distribuição urbana de água.

Para além da análise feita em termos de correlações entre categorias de análise e das duas feitas em termos de agrupamentos de eventos, elaborou-se uma análise adicional com base na abordagem pela via dos eventos.

Essa análise consistiu em: (i) distinguir eventos em que há indiciação de interação professor-aluno (por haver coocorrência de categorias de análise do professor e do aluno) de outros em que apenas intervém o professor ou o aluno; (ii) para cada um desses tipos eventos, apresentar a distribuição em percentagem dos diversos tipos de RAE.

Nas três NM, foi predominante a percentagem de RAE potenciais dos alunos nos eventos só a eles referentes.

Na primeira NM, sobre dessalinização solar e ciclo urbano da água, as RAE explícitas do aluno surgem em maior percentagem nos eventos indiciadores de interações professor-aluno.

Na segunda NM, sobre Lei de Arquimedes, todos os eventos indiciadores de interações professor-aluno envolveram RAE, ainda que a maior parte destas seja de carácter potencial.

Na terceira NM, sobre célula de combustível, há RAE em conjunto (professor e aluno), não há RAE só do professor e há RAE só dos alunos.

Há ainda um interessante aspeto comparativo entre as três NM que passo a referir: na NM sobre dessalinização e distribuição de água, predominam os eventos indiciadores de interação; no segundo, sobre lei de Arquimedes, há um relativo equilíbrio os três tipos de eventos (indiciadores de interação; professor; aluno); no terceiro, sobre célula de combustível, os eventos relativos ao aluno são claramente predominantes. Para isso contribuiu a natureza dos tópicos, dos recursos disponíveis e das tarefas propostas, e da mediação do professor, tal como foi explicado no capítulo anterior.

Nesta parte da apresentação e discussão dos resultados estão especialmente patentes alguns aspetos chave para a investigação e a lecionação. O que acontece em aula é criticamente dependente dos recursos didáticos, das tarefas e do tipo de mediação do professor. Foram apresentadas ilustrações disso mesmo. Com a diversidade das intervenções efetuadas ficou bem ilustrado que é possível, e relativamente fácil, estabelecer relações entre água e energia, ora potenciais, ora explícitas, com ou sem contextualização CTSA, usando ou referindo os Recursos. Ficou também bem ilustrada a importância dos documentos elaborados. O mesmo se aplica aos diversos tipo de mediação do professor.

Ficou também ilustrado que o presente estudo tem características de estudo de caso. Os aspetos específicos sobre resultados que se obtiveram nas intervenções no terreno deste estudo, designadamente sobre tipos de relações entre água e energia e sobre aspetos específicos das práticas letivas vivenciadas, são de importância chave para sustentar que, efetivamente, o PI foi “resolvido” (no sentido elucidado anteriormente) e as QI foram respondidas. Sem este aprofundamento, sem este detalhe, tal sustentação não existiria. Ela exige dados, informações e discussões aprofundadas e detalhadas. E só assim o presente estudo pode aspirar a ser útil para as comunidades de investigadores e professores. Esta é uma das facetas características dos estudo de caso. Mas uma outra faceta coexiste com a anterior. Os resultados específicos apresentados não pretendem constituir um corpo de regras, normas, ditames ou leis. Pretendem apenas ser úteis. O detalhe e a profundidade, e mesmo a procura de regularidades, não pretendem dizer o que deve ser feito e como deve ser feito por outrem noutra contexto. Pretendem apenas ser úteis, repito, e tal potencialidade advém simultaneamente do rigor do feito e partilhado e da assunção do seu caráter particular, local, contextualizado. Ambas as facetas são bem conhecidas em estudos que, como o presente, têm características de estudo de caso (Shulman, 1986; Bogdan & Biklen, 1994; Stenhouse, 1988; Silva, 1990).

9 CONCLUSÃO

Este estudo apresenta contributos nucleares e contributos colaterais.

Os contributos colaterais advêm da própria formulação e validação do PI e do modo como o este foi abordado na investigação. Refiro-me, designadamente, aos resultados apresentados no início do capítulo anterior: resultados de pesquisas na WEB sobre relações entre água e energia; resultados de pesquisas bibliográficas e análises de conteúdo de documentos de âmbitos diversos; resultados de Questionários a docentes; estudo sobre classificações de alunos em Testes.

O contributo nuclear deste estudo — contributo que se desdobra em vários outros — consiste em que o Problema de Investigação foi resolvido. Foi resolvido tanto quanto, digamos assim, um estudo de investigação pode resolvê-lo. É claro que “a necessidade de estudos” expressa no PI não deixou de existir. Em termos estritamente formais aplicáveis a um projeto de investigação, o PI foi resolvido; mas estou ciente dos limites intrínsecos a tal expressão formal, que pretende apenas expressar que o estudo abordou e trabalhou o PI aprofundadamente construiu contributos para diminuir o espaço problemático em apreço, para colmatar a necessidade problematizada. Com este estudo ela deixa de exprimir a existência de um vazio, de um terreno não desbravado; e criam-se condições para que tal necessidade venha a esbater-se progressivamente.

Permito-me uma reflexão em linguagem informal: este estudo ilustra que trabalhar relações entre água e energia em aula é muito fácil: é só querer fazê-lo. Desde que haja essa intencionalidade, os recursos arranjam-se, as relações emergem, as oportunidades surgem, as planificações fazem-se, os alunos aderem. Não é preciso fazer um doutoramento para isso. (Mas não quero desqualificar este estudo de doutoramento: precisei dele para ter à vontade e segurança em tal informalidade.)

Este estudo facilita, e potencialmente promove, estudos adicionais que colmatem a referida necessidade. E isto porque desbravou terreno; elucidou centenas de relações entre água e energia, quer no Capítulo 4, quer nos Capítulos 6, 7 e 8; apresentou recursos que estão disponíveis para as comunidades de docentes e investigadores, que (conforme os casos) podem facilmente construí-los ou encontrá-los nas referências bibliográficas; utilizou no

terreno, em ambiente natural de aula, esses recursos e uma vasta quantidade de relações entre água e energia, em intervenções registadas e detalhadamente descritas; analisou os dados da intervenção, com base em categorias de análise e com métodos e instrumentos que podem ser úteis para estudos semelhantes; construiu informação relativa a tipos de relações entre água e energia, suas relações com recursos didáticos e com contextos CTSA; efetuou relacionamentos entre alguns destes aspetos e algumas das vertentes da mediação do professor; construiu, utilizou e disponibiliza guiões e outros documentos utilizáveis em situações similares e/ou adaptáveis; contribuiu para a ligação entre teoria e prática na Didática e na investigação em Didática, pelo seu enquadramento teórico, pela sua natureza essencialmente empírica tendo por campo de intervenção a sala de aula, pelas suas interpretações teóricas, por ter sido efetuado por um professor-investigador em investigação-ação; e por feito tudo isto com um rigor metodológico e uma sustentação teórica que se consideram profundos e adequados e que se expõem à crítica.

Paralelamente, este estudo não é nomotético. Não dita leis, normas ou regras. Não pretende especificar quais *os* recursos que devem ser utilizados, *as* atividades que devem ser realizadas, *as* tarefas que devem ser solicitadas aos alunos, *as* relações que devem ser tratadas, *os* tipos de mediação que devem ser utilizados. Este é um estudo de casos e pretende ser tido em conta como um caso de estudo. E isto sem perder de vista que estudar casos não é útil apenas para a prática, é-o também para a teoria.

Como referi a pp. 59, as atividades sobre as quais incidiu o presente estudo foram realizadas em aulas com um caráter de pendor demonstrativo e da iniciativa do professor, embora sempre envolvendo os alunos nas atividades, incluindo inclusive a nível prático e laboratorial. Tratou-se de atividade em ambiente natural de aula, em ambiente não preparado para os fins do presente estudo.

No entanto, tais tipos de atividades e aulas não tipificam o modo de abordagem que domina na minha prática letiva. Na minha prática letiva, que tem incidido em aulas Práticas Laboratoriais nas unidades curriculares Física para a Educação, Química para a Educação e Experimentar sobre o Meio Físico com crianças, a abordagem dominante, aquela que marca e tipifica, pela sua extensão e natureza, as aulas e atividades e o tipo de mediação do professor, é diferente. As atividades são semiabertas em termos de conteúdos e desenvolvem-se em atividades de tipo projeto em que os alunos têm extensa iniciativa, podendo mesmo escolher (em negociação com o docente) os temas dos seus trabalhos. Nestas aulas o docente é

sobretudo um aconselhador, um desencadeador que dá ideias e pistas se e quando necessário, e na medida do necessário, um desbloqueador de dificuldades ou impasses dos alunos, alguém que explica e elucida tópicos curriculares quando necessário (na maior parte dos casos em pequenos grupos), um orientador dos projetos. E é sobre estas atividades que incide a avaliação e a classificação dos alunos na parte laboratorial das unidades curriculares correspondentes.

Ora, o presente estudo não me fornece apenas experiência e recursos para trabalhar em aulas do primeiro tipo, as de pendor demonstrativo e da iniciativa do professor. Fornece-me também uma interessante pista de trabalho para as aulas de tipo projeto em que os alunos têm mais iniciativa e o professor é sobretudo um orientador. De facto, nas aulas iniciais de seleção de temas para os projetos, seleção que é da responsabilidade dos alunos mas nas quais o professor intervém como aconselhador, negociador, fonte de ideias quando necessário, em negociação com o professor, disponho a partir de agora, na minha “caixa de ferramentas”, de uma ferramenta opção adicional. Posso sugerir, se e quando me parecer adequado, que alguns alunos escolham para o seu projeto algo que tenha a ver com “água, energia e suas relações”. Apresentar sugestões nessas aulas iniciais é já habitual, acontecendo de um modo e com uma importância diferentes ao longo dos anos, entre uma unidade curricular e outra, e entre turmas diferentes de uma mesma unidade curricular. Mas eu não dispunha até agora desta ferramenta adicional, desta ajuda para mim próprio e para os alunos. Antes, eu não tinha condições para incluir nas possibilidades de escolha o tratamento daquela temática. E isto porque, embora esteja sensibilizado para ela desde há muito tempo, não tinha segurança suficiente para a sugerir. Claro que, se algum aluno se lembrasse dela, eu aceitá-la-ia, mesmo arriscando que algo corresse menos bem. Agora poderei aceitá-lo com mais segurança e até tomar eu a iniciativa de sugerir a temática, como uma entre outras. E só posso fazê-lo porque realizei este estudo. Sei que é possível realizar trabalhos de tipo projeto, sei que tal é exequível, que é possível encontrar ou construir dispositivos práticos e realizar atividades experimentais, possuo ideias aprofundadas sobre a temática e relações entre ela e outras, e até disponho de recursos e atividades específicas a propor no caso de algum bloqueio ou dificuldade especial.

Fiquei enriquecido como professor.

Tal enriquecimento poderá ser útil, não apenas para as unidades curriculares que tenho lecionado, mas também noutras, em cuja leção espero vir a ter oportunidade de colaborar

se e quando terminar o doutoramento (o “se” custou-me a escrever, mas teve que ser...). Refiro-me a unidades curriculares de Didática das Ciências, no 2º Ciclos de Estudos da formação inicial – profissionalizante de professores, e também no Mestrado de Especialização em Didática das Ciências e da Matemática, que terá a sua primeira edição em 2014-15. Neste Mestrado de Especialização há ainda outras unidades curriculares do âmbito das Ciências Físicas e do Ambiente nas quais estarei em condições de colaborar, o mesmo acontecendo com o Projeto.

Estas novas perspetivas de trabalho docente permitem-me começar a ponderar desde já numa interessante vertente de docência e investigação, não apenas ligada a unidades curriculares que venha a lecionar, mas interligada também com outras, lecionadas por outros docentes, designadamente do âmbito da Ciências da Terra e das Ciências da Vida, e mesmo outras ainda, do âmbito do Património Natural às Artes Plásticas. Refiro-me à interdisciplinaridade e à transdisciplinaridade. E isto porque temática “água, energia e suas relações” é especialmente rica para esta vertente. De facto, creio poder dizer que o conceito de energia não é apenas um conceito transversal: ele é o conceito transversal, *tudo* é energia; a água é elemento chave no planeta e nas atividades humanas e na própria vida; e as relações entre elas são importantes pela importância delas de per si e pela importância das suas relações entre elas. A temática é unificadora por excelência. Antevejo ricas perspetivas de lecionação e investigação.

Este estudo abre outras pistas de trabalho:

- Efetuar uma investigação centrada em análises de conteúdo aprofundadas de Manuais Escolares, tendo em vista, designadamente: (i) elucidar como são neles tratadas temáticas que poderão ser designadas como “Nova Cultura da Água” e “Nova Cultura da Energia”; (ii) elucidar como é neles tratada a temática das relações entre água e energia; (iii) elucidar como são neles tratados diversos “ciclos de uso de energia” (para além dos balanços energéticos planetários e outros) e “ciclos de uso de água” (para além do ciclo hidrológico planetário); (iv) retirar dos itens anteriores ilações e sugestões para autores de manuais, professores e investigadores.
- Validar e analisar as narrações das aulas do 1º e 2º Ciclos do EB referidas na p. 126 e, com base nesse trabalho, nos resultados do presente estudo e em intervenções investigativas adicionais, elaborar uma súpula inovadora e teoricamente fundamentada com casos de referência e sugestões letivas, tendo em vista a sua utilização por professores daqueles Ciclos do EB, pelos formadores desses professores e por investigadores.

- Efetuar investigações sobre a temática da relação entre água e energia, mas centrado em aspetos conceituais, e linguísticos e epistemológicos, como os referidos na secção 3.6.2: conceito de Conceito (p. 76); o que é referir um Conceito, em que consiste o conceito de Relação (a pp. 80).
- Efetuar investigações sobre relações entre água e energia, orientadas por enquadramentos, problemas, questões e objetivos do âmbito da Ética e da formação para a cidadania.

O presente estudo foi de grande riqueza para a minha formação prática e teórica como professor. O mesmo aplico à minha formação como investigador. Que ele constitua contributo a ter em conta em demandas de melhoria da formação de professores do Ensino Básico e, de um modo mais global, na Didática e na Investigação em Didática.

Referências

- Allan, R. (2011). The Role of Water Vapour in Earth's Energy Flows. *Surveys in Geophysics*, 1–8. doi:10.1007/s10712-011-9157-8.
- Alves Filho, J. P., & Milaré, T. (2008). A Química interdisciplinar no contexto da oitava série do Ensino Fundamental brasileiro, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Atkinson, S. (1994). Rethinking the Principles of Action Research: the tensions for the teacher-researcher, *Educational Action Research*, 2 (3), 383-401.
- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). *Content Knowledge for Teaching - What Makes It Special?*, *Journal of Teacher Education* 59(5). 389-407
- Baptista, J. M. (2011). O preço da energia terá sempre tendência para subir — entrevista realizada por Tomás N. M, *Ingenium*, II Série, N. 122, pp. 46-49.
- Barbot, A., Abrantes, C., Oliveira, E., Chumbo, C., Silva, A. A., & Silva, M. J. (2010). Virtual and physical resources: a case of synergy in studying tides and rotation. *Problems of Education in the 21st Century*, 24(24), 38–48.
- Barbot, A., Lopes, J. B., & Soares, A. (2010). Água, Energia, Sustentabilidade e Educação Sustentada. In *Resumos do 20º encontro Ibérico para o ensino da Física 2010* (pp. 311–312). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Barbot, A., Lopes, J. B., & Soares, A. A. (2011). Relating Water, Energy and Sustainability to improve Teaching and Learning in Physical and Environmental Sciences in Teacher Education for classes of 6 – 12 age levels. In *ICERI2011 Proceedings* (pp. 1254–1261).
- Bogdan, R., Biklen, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação - Uma Introdução à Teoria e Métodos* (Porto: Porto Editora).
- Bonil, J., Calafell, G., Fonolleda, M., & Querol, M. (2008). ¿El agua siempre está en equilibrio? Un taller sobre la gestión del agua desde la educación del consumo y la educación para la sostenibilidad, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Bruner, J. (1997). *Actos de significado – Para um psicologia cultural* (Lisboa: Edições 70).

- Buoyancy – projeto PhET. <http://phet.colorado.edu/en/simulation/buoyancy>. Sem data de publicação. Consultado em março de 2012.
- Buty, C., Badreddine, Z., & Régnier, J.-C. (2012). Didactique des sciences et interactions dans la classe : quelques lignes directrices pour une analyse dynamique, *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 14 (1), pp. 147-165.
- Cerqueira, P., & Barbot, A. (2010). Ciclo Urbano da Água: Contributo para o seu tratamento no Ensino e na Educação. In *Resumos do 20º encontro Ibérico para o ensino da Física 2010* (pp. 339–340). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Costa, N., Marques, L., & Kempa, R. (2000). Science Teachers' Awareness of Findings from Education Research. *Research in Science & Technological Education*. 18 (1), pp 37-44.
- Dinis, E., Dimas, B., & Barradas, S. (2012). O défice alimentar português na economia portuguesa, *Ingenium*, II Série, 130, 14-15.
- Elías-Maxil, J. A., Hoek, J. P., Hofman, J., Rietveld, L. (2013). Energy in the urban water cycle: Actions to reduce the total expenditure of fossil fuels with emphasis on heat reclamation from urban water, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 808-820.
- Esteves, J. C. (2011). Dependência energética e dependência financeira, *Ingenium*, II Série, 122, 26-28.
- García, L. V. (2008). Un enfoque CTS en el contenido programático de la asignatura biosíntesis microbiana y las estrategias didácticas utilizadas en su enseñanza, V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Gonçalves, F. (2012). Aquacultura como forma de preservação da biodiversidade, *Ingenium*, II Série, 130, 40-43.
- Griffiths, G. (1985). Doubts, dilemmas and diary keeping: some reflections on teacher-based research. Em *Issues in Educational Research — Qualitative Methods*, Burgess R. G., Editor (Falmer: London).
- Hage, S., Buty, C. (2011). Coherence of an ICT-using teaching sequence: a case study in Optics at lower secondary school. *Acte in European Science Education research Association (ESERA)*, Lyon-France.
- Henriques, M. H. (2008). Ano Internacional do Planeta Terra e Educação para a Sustentabilidade, V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda

- Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Jackson, D. F., Berger, C. F., Edwards, B. J. (1992). Computer-assisted thinking tools: problem solving in graphical data analysis, *Journal of Educational Computing Research*, 8 (1), pp. 43-67.
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36(2), 183–204. doi:10.1016/S0360-1315(00)00059-2.
- Johannesburg Declaration on Sustainable Development. (2002, Setembro). Retrieved September 15, 2011, from http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/Spanish/WSSDsp_PD.htm.
- Lopes, J. B. (2004) *Aprender e Ensinar Física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian / Fundação para a Ciência e Tecnologia. ISBN: 972-31-1054-7.
- Lopes, J. B., Silva, A. A., Cravino, J. P., Costa, N., Marques, L., & Campos, C. (2008). Transversal Traits in Science Education Research Relevant for Teaching and Research: a Meta-interpretative Study, *Journal of Research in Science Teaching* 45(5), 574–599.
- Lopes, J. B., Silva, A. A., Cravino, J., Viegas, C., Santos, C., Saraiva, E., Pinto, A., Silva A. A., Branco, J. (2014). Constructing and using multimodal narratives to research on science education: contributions based on classroom practices, *Research in Science Education*. 44(3), 415-438. doi:10.1007/s11165-013-9381-y.
- Lopes, J. B., Cravino, J. P., Silva, A. A. (2010). *Effective Teaching for Intended Learning Outcomes in Science and Technology (Metilost)*. New York: Nova Science Pub Inc.
- López, A. B., & Mora, F. R. (2008). “El consumo de agua de bebida envasada” como contexto para desarrollar propuestas de alfabetización científica, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Loureiro, C., Pedrosa, M. A., & Gonçalves, F. (2008). Problemas Globais e Educação Científica Formal Tripolar, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.

- Luna, F. S. (2008). Climática, Educação Ambiental e mudanças climáticas, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Malacarne, M. F. (2008). Biotecnología, educación y desarrollo sostenible, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Martínez, F. (2008). ¿Cómo incluir la educación para un futuro sostenible en los currículos de aula? - Algunas orientaciones para el desarrollo del currículo y la formación del profesorado de Educación Secundaria, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Martins, I. P., Veiga, M. L., Teixeira, F., Tenreiro-Veira, C., Vieira, R. M., Rodrigues, A. V., & Couceiro, F. (2007). *Explorando – Educação em Ciências e Ensino Experimental – Formação de Professores*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Martins, I. P., Veiga, M. L., Teixeira, F., Tenreiro-Veira, C., Vieira, R. M., Rodrigues, A. V., & Couceiro, F. (2007 b). *Explorando objetos - Flutuação em líquidos – Guião didático para professores*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Martins, I. P., & Vieira, R. M. (2008) Introdução, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Martins, I., Abelha, M., Almeida, A., Pinto, I., & Costa, N. (2008). Um Projecto em Parceria entre Professores e Investigadores em Didáctica das Ciências: As Chuvas Ácidas numa aula da área curricular de Ciências Físicas e Naturais, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.

- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984) *Learnig how to Learn* (Cambridge: University Press).
- Ortiz, L., Reza, C., & Feregrino, V. (2008). La WEB y su apoyo a las actividades CTSA, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Pedrinaci, E. (2008). ¿Qué podemos esperar de la nueva asignatura de Ciencias para el mundo contemporáneo?, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Pedrosa, M. A. (2008). Educação para Desenvolvimento Sustentável e Universidades, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Pereira, D. C. (2007). *Nova educação na nova ciência para a nova sociedade*. Porto: Universidade do Porto.
- Pérez, J. H. (2008). Una práctica científica experimental con enfoque CTS para la educación en el desarrollo sostenible, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Perrone, D., Murphy, J., & Hornberger, G. M. (2011). Gaining Perspective on the Water–Energy Nexus at the Community Scale. *Environmental Science Technology*, 45(10), 4228–4234. doi: 10.1021/es103230n.
- Pinto, A. S. (2012) — Entrevista realizada por Marta Parrado. *Ingenium*, II Série, N.º 130, 31-36.
- Pinto, A., Barbot, A., Viegas, C., Silva, A. A., Santos, C. A., & Lopes, J. B. (2012). Teacher education using computer simulations – pre and in-service primary school teacher training to teach science. Apresentado no *10th International Conference on Computer Based Learning in Science (CBLIS)*, Barcelona. No âmbito do projeto FCT “O papel da mediação

do professor usando simulações computacionais para melhorar a aprendizagem de Ciências Físicas e da Engenharia” (Ref: PTDC/CPE-CED/112303/2009).

Porlán, R. (1993). *Constructivismo y Escuela — Hacia um modelo de enseñanza-aprendizaje baseado en la investigación*. Sevilla: Díada.

Proclamación de la Década de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible. (2002, Dezembro). Retrieved September 15, 2011, from <http://www.oei.es/decada/resonu.htm>.

Ramos, C. M. (2011). Energia: um desígnio nacional - Editorial, *Ingenium*, II Série, N. 122, 5.

Raposeiro, C. A. (2001). Estudo comparativo da motorização de automóveis, *Ingenium*, II Série, N. 122, 74-78.

Rebello, I. S. (2008). Percursos na Formação de Professores de Ciências / Química, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 setembro 2012.

Sacristán, J. G., & Gómez, A. I. P. (1992). *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata.

Sahin, G. (2006). Computer simulations in science education: Implications for Distance Education. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 7(4), 132-146.

Santos, F. D. (2008). Riscos de Insustentabilidade - Quais os Caminhos para um Desenvolvimento Sustentável?, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 setembro 2012.

Saraiva, E., Lopes, J. B., & Cravino, J. P. (2008). Papel das práticas de representação e da mediação do professor integradas num currículo com relevância CTS, *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.

SEPUP a). Electrolysis Simulation.

http://www.sepuplhs.org/high/hydrogen/electrolysis_sim.html. Sem data de publicação. Consultado em junho de 2012.

SEPUP b). Fuel Cell Animation. http://www.sepuplhs.org/high/hydrogen/fuelcell_sim.html.

Sem data de publicação. Consultado em junho de 2012.

Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching, *Educational Researcher* 15 (2), 4-14.

Sierra, D. F. M., Lopes N. C., & Carvalho W. L. P. (2010). Contribuições da abordagem de uma questão sociocientífica na educação de adultos, *II Seminário ibero-americano ciência-tecnologia-sociedade no ensino das ciências*. ISBN 978-85-62810-01-5. Brasília: Universidade de Brasília. Organizadores: Wildson L. P. Santos & Décio Auler.

Silva, A. A., Pinto, A. J., Saraiva, L., Santos, L., Jorge, M., Lopes, J. B., Marques, L. (2001). Formação Inicial de Professores: das Disciplinas ao Conhecimento e às Práticas, Mesa Redonda, *IX Encontro Nacional de Educação Em Ciências – ESE / ISP Viseu*. [No âmbito do “Projecto Formação em Ciências e seu ensino em contextos do Ensino Superior: avaliar e intervir para melhorar a sua qualidade” (Referência: CED/36466/99-00) financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, Portugal].

Silva, A. A., Pinto, J. A., Mota, J. M., Quintas, M. E., Silveira, F., Mota, D. M., Soares, R., Costa, L., Sá, J. G., Lima, N., & Barbot A. (2003). Por uma Nova Cultura da Água no Ensino Básico em Portugal, *X Encontro Nacional de Educação em Ciências*, Dep. Educação - Fac. Ciências – U. Lisboa. [No âmbito do Projecto “Formação em Ciências e seu ensino em contextos do Ensino Superior: avaliar e intervir para melhorar a sua qualidade” (Referência: CED/36466/99-00) financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, Portugal].

Silva, T. M. N. (1990). *A construção do Currículo na sala de aula: o professor como pesquisador* (Livros Universitários: São Paulo).

Silva, V. H. D., Bernardo, J. R. R., & Deise, M. V. (2010). Produção de energia, desenvolvimento e meio ambiente: uma abordagem em Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), *II Seminário ibero-americano ciência-tecnologia-sociedade no ensino das ciências*. ISBN 978-85-62810-01-5. Brasília: Universidade de Brasília. Organizadores: Wildson L. P. Santos & Décio Auler.

Silva, A. A. (1998). Archimedes' law and potential energy: modelling and simulation with a spreadsheet. *Physics Education*, 33(2), 87–92. doi:10.1088/0031-9120/33/2/010.

Silva, M. J. D., Pereira, M. T., & Silva, A. A. (2012).: Uma Abordagem Situada de Ensino Experimental e Multissensorial, In Royé, D., Aldrey Vasquez, J. A., Otón, M. P., Pineira Mantinán, M. J., Valcárcel Díaz, M. (coords.) (2012), *XIII Coloquio Ibérico de Geografía*:

- Respuestas de la Geografía Ibérica a la Crisis Actual*. [ISBN: 978-84-940469-7-1], pp. 1709-10719.
- Souza, L. V. (2012). Milho — a maior cultura nacional arvense — Ponto da situação do setor, *Ingenium*, II Série, N.º 130, 37-39.
- Stenhouse, L. (1988). Case Study Methods. Em: *Educational Research, methodology, and measurement - An international handbook*, Keeves J. P., Editor (Pergamon: Oxford).
- Toulmin, S. (1977). *Human Understanding – The Collective Use and Evolution of Concepts*. Princeton: University Press.
- Valente, M. (1999). *Uma leitura pedagógica da construção histórica do conceito de Energia – contributo para uma Didáctica crítica* (Tese de Doutoramento). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Vilches, A., Praia J., & Gil Pérez, D. (2008). Como podemos contribuir cada um(a) de nós para a construção de um futuro sustentável? , *V Seminário Ibérico / I Seminário Ibero-americano: Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências*. Coordenação: Rui Marques Vieira, M. Arminda Pedrosa, Fátima Paixão, Isabel P. Martins, Aureli Caamaño, Amparo Vilches, María Jesús Martín-Díaz (Aveiro: Universidade de Aveiro) ISBN: 978-972-789-267-9. <http://aia-cts.web.ua.pt/>. Consultado em 7 Setembro 2012.
- Vilches, A., Pérez, D. G., & Toscano, J. C. (2009). Decade of Education for Sustainable Development. Retrieved December 1, 2009, from <http://www.oei.es/decada/accion004.htm>.
- Water in the West (2013). *Water and Energy Nexus: A Literature Review*. Stanford: Stanford University. http://waterinthewest.stanford.edu/sites/default/files/Water-Energy_Lit_Review.pdf. Consultado em 30 de maio de 2014.
- Wenger, E. (2006). Communities of practice – a brief introduction, in *Community of Practice Initiative – Readings and Resources*, Jane Skalicky and Melody West (compilation) (Centre for the Advancement of Learning and Teaching, University of Tasmania, Australia). http://www.teaching-learning.utas.edu.au/___data/assets/pdf_file/0007/185605/CoP-Reader-Complete.pdf. Consultado em 13 de abril de 2014.